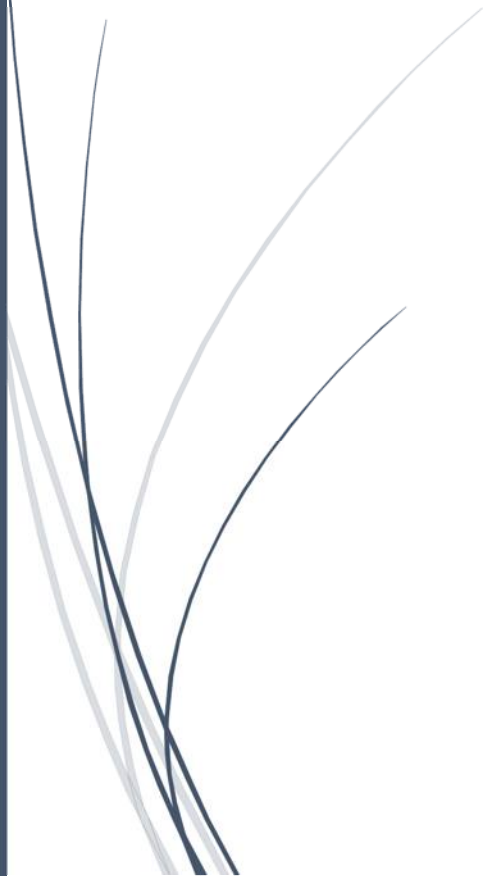
5-11-2021

ESTUDIO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LOS RÍOS SAMANÁ NORTE Y SAMANÁ SUR Y SUS AFLUENTES, PARA ESTABLECER CRITERIOS EN LA TOMA DE DECISIONES CORPORATIVAS Y DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CAPACIDAD DE CARGA A PARTIR DE LA OFERTA Y DEMANDA DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS







THE NATURE CONSERVANCY

CONVENIO DE ASOCIACIÓN CORNARE – TNC NÚMERO 507-2020

ESTUDIO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LOS RÍOS SAMANÁ NORTE Y SAMANÁ SUR Y SUS AFLUENTES, PARA ESTABLECER CRITERIOS EN LA TOMA DE DECISIONES CORPORATIVAS Y DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CAPACIDAD DE CARGA A PARTIR DE LA OFERTA Y DEMANDA DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

The Nature Conservancy (TNC)
Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (CORNARE)
Convenio de Asociación CORNARE - TNC NÚMERO 507-2020

Equipo de Trabajo

Carlos Andrés Rogéliz, Director de Proyecto (TNC)
Jonathan Nogales, Especialista en Hidrología (TNC)
Carolina Polania, Especialista en Conservación de Cuencas (TNC)
Juliana Delgado, Especialista en Ecosistemas Acuáticos (TNC)
María Isabel Vieira, Profesional Ambiental (TNC)
Mauricio Echeverry, Especialista SIG (TNC)
Catalina Góngora, Abogada - Derecho Ambiental (TNC)
Joany Sánchez, Especialista Recursos Hidráulicos (Contratista)
Alex Estupiñán, Profesional en Hidrología (Contratista)
Mauricio Muñoz, Profesional Forestal (Contratista)
Juan Guillermo Ospina, Especialista en Ecosistemas Acuáticos (Contratista)
Cristina Vargas, Especialista en Conservación de Cuencas (Contratista)
Luz Andrea Monsalve, Especialista SIG (Contratista)
Gloria Martínez, Trabajadora Social (Contratista)
Marcela Sánchez, Economista (Contratista)
Luisa Fernanda Lopez, Geóloga (Contratista)

Revisión y Supervisión

Oscar Martínez (CORNARE)
Carolina Pérez (CORNARE)
Amalita Cardona (CORNARE)
Elsa María Acevedo (CORNARE)

Contenido

Introducción **1**

Alcance del proyecto 1

Metodología para desarrollo del proyecto 3

Visitas de campo y talleres 6

Mesa técnica interinstitucional 6

Objetivo general **7**

Producto 2: Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico 7

Producto 3: Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 7

Producto 4: Fase III - Cálculo de Límites de Sostenibilidad y Análisis de Escenarios 7

Producto 5: Fase IV - Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 7

Objetivos específicos **8**

Producto 2: Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico 8

Producto 3: Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 8

Producto 4: Fase III - Cálculo de Límites de Sostenibilidad y Análisis de Escenarios 8

Producto 5: Fase IV - Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 8

Alcance **9**

Producto 2: Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico 9

Producto 3: Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 9

Producto 4: Fase III - Cálculo de Límites de Sostenibilidad y Análisis de Escenarios 10

Producto 5: Fase IV - Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 10

Producto 2: Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico **11**

Capítulo 1. Revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos sobre límites de sostenibilidad 14

1.1 Sostenibilidad 14

1.2 Metodología de búsqueda de estudios técnicos y científicos sobre límites de sostenibilidad 16

1.3 Marcos metodológicos para la evaluación de la sostenibilidad 21

Capítulo 2. Revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos sobre identificación de servicios ecosistémicos 30

2.1 Servicios ecosistémicos 30

2.2 Metodología de búsqueda de estudios técnicos y científicos sobre evaluación de servicios ecosistémicos 33

2.3 Métodos para la identificación y evaluación de servicios ecosistémicos 35

Capítulo 3. Revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos sobre identificación de valores u objetos de conservación 43

3.1 Objetos o valores de conservación 43

3.2 Metodología de búsqueda de estudios técnicos y científicos sobre identificación de objetos o valores de conservación 44

3.3 Métodos para la identificación de objetos o valores de conservación 46

Capítulo 4. Marcos técnicos para la definición de límites de sostenibilidad, identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos 53

4.1 Marco técnico para la definición de límites de sostenibilidad (capacidad de carga) 53

4.1.1 Paso 1: Diagnóstico ambiental, económico y social 57

4.1.2 Paso 2: Definición de unidad mínima de análisis 58

4.1.3 Paso 3: Identificación y selección de subindicadores por dimensión ambiental, económica y social 61

4.1.3.1 Paso 3.1: Identificación de generadores de impacto 63

4.1.3.2 Paso 3.2: Identificación de los impactos ocasionados por los generadores de impactos 64

4.1.3.3 Paso 3.3: Identificación de indicadores potenciales por dimensión 70

4.1.3.4 Paso 3.4: Selección de indicadores por dimensión 79

- *Indicadores Ambientales 80*
- *Indicadores económicos 97*
- *Indicadores sociales 99*

4.1.4 Paso 4: Calculo de índices integrados por dimensión ambiental, económica y social 103

4.1.4.1 Paso 4.1: Normalización de indicadores por dimensión ambiental, económica y social *103*

4.1.4.2 Paso 4.2: Definición de pesos de indicadores por dimensión ambiental, económica y social *104*

4.1.4.3 Paso 4.3: Integración de indicadores por dimensión ambiental, económica y social 105

4.1.5 Paso 5: Estimación del índice de sostenibilidad Integrado 105

4.1.6 Paso 6: Definición de escenarios 115

4.1.7 Paso 7: Definición de rangos y categorías de sostenibilidad 116

4.1.8 Paso 8: Definición de límites de sostenibilidad (Capacidad de carga) 118

4.2 Marco técnico para identificación de servicios ecosistémicos 121

4.2.1 Paso 1: Revisión de estudios técnicos disponibles y recopilación de información 122

4.2.2 Paso 2: Identificación de servicios ecosistémicos mediante modelación 122

4.2.2.1 Annual Water Yield *122*

4.2.2.2 Seasonal water yield *124*

4.2.2.3 Sediment Delivery Ratio *126*

4.2.2.4 Nutrient Delivery Ratio *128*

4.2.2.5 Carbon Storage and Sequestration *129*

4.2.2.6 Visitation: Recreation and Tourism *130*

4.2.2.7 Habitat Quality *131*

4.2.2.8 Crop Production *133*

4.2.3 Paso 3: Identificación de servicios ecosistémicos mediante mapeo participativo 134

4.2.4 Paso 4: Integración para identificación de servicios ecosistémicos 135

4.3 Marco técnico para la identificación de objetos o valores de conservación 135

4.3.1 Paso 1: Revisión de estudios técnicos disponibles y recopilación de información 135

4.3.2 Paso 2: Definición de criterios 136

4.3.3 Paso 3: Definición de umbrales de selección e identificación de objetos de conservación 137

Capítulo 5. Conclusiones 138

Producto 3: Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 141

Capítulo 6. Generalidades del área de estudio 144

6.1 Cuenca del río Samaná Norte 144

6.2 Cuenca del río Samaná Sur 146

Capítulo 7. Revisión de estudios técnicos y científicos 149
7.1 Cuenca del río Samaná Norte 149
7.1.1 Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica 149
7.1.2 Referentes ambientales 157
7.1.3 Planes de desarrollo 158
7.1.4 Instrumentos de ordenamiento territorial 165
7.1.5 Geología 169
7.1.6 Geomorfología 172
7.1.7 Gestión del riesgo 176
7.1.8 Hidrogeología 182
7.1.9 Proyectos hidroeléctricos 183
7.1.9.1 Calderas 187
7.1.9.2 El Molino 187
7.1.9.3 El Popal 187
7.1.9.4 La Cascada 187
7.1.9.5 San Matías 188
7.1.9.6 San Miguel 188
7.1.9.7 Tafetanes 188
7.1.10 Planes turísticos municipales 188
7.1.11 Fuentes de información biológica 189
7.1.12 Áreas protegidas 194
7.1.13 Información económica 195
7.1.14 Plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH) 195
7.2 Cuenca del río Samaná Sur 198
7.2.1 Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica 198
7.2.2 Planes de desarrollo 206
7.2.3 Instrumentos de ordenamiento territorial 209
7.2.4 Geología 211
7.2.5 Geomorfología 214
7.2.6 Hidrogeología 217
7.2.7 Gestión del riesgo 218
7.2.8 Proyectos hidroeléctricos 223
7.2.9 Fuentes de información biológica 226

7.2.10 Áreas protegidas 229
7.2.11 Información Económica 231
7.2.12 Plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH) 231
Capítulo 8. Análisis de situación 233
8.1 Visitas de campo e información primaria 233
8.1.1 Salida de Campo 1: Reconocimiento de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 233
8.1.2 Salida de Campo 2: Continuación del reconocimiento de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 236
8.1.3 Salida de Campo 3: Obtención información características socioeconómicas y percepción de la sostenibilidad 237
8.1.4 Salida de Campo 4: Identificación objetos de conservación cuenca del río Samaná Sur 238
8.1.5 Salida de Campo 5: Reconocimiento de los proyectos El Molino, el Popal, San Matías y San Miguel 240
8.2 Talleres 241
8.2.1 Ciclo de taller con las comunidades - conservación basada en comunidades 242
8.2.2 Ciclo de talleres con la autoridad ambiental y los generados del sector hidroenergético 243
8.2.3 Ciclo de talleres con otros actores 243
8.3 Cuenca del río Samaná Norte 244
8.3.1 Caracterización biofísica 244
8.3.1.1 Geología 244
8.3.1.2 Hidroclimatología 246
- *Caudal de largo plazo 253*
- *Clasificación climática de Caldas Lang 254*

8.3.1.3 Geomorfología 256
8.3.1.4 Clasificación geomorfológica 260
8.3.1.5 Biodiversidad 262
8.3.1.6 Uso del suelo actual, tendencias y de desarrollo futuro del uso del suelo 279
8.3.1.7 Áreas protegidas 288
8.3.1.8 Ecosistemas estratégicos 294
8.3.2 Caracterización socio-económica 295
8.3.2.1 Contexto político-administrativo y demográfico 295

8.3.2.2 Conflicto armado en Antioquia *298*
8.3.2.3 Participación ciudadana y organizaciones sociales *300*
8.3.2.4 Comunidades étnicas *301*
8.3.2.5 Disponibilidad y uso de recursos naturales *302*
8.3.2.6 Tradiciones y prácticas culturales *305*
8.3.2.7 Sentido de pertenencia *307*
8.3.2.8 Gobernabilidad y capacidad institucional *307*
8.3.2.9 Acceso a servicios públicos y sociales *309*
- *Servicios públicos* *309*
- *Servicios sociales* *310*

8.3.2.10 Población en condiciones de pobreza *313*
- *Índice de pobreza multidimensional (IPM)* *313*
- *Índice de pobreza por ingreso* *318*
- *Necesidades Básicas Insatisfechas* *320*
- *Síntesis condición socioeconómica* *322*

8.3.2.11 Economía local *323*
- *Caracterización de la estructura productiva* *323*

8.3.3 Identificación de conflictos 345
8.3.3.1 Conflictos por uso de la tierra *345*
8.3.3.2 Conflictos por uso del recurso hídrico *349*
8.3.3.3 Conflictos por pérdida de ecosistemas estratégicos *350*
8.4 Cuenca del río Samaná Sur 352
8.4.1 Caracterización biofísica 352
8.4.1.1 Geología *352*
8.4.1.2 Hidroclimatología *353*
- *Caudal de largo plazo* *361*
- *Clasificación climática de Caldas Lang* *361*

8.4.1.3 Geomorfología *362*
8.4.1.4 Clasificación geomorfológica *365*
8.4.1.5 Biodiversidad *367*
8.4.1.6 Uso del suelo actual, tendencias y de desarrollo futuro del uso del suelo 378
8.4.1.7 Áreas protegidas *382*

8.4.1.8 Ecosistemas estratégicos 388
8.4.2 Caracterización socio-económica 389
8.4.2.1 Contexto político-administrativo y demográfico 389
8.4.2.2 Participación ciudadana y organizaciones sociales 391
8.4.2.3 Comunidades étnicas 394
8.4.2.4 Disponibilidad y uso de recursos naturales 395
8.4.2.5 Tradiciones y prácticas culturales 397
8.4.2.6 Sentido de pertenencia 399
8.4.2.7 Gobernabilidad y capacidad institucional 399
8.4.2.8 Acceso a servicios públicos y sociales 400
- *Servicios públicos 401*
- *Servicios sociales 401*

8.4.2.9 Población en condiciones de pobreza 404
- *Índice de pobreza multidimensional 404*
- *Índice de pobreza por ingreso 407*
- *Necesidades Básicas Insatisfechas 408*
- *Síntesis condición socioeconómica 409*

8.4.2.10 Economía local 410
- *Caracterización de la estructura productiva 410*

8.4.3 Identificación de conflictos 422
8.4.3.1 Conflictos por uso de la tierra 422
8.4.3.2 Conflictos por uso del recurso hídrico 425
8.4.3.3 Conflictos por pérdida de ecosistemas estratégicos 427
Capítulo 9. Identificación y caracterización de servicios ecosistémicos 429
9.1 Identificación de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Norte 431
9.1.1 Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento 432
9.1.1.1 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Alimentos 432
9.1.1.2 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Pesca 433
9.1.1.3 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Acuicultura 435
9.1.1.4 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Productos forestales Maderables 435
9.1.1.5 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Productos forestales No Maderables 435

9.1.1.6 Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento Recursos genéticos, medicinales y farmacéuticos 436

9.1.1.7 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Agua..... 437

9.1.2 Servicios ecosistémicos de regulación..... 438

9.1.2.1 Servicio ecosistémico de Regulación hídrica..... 438

9.1.2.2 Servicio ecosistémico de Regulación: almacenamiento y captura de carbono 439

9.1.2.3 Servicio ecosistémico de Regulación: Control de la erosión 440

9.1.3 Servicios ecosistémicos de soporte 441

9.1.3.1 Servicio ecosistémico de soporte: Provisión de hábitat para especies terrestres 441

9.1.3.2 Servicio ecosistémico de soporte: Provisión de hábitat para especies acuáticas..... 441

9.1.3.3 Servicio ecosistémico de soporte: Ciclado de nutrientes 444

9.1.4 Servicios ecosistémicos culturales..... 445

9.1.4.1 Servicio ecosistémico cultural: recreación y turismo 446

9.1.4.2 Servicio ecosistémico cultural: Belleza escénica..... 446

9.1.4.3 Servicio ecosistémico cultural: Expresiones culturales asociadas a los recursos naturales 447

9.2 Identificación de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Sur..... 448

9.2.1 Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento 448

9.2.1.1 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Alimentos..... 448

9.2.1.2 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Pesca..... 450

9.2.1.3 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Acuicultura..... 451

9.2.1.4 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Productos forestales Maderables..... 451

9.2.1.5 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Productos forestales No Maderables..... 451

9.2.1.6 Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento Recursos genéticos, medicinales y farmacéuticos 451

9.2.1.7 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Agua..... 452

9.2.2 Servicios ecosistémicos de regulación..... 453

9.2.2.1 Servicio ecosistémico de regulación hídrica 453

9.2.2.2 Servicio ecosistémico de regulación: almacenamiento y captura de carbono 454

9.2.2.3 Servicio ecosistémico de regulación: Control de la erosión 455

9.2.2.4 Servicio ecosistémico de soporte: Provisión de hábitat para especies terrestres 456

9.2.2.5 Servicio ecosistémico de soporte: Provisión de hábitat para especies acuáticas 456

9.2.2.6 Servicio ecosistémico de soporte: Ciclo de nutrientes 458

9.2.3 Servicios ecosistémicos culturales 459

9.2.3.1 Servicio ecosistémico cultural: recreación y turismo 459

9.2.3.2 Servicio ecosistémico cultural: Belleza escénica 460

9.2.3.3 Servicio ecosistémico cultural: Expresiones culturales asociadas a los recursos naturales 460

9.3 Descripción y resultados modelación matemática de servicios ecosistémicos 461

9.3.1 Construcción de modelación de servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 461

9.3.2 Resultados de la modelación de servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 478

9.3.2.1 Modelo annual water yield 478

9.3.2.2 Modelo seasonal water yield 480

9.3.2.3 Modelo sediment delivery ratio 481

9.3.2.4 Modelo nutrient delivery ratio 483

9.3.2.5 Modelo carbon storage and sequestration 485

9.3.2.6 Modelo crop production 487

9.3.2.7 Modelo habitat quality 488

9.3.2.8 Modelo visitation: recreation and tourism 490

9.4 Valoración socio-económica de servicios ecosistémicos 491

9.4.1 Selección de los servicios ecosistémicos a valorar 493

9.4.2 Selección de metodologías de valoración 496

9.4.2.1 Metodología para la valoración del SE almacenamiento de carbono 496

9.4.2.2 Metodología para la valoración del SE aprovisionamiento de agua 497

9.4.2.3 Metodología para la valoración de los se aprovisionamiento pesca y provisión de hábitat para especies acuáticas 499

9.4.3 Aplicación de metodologías y estimación del valor económico 499

9.4.3.1 Valor económico del SE almacenamiento de carbono en la cuenca del río Samaná Norte 499

9.4.3.2 Valor económico del SE aprovisionamiento de agua en la cuenca del río Samaná Norte 503

9.4.3.3 Valor económico del se aprovisionamiento pesca y provisión de hábitat para especies acuáticas cuenca del río samaná norte 505

9.4.3.4 Valor económico del SE recreación y turismo Cuenca del río Samaná Norte 508

9.4.3.5 Valor económico del SE almacenamiento de carbono en la cuenca del río Samaná Sur 508

9.4.3.6 Valor económico del SE aprovisionamiento de agua en la Cuenca del río Samaná Sur 510

9.5 Oferta y estado de servicios ecosistémicos (se) 512

9.5.1 Cuenca del río Samaná Norte 512

9.5.2 Cuenca del río Samaná Sur 516

Capítulo 10. Identificación y caracterización de objetos de conservación 519

10.1 Cuenca del río Samaná Norte 519

10.1.1 Objetos de conservación 519

10.1.2 Atributos ecológicos clave (KEA) 537

10.1.3 Amenazas a los atributos ecológicos clave 537

10.2 Cuenca del río Samaná Sur 541

10.2.1 Objetos de Conservación 542

10.2.2 Atributos ecológicos clave (KEA) 559

10.2.3 Amenazas a los atributos ecológicos clave 560

Capítulo 11. Descripción de proyectos hidroeléctricos identificados para la evaluación de sostenibilidad 564

11.1 Cuenca del río Samaná Norte 564

11.1.1 Escenario 1 565

11.1.2 Escenario 2 571

11.1.3 Escenario 3 574

11.1.4 Escenario 4 579

11.1.5 Escenario 5 581

11.1.6 Escenario 6 582

11.1.7 Escenario 7 585

11.1.8 Escenario 8 587

11.2 Cuenca del río Samaná Sur 589

11.2.1 Escenario 3 589

11.2.2 Escenario 4 593
11.2.3 Escenario 5 594
11.2.4 Escenario 6 595
11.2.5 Escenario 7 598
11.2.6 Escenario 8 600
Capítulo 12. Síntesis de la condición ambiental, económica y social de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) que componen las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 603
12.1 Cuenca del río Samaná Norte 603
12.1.1 (NSS-3) Síntesis de la condición ambientales de las unidades de nivel subsiguiente 3 603
12.1.2 (NSS-3) Síntesis de la condición económica de las unidades de nivel subsiguiente 3 612
12.1.3 Síntesis de la condición social de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) 616
12.2 Cuenca del río Samaná Sur 621
12.2.1 (NSS-3) Síntesis de la condición ambientales de las unidades de nivel subsiguiente 3 621
12.2.2 (NSS-3) Síntesis de la condición económica de las unidades de nivel subsiguiente 3 627
12.2.3 Síntesis de la condición social de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) 631
Capítulo 13. Conclusiones 635
Samaná Norte 635
Samaná Sur 639
Producto 4: Fase III - Cálculo de Límites de Sostenibilidad y Análisis de Escenarios 643
Capítulo 14. Marco metodológico para la definición de límites de sostenibilidad 647
14.1 Paso 1: Unidad mínima de análisis 647
14.2 Paso 2: Diagnostico ambiental, económico y social 648
14.3 Paso 3: Escenarios de análisis 649
14.4 Paso 4: Indicadores por dimensión 653
14.4.1 Indicadores ambientales 654
14.4.1.1 Indicador de calidad morfológica (MQI) 654
14.4.1.2 Indicador de ramping (HP1) 660
14.4.1.3 Indicador de grado de regulación (DOR) 663
14.4.1.4 Indicador de alteración de sedimentos (SAI) 664

14.4.1.5 Indicador de conectividad dendrítica (DCI)..... 665

14.4.1.6 Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI) 666

14.4.1.7 Indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)..... 669

14.4.1.8 Indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC)..... 670

14.4.1.9 Indicador de gestión del riesgo de desastres (IGRD)..... 670

14.4.2 Indicadores económicos..... 672

14.4.2.1 Indicador de generación de empleos directos (GED)..... 673

14.4.2.2 Indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL)..... 673

14.4.2.3 Indicador de dinamización de la economía local (DEL)..... 676

14.4.3 Indicadores sociales 676

14.4.3.1 Indicador de pobreza multidimensional (IPM)..... 677

14.4.3.2 Indicador de pobreza de ingreso (IPI)..... 678

14.4.3.3 Indicador de bienestar (IB)..... 678

14.4.3.4 Indicador de retorno social de inversión (SROI)..... 682

14.4.3.5 Indicador de conectividad beta (Iβ)..... 683

14.5 Paso 5: Subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social 684

14.5.1 y social Paso 5.1: Normalización de indicadores por dimensión ambiental, económica 684

14.5.2 Paso 5.2: Pesos de indicadores por dimensión ambiental, económica y social 698

14.5.3 social Paso 5.3: Integración de indicadores por dimensión ambiental, económica y 698

14.6 Paso 6: Índice de sostenibilidad integrado..... 699

14.7 Paso 7: Definición de rangos y categorías de sostenibilidad..... 700

14.8 Paso 8: Límites de sostenibilidad..... 700

Capítulo 15. Salidas de campo visitas de campo y talleres 704

15.1 Visitas de campo e información primaria..... 704

15.1.1 Salida de campo 1 704

15.1.2 Salida de campo 2 705

15.1.3 Salida de campo 3 706

15.2 Talleres 707

15.2.1 Ciclo de talleres 1: Talleres con las comunidades de Boquerón, El Pajuí, San Luis y la Garrucha 708

15.2.2 Ciclo de talleres 2: Talleres de socialización con las comunidades de San Francisco, San Luis y San Carlos 710

15.2.3 Ciclo de talleres 3: Talleres de socialización con las comunidades de El Recreo y Puente Linda711

15.2.4 Ciclo de talleres 4: Talleres de socialización con las comunidades de La Cristalina, La Garrucha, Centro Urbano de San Luis, Puerto Garza El Pajuí y Boquerón 712

15.2.5 Ciclo de talleres 5: Talleres de socialización con las comunidades de Sonsón, Argelia y Nariño 714

Capítulo 16. Límites de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte 715

16.1 Unidad mínima de análisis..... 715

16.2 Diagnostico ambiental, económico y social 720

16.3 Escenarios de análisis 723

16.4 Indicadores por dimensión..... 725

16.4.1 Indicadores ambientales 725

16.4.1.1 Indicador de calidad morfológica (MQI)..... 725

16.4.1.2 Indicador de ramping (HP1)..... 737

16.4.1.3 Indicador de grado de regulación (DOR) 741

16.4.1.4 Indicador de alteración de sedimentos (SAI) 744

16.4.1.5 Indicador de conectividad dendrítica (DCI)..... 747

16.4.1.6 Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI) 749

16.4.1.7 Indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH) 756

16.4.1.8 Indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC)..... 756

16.4.1.9 Indicador de gestión del riesgo de desastres (IGRD) 757

16.4.2 Indicadores económicos..... 759

16.4.2.1 Indicador de generación de empleos directos (GED)..... 759

16.4.2.2 Indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL)..... 762

16.4.2.3 Indicador de dinamización de la economía local (DEL) 764

16.4.3 Indicadores sociales 766

16.4.3.1 Indicador de pobreza multidimensional (IPM) 766

16.4.3.2 Indicador de pobreza de ingreso (IPI)..... 766

16.4.3.3 Indicador de bienestar (IB) 767

16.4.3.4 Indicador de retorno social de la inversión (SROI)..... 769

16.4.3.5 Indicador de conectividad beta (Iß)..... 773

16.5 Subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social 776
16.5.1 Subíndice integrado ambiental 776
16.5.2 Subíndice integrado económico 779
16.5.3 Subíndice integrado social 782
16.6 Índice de sostenibilidad integrado 785
16.7 Límites de sostenibilidad 789
Capítulo 17. Límites de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Sur 794
17.1 Unidad mínima de análisis 794
17.2 Diagnostico ambiental, económico y social 797
17.3 Escenarios de análisis 800
17.4 Indicadores por dimensión 802
17.4.1 Indicadores ambientales 802
17.4.1.1 Indicador de calidad morfológica (MQI) 802
17.4.1.2 Indicador de ramping (HP1) 813
17.4.1.3 Indicador del grado de regulación (DOR) 816
17.4.1.4 Indicador de alteración de sedimentos (SAI) 818
17.4.1.5 Indicador de conectividad dendrítica (DCI) 818
17.4.1.6 Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI) 821
17.4.1.7 Indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH) 827
17.4.1.8 Indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC) 827
17.4.1.9 Indicadores de gestión del riesgo de desastres (IGRD) 828
17.4.2 Indicadores económicos 830
17.4.2.1 Indicador de generación de empleos directos (GED) 830
17.4.2.2 Indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL) 833
17.4.2.3 Indicador de dinamización de la economía local (DEL) 835
17.4.3 Indicadores Sociales 837
17.4.3.1 Indicador de pobreza multidimensional (IPM) 837
17.4.3.2 Indicador de pobreza de ingreso (IPI) 837
17.4.3.3 Indicador de bienestar (IB) 838
17.4.3.4 Indicador de retorno social de inversión (SROI) 840
17.4.3.5 Indicador de conectividad beta (Iβ) 844
17.5 Subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social 846

17.5.1 Subíndice integrado ambiental 846
17.5.2 Subíndice integrado económico 848
17.5.3 Subíndice integrado social 851
17.6 Índice de sostenibilidad Integrado 854
17.7 Límites de sostenibilidad 857
Capítulo 18. Conclusiones 862
Producto 5: Fase IV - Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 867
Capítulo 19. Generalidades del área de estudio 869
19.1 Cuenca del río Samaná Norte 869
19.2 Cuenca del río Samaná Sur 875
Capítulo 20. Esquema metodológico 880
20.1 Objetos o valores de conservación 880
20.2 Servicios ecosistémicos 881
20.3 Instrumentos de ordenamiento 882
20.4 Definición de oportunidades de manejo basados en el índice de sostenibilidad integrado 884
20.5 Propuesta de administración armonizada 886
Capítulo 21. Oportunidades de manejo basadas en el índice de sostenibilidad integrado ... 888
21.1 Cuenca del río Samaná Norte 888
21.2 Cuenca del río Samaná Sur 890
Capítulo 22. Objetos de conservación y servicios ecosistémicos 892
22.1 Objetos de conservación 892
22.2 Servicios ecosistémicos 903
Capítulo 23. Armonización de instrumentos de ordenamiento territorial, índice de sostenibilidad, objetos de conservación y servicios ecosistémicos 910
23.1 Cuenca del río Samaná Norte 910
23.1.1 Comparación de zonificaciones y áreas críticas 910
23.1.2 Propuesta de armonización 911
23.2 Cuenca del río Samaná Sur 927
23.2.1 Comparación de zonificaciones y áreas críticas 927
23.2.2 Propuesta de armonización 927
Capítulo 24. Marco normativo para la protección de los recursos naturales y el manejo de ecosistemas hídricos 934

24.1 Contexto internacional 934
24.1.1 Gestión del recurso - México 934
24.1.2 Gestión del recurso - España 937
24.1.3 Gestión del recurso - Ecuador 941
24.1.4 Gestión del recurso - Bolivia 949
24.1.5 Gestión del recurso - Holanda 951
24.2 Contexto nacional 952
24.2.1 Marco constitucional 953
24.2.2 Marco normativo ambiental 954
24.2.3 Marco normativo del ordenamiento territorial 961
24.2.4 Marco normativo asociado a la gestión del riesgo 964
24.2.5 Marco normativo del desarrollo territorial 966
24.3 Contexto regional 967
24.3.1 Plan de gestión ambiental regional 2014-2031 968
24.3.2 Plan de acción institucional 969
24.3.3 Instrumentos de regulación directa (comando y control) 970
24.3.4 Planificación y ordenamiento ambiental del territorio 972
24.3.4.1 Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica 974
24.3.4.2 Plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH) y objetivos de calidad del recurso hídrico 978
24.3.4.3 Reserva, alinderación y declaración de áreas protegidas 979
24.3.4.4 Determinantes y referentes ambientales 983
24.3.4.5 Planes de Desarrollo 985
24.3.4.6 Instrumentos de Ordenamiento Territorial 986
24.4 Otras políticas pertinentes a la gestión de ríos 989
24.4.1 Hidrología 989
24.4.2 Conectividad y procesos ecológicos 992
24.5 Protección de ríos: otras iniciativas relevantes. 997
24.5.1 Reservas fluviales como instrumento de protección y manejo 998
Capítulo 25. Propuesta de implementación y reglamentación del Índice de sostenibilidad . 999
25.1 Propuesta operativa 1001
25.1.1 Mesas técnicas de socialización 1001
25.1.1.1 Primera mesa técnica de socialización 1001

25.1.1.2 Segunda mesa técnica de socialización 1004

25.1.1.3 Tercera mesa técnica de socialización 1007

25.1.2 Acto administrativo corporativo que adopta la metodología para el cálculo del índice de sostenibilidad integrado en las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de Cornare 1008

25.1.3 Resolución ejecutiva por el cual se establece el índice de sostenibilidad integrado en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 1009

25.2 Mecanismos de adopción 1009

25.3 Recomendaciones operativas para la implementación del índice 1016

25.3.1 Recomendaciones técnicas en la planificación ambiental del territorio .. 1016

25.3.2 Recomendaciones técnicas en la administración y control del uso de los recursos naturales 1022

25.3.3 Recomendaciones técnicas en la generación y acceso a la información .. 1022

Capítulo 26. Seguimiento, control y mecanismos de participación 1024

26.1 Mecanismos de participación 1024

26.1.1 Consejo de cuenca del POMCA como plataforma para la toma de decisiones 1024

26.1.2 El rol de las organizaciones comunitarias en las plataformas de toma de decisiones 1027

26.2 Estrategias participativas de seguimiento y control 1032

26.2.1 Introducción sobre percepción de comunidades y participación en toma de decisiones 1032

26.2.2 Monitoreo comunitario como estrategia de participación y reconocimiento de las comunidades en seguimiento y control de sus recursos naturales y de la apropiación del territorio 1034

26.2.3 El Rol del enfoque de género, equidad e intergeneracional en el monitoreo comunitario 1034

26.2.4 Planes de conservación comunitaria como insumos para la planificación, el seguimiento y control a escala local, municipal y regional 1035

Capítulo 19. Conclusiones y recomendaciones 1038

Referencias 1044

Anexos 1079

Lista de figuras

Figura 1. Cuenca hidrográfica del río Samaná Norte 1
Figura 2. Cuenca hidrográfica del río Samaná Sur 2
Figura 3. Marco técnico de referencia para protección duradera de ecosistemas de agua dulce... 12
Figura 4. Descripción de pasos del marco de protección duradera de ecosistemas de agua dulce. 12
Figura 5. Relaciones entre sostenibilidad social, ambiental y económica..... 15
Figura 6. Cantidad de papers por año obtenidos de ecuaciones establecidas en Scopus..... 17
Figura 7. Journals con publicaciones asociados a sostenibilidad obtenidos con las ecuaciones de búsqueda..... 20
Figura 8. Marco de herramientas de evaluación de la sostenibilidad 26
Figura 9. Esquema para el cálculo del índice de desarrollo sostenible compuesto 27
Figura 10. Marco de evaluación de la sostenibilidad PAM 29
Figura 11. Cascada de servicios ecosistémicos incrustada en el indicador DPSIR adaptativo y el ciclo de gestión después de Haines-Young & Potschin (2009)..... 31
Figura 12. Cantidad de papers por año obtenidos de ecuaciones establecidas en Scopus..... 33
Figura 13. Journals con publicaciones asociados a servicios ecosistémicos obtenidos con las ecuaciones de búsqueda..... 35
Figura 14. Esquema que ilustra agrupaciones amplias de métodos para evaluación de servicios ecosistémicos y las interrelaciones entre ellas..... 39
Figura 15. Uso de modelos InVEST a lo largo del tiempo 41
Figura 16. Cantidad de papers por año obtenidos de ecuaciones establecidas en Scopus..... 45
Figura 17. Journals con publicaciones asociados a objetos o valores de conservación obtenidos con las ecuaciones de búsqueda..... 46
Figura 18. Esquema metodológico para la selección de las especies emblemáticas 48
Figura 19. Metodologías, sus modelos asociados, datos primarios y secundarios que se utilizaron para el análisis y la identificación de AVC de manera detallada..... 50
Figura 20. Categorías de Alto Valor de Conservación (AVC)..... 50
Figura 21. Proceso para la identificación de Altos Valores de Conservación (AVC) 51
Figura 22. Esquema del marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur..... 55
Figura 23. Continuación de esquema del marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 56
Figura 24. Ilustración de una fracción de los documentos a revisar en el diagnóstico 57
Figura 25. Sistema de codificación de unidades hidrológicas de análisis..... 59
Figura 26. Cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS3) de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur..... 59
Figura 27. Presentación esquemática de la definición de indicador 62
Figura 28. Resumen de pasos para la identificación y selección de indicadores por dimensión ambiental, económica y social..... 62
Figura 29. Proyectos hidroeléctricos construidos y/o en operación en las cuencas de los ríos Nare, Arma, Cocorná Sur, río Claro y Samaná Sur..... 63
Figura 30. Proyectos hidroeléctricos proyectados en las cuencas donde la Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare – Cornare tiene jurisdicción..... 64

Figura 31. Relación entre la ubicación y los impactos esperados sobre la fragmentación de la red fluvial y la alteración de los caudales, de un proyecto individual (represas de almacenamiento medianas / grandes, pequeños proyectos hidroeléctricos y represas de baja altura). 68
Figura 32. Afectaciones en el cauce en sitios con presencia de proyectos hidroeléctricos A) depósitos de arena en la margen izquierda del río Cocorná aguas arriba del proyecto El Popal, B) socavación de laderas en el río Caldera aguas arriba del proyecto San Miguel y C) retención de sedimentos del río San Matías en la zona de pondaje en el proyecto El Molino. 69
Figura 33. Alteraciones, respuestas y efectos inducidos por proyectos de infraestructura fluvial.. 70
Figura 34. (A) Curva de eficiencias típicas para diferentes tipos de turbinas y (B) rangos de carga de turbinas 87
Figura 35. Esquematización de la curva de duración de caudales..... 88
Figura 36. Esquematización de cuenca hipotéticas para estimación de HP1..... 88
Figura 37. Esquema de cálculo acumulativo del HP1 90
Figura 38. Esquema de la representación espacial del indicador de Grado de Regulación - DOR, asociado a un proyecto hidroeléctrico..... 91
Figura 39. Representación esquemática de la variación del DCI 93
Figura 40. HSI de múltiples especies para estimar el efecto integrado de un factor de hábitat en una comunidad representada por especies dominantes..... 94
Figura 41. Categorías del indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)..... 95
Figura 42. Esquema metodológico del cálculo de los indicadores de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático para Colombia..... 96
Figura 43. Compontes del Indicador de gestión del riesgo de desastres 97
Figura 44. Curvas de número de empleados que requiere una PCH en las etapas de construcción y operación 98
Figura 45. Ejemplos de hidrogramas mensuales simulados correspondientes a incrementos de grados de regulación artificial de +1, +5, +10, +15, +20, +25 y +30%, respecto al período de referencia 1985 a 1995..... 117
Figura 46. Índice de sostenibilidad integrado vs potencia instalada..... 118
Figura 47. Cálculo del índice de sostenibilidad integrado en los tres niveles de análisis..... 119
Figura 48. Diagrama de dispersión en 2D que muestra la relación hipotética entre un indicador genérico de condición a escala de cuenca e indicadores genéricos de integridad a escala de laderas 120
Figura 49. Diagrama de dispersión 2D de sostenibilidad multiescala 120
Figura 50. Esquema del Marco técnico para identificación de servicios ecosistémicos..... 121
Figura 51. Esquema del modelo Annual Water Yield 123
Figura 52. Esquema del modelo Seasonal Water Yield..... 125
Figura 53. Esquema del modelo Sediment Delivery Ratio..... 127
Figura 54. Esquema del modelo Nutrient Delivery Ratio..... 128
Figura 55. Esquema del modelo Carbon Storage and Sequestration 129
Figura 56. Esquema del modelo Visitation: Recreation and tourism 131
Figura 57. Esquema del modelo Habitat Quality 132
Figura 58. Esquema del modelo Crop Production 134
Figura 59. Jurisdicción de corporaciones en la cuenca hidrográfica del río Samaná Norte 144
Figura 60. Cuenca Hidrográfica del río Samaná Norte..... 145

Figura 61. Jurisdicción de corporaciones en la cuenca hidrográfica del río Samaná Sur 147
Figura 62. Cuenca Hidrográfica del río Samaná Sur..... 148
Figura 63. Zonificación Ambiental Cuenca del río Samaná Norte 155
Figura 64. Líneas ambientales de los Referentes Ambientales Municipales..... 158
Figura 65. Componentes de los Planes de Desarrollo Municipal 159
Figura 66. Mapa geológico de la cuenca del río Samaná Norte..... 169
Figura 67. Mapa de solicitudes y títulos mineros de la cuenca del Río Samaná Norte 172
Figura 68. Posición relativa de las superficies de erosión SI y SII 173
Figura 69. Mapa Geomorfológico SGC de la Cuenca del río Samaná Norte..... 174
Figura 70. Mapa de la distribución de las unidades geomorfológicas según criterios edafológicos de Zinck a nivel de forma del terreno 175
Figura 71. Mapa de amenazas por inundación..... 177
Figura 72. Mapa de amenaza ante avenidas torrenciales 178
Figura 73. Amenaza por incendios forestales en la Cuenca del río Samaná Norte 180
Figura 74. Amenaza ante movimientos en masa en la Cuenca del río Samaná Norte 181
Figura 75. Modelo hidrogeológico regional..... 183
Figura 76. Estado del trámite de los proyectos hidroeléctricos en la cuenca del río Samaná Norte 184
Figura 77. Cantidad de registros acumulados reportados en Global Biodiversity Facility Information para la cuenca Samaná Norte 192
Figura 78. Zonificación Ambiental Cuenca del río Samaná Sur..... 204
Figura 79. Mapa geológico de la Cuenca del río Samaná Sur 211
Figura 80. Mapa de solicitudes y títulos mineros de la cuenca del Río Samaná Sur 214
Figura 81. Corte topográfico entre Santo Domingo y Puerto Nare que ilustra la hipótesis de la continuidad de la Superficie de Erosión III..... 215
Figura 82. Mapa de Unidades Geomorfológicas SGC de la Cuenca del río Samaná Sur..... 216
Figura 83. Mapa de la distribución de las unidades geomorfológicas con criterios edafológicos de Zinck 217
Figura 84. Modelo hidrogeológico de la cuenca del Río Samaná Sur..... 218
Figura 85. Amenaza por inundación 219
Figura 86. Amenaza ante avenidas torrenciales en la Cuenca del río Samaná Sur 220
Figura 87. Amenaza por incendios forestales en la Cuenca del río Samaná Sur 221
Figura 88. Amenaza ante movimientos en masa en la Cuenca del río Samaná Sur 222
Figura 89. Estado del trámite de los proyectos hidroeléctricos en la Cuenca del río Samaná Sur. 224
Figura 90. Cantidad de registros acumulados reportados en *Global Biodiversity Facility Information* para la cuenca Samaná Sur 228
Figura 91. Relación de puntos levantados en campo y puntos de PCH identificadas en diferentes estados de gestión en la Cuenca del Río Samaná Norte..... 235
Figura 92. Relación de puntos levantados en campo y puntos de PCH identificadas en diferentes estados de gestión en la Cuenca del Río Samaná Sur..... 236
Figura 93. Veredas en donde se realizó las entrevistas y los puntos de proyectos de centrales hidroeléctricas identificados en las Cuencas de los ríos de Samaná Norte y Samaná Sur 238
Figura 94. Mapa de ubicación, cobertura vegetal y sitios turísticos del municipio de Nariño..... 239
Figura 95. Mapa de ubicación, cobertura vegetal y sitios turísticos del municipio de Argelia..... 240

Figura 96. Mapa de unidades geológicas superficiales 245
Figura 97. Precipitación media anual en la cuenca del río Samaná Norte 246
Figura 98. Precipitación de enero en la cuenca 247
Figura 99. Precipitación de febrero en la cuenca 247
Figura 100. Precipitación de marzo en la cuenca 247
Figura 101. Precipitación de abril en la cuenca 247
Figura 102. Precipitación de mayo en la cuenca 247
Figura 103. Precipitación de junio en la cuenca 247
Figura 104. Precipitación de julio en la cuenca 248
Figura 105. Precipitación de agosto en la cuenca 248
Figura 106. Precipitación de septiembre en la cuenca 248
Figura 107. Precipitación de octubre en la cuenca 248
Figura 108. Precipitación de noviembre en la cuenca 248
Figura 109. Precipitación de diciembre en la cuenca 248
Figura 110. Temperatura media anual en la cuenca del río Samaná Norte 249
Figura 111. Temperatura mensual 250
Figura 112. Evapotranspiración real media anual en la cuenca del río Samaná Norte 251
Figura 113. Evapotranspiración real de enero 251
Figura 114. Evapotranspiración real de febrero 251
Figura 115. Evapotranspiración real de marzo 252
Figura 116. Evapotranspiración real de abril 252
Figura 117. Evapotranspiración real de mayo 252
Figura 118. Evapotranspiración real de junio 252
Figura 119. Evapotranspiración real de julio 252
Figura 120. Evapotranspiración real de agosto 252
Figura 121. Evapotranspiración real de septiembre 253
Figura 122. Evapotranspiración real de octubre 253
Figura 123. Evapotranspiración real de noviembre 253
Figura 124. Evapotranspiración real de diciembre 253
Figura 125. Caudal medio de largo plazo en la cuenca del río Samaná Norte 254
Figura 126. Clasificación climática de Caldas Lang 256
Figura 127. Delimitación de planicies inundables en la Cuenca del río Samaná Norte 257
Figura 128. Perfiles transversales en la cuenca del río Samaná Norte 258
Figura 129. Perfil transversal del río Santo Domingo, donde se observa un cañón bien definido, correspondiente a las condiciones típicas de la zona 259
Figura 130. Perfil transversal del río Cocorná donde se identifica una llanura aluvial localizada hacia la margen occidental 259
Figura 131. Perfil transversal de planicie aluvial en la zona de desembocadura de la confluencia de los ríos San Matías y Cocorná 260
Figura 132. Clasificación geomorfológica de Flores 261
Figura 133. Clasificación geomorfológica de Beechie 262
Figura 134. Proporción de la riqueza de especies de los reinos Plantae, Fungui y Animalia en Colombia 263

Figura 135. Proporción de la riqueza de especies de los reinos Plantae, Fungui y Animalia en la cuenca Samaná Norte 263
Figura 136. Distribución de los registros de especies de flora asociada a los ecosistemas acuáticos en la Cuenca del río Samaná Norte 265
Figura 137. Proporción de la riqueza de especies para el reino animal en la cuenca Samaná Norte 267
Figura 138. Ocurrencia de los registros de especies de fauna en la cuenca Samaná Norte 268
Figura 139. Proporción de la riqueza de especies de fauna asociados a ecosistemas acuáticos de la cuenca Samaná Norte 269
Figura 140. Distribución de las especies de fauna asociados a ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Norte..... 270
Figura 141. Proporción porcentual de los registros publicados en las bases de datos con georreferencias en la cuenca Samaná Norte 272
Figura 142. Ocurrencia de las especies peces en la cuenca Samaná Norte..... 273
Figura 143. Pez del género *Hemibrycon* 274
Figura 144. Pez del género *Astroblepus*..... 275
Figura 145. Peces del género *Trichomycterus* 276
Figura 146. Coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Norte..... 280
Figura 147. Cambios multitemporal (2000-2017) de coberturas en Samaná Norte 285
Figura 148. Cambios multitemporal (2010-2017) de coberturas en Samaná Norte 287
Figura 149. Áreas protegidas y ecosistemas estratégicos Samaná Norte 290
Figura 150. Zonificación ambiental de las áreas protegidas en la cuenca del río Samaná Norte .. 291
Figura 151. Distribución de registros de hongos, plantas y animales en la cuenca Samaná Norte 293
Figura 152. Distribución porcentual de la cantidad de especies reportadas en las áreas protegidas 294
Figura 153. Distribución de la *Passiflora cumbalensis* y *Pristimantis*.en el ecosistema estratégico paramó de Sonsón 295
Figura 154. Evolución de la población de los municipios de la cuenca 297
Figura 155. Evolución población municipal cabecera-resto 297
Figura 156. Proceso de ocupación del territorio 305
Figura 157. Tasa de analfabetismo, municipios de la Cuenca Samaná Norte 311
Figura 158. Medida de pobreza multidimensional, municipios cuenca río Samaná Norte..... 316
Figura 159. Índice de pobreza multidimensional municipal..... 318
Figura 160. Porcentajes de pobreza por ingreso, municipios cuenca río Samaná Norte 319
Figura 161. Situación de desigualdad y pobreza en la cuenca..... 319
Figura 162. Proporción de personas en NBI, municipios cuenca río Samaná Norte 320
Figura 163. Mapa síntesis condición económica Cuenca Samaná Norte 323
Figura 164. Representación cultivos cuenca Samaná Norte..... 331
Figura 165. Sitios turísticos y rutas deportivas cuenca Samaná Norte..... 344
Figura 166. GINI de tierras en la cuenca del río Samaná Norte..... 346
Figura 167. Conflictos por uso de la tierra en la Cuenca del río Samaná Norte 348
Figura 168. Conflictos por uso del recurso hídrico año medio en la Cuenca del río Samaná Norte 349
Figura 169. Conflictos por uso del recurso hídrico año seco en la Cuenca del río Samaná..... 350

Figura 170. Conflicto por pérdida de coberturas en áreas y ecosistemas estratégicos en la Cuenca del río Samaná Norte 351
Figura 171. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales 352
Figura 172. Precipitación media anual en la cuenca del río Samaná Sur 353
Figura 173. Precipitación de enero en la cuenca 354
Figura 174. Precipitación de febrero en la cuenca 354
Figura 175. Precipitación de marzo en la cuenca 354
Figura 176. Precipitación de abril en la cuenca 354
Figura 177. Precipitación de mayo en la cuenca 354
Figura 178. Precipitación de junio en la cuenca 354
Figura 179. Precipitación de julio en la cuenca 355
Figura 180. Precipitación de agosto en la cuenca 355
Figura 181. Precipitación de septiembre en la cuenca 355
Figura 182. Precipitación de octubre en la cuenca 355
Figura 183. Precipitación de noviembre en la cuenca 355
Figura 184. Precipitación de diciembre en la cuenca 355
Figura 185. Temperatura media anual en la cuenca del río Samaná Sur 356
Figura 186. Temperatura media anual 357
Figura 187. Evapotranspiración real media anual en la cuenca del río Samaná Sur 358
Figura 188. Evapotranspiración real de enero 358
Figura 189. Evapotranspiración real de febrero 358
Figura 190. Evapotranspiración real de marzo 359
Figura 191. Evapotranspiración real de abril 359
Figura 192. Evapotranspiración real de mayo 359
Figura 193. Evapotranspiración real de junio 359
Figura 194. Evapotranspiración real de julio 359
Figura 195. Evapotranspiración real de agosto 359
Figura 196. Evapotranspiración real de septiembre 360
Figura 197. Evapotranspiración real de octubre 360
Figura 198. Evapotranspiración real de noviembre 360
Figura 199. Evapotranspiración real de diciembre 360
Figura 200. Caudal medio de largo plazo en la Cuenca del río Samaná Sur 361
Figura 201. Clasificación climática de Caldas Lang 362
Figura 202. Delimitación de planicies inundables en la Cuenca del río Samaná Sur 363
Figura 203. Perfil transversal del río Samaná Sur 364
Figura 204. Perfil transversal del río Samaná, donde se observa un cañón bien definido, correspondiente a las condiciones típicas de la zona 364
Figura 205. Perfil transversal del río Samaná donde se identifica una llanura aluvial localizada hacia la margen oriental 365
Figura 206. Clasificación geomorfológica de Flores 366
Figura 207. Clasificación geomorfológica de Beechie 367
Figura 208. Proporción de la riqueza de especies de los reinos Plantae, Fungui y Animalia en Colombia 368

Figura 209. Proporción de la riqueza de especies de los reinos Plantae, Fungui y Animalia en la cuenca Samaná Sur 368
Figura 210. Distribución de los registros de especies de flora asociada a los ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Sur..... 371
Figura 211. Proporción de la riqueza de especies para el reino animal en la cuenca Samaná Sur 372
Figura 212. Distribución de los registros de especies animales en la cuenca Samaná Sur 373
Figura 213. Proporción de la riqueza de especies de animales asociados a ecosistemas acuáticos de la cuenca Samaná Sur..... 374
Figura 214. Distribución de las especies de animales asociados a ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Sur..... 375
Figura 215. Proporción porcentual de los registros publicados en las bases de datos con georreferencias en la cuenca Samaná Sur 376
Figura 216. Distribución de las especies peces en la cuenca Samaná Sur..... 377
Figura 217. Coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Sur..... 379
Figura 218. Coberturas terrestres Nivel III de Corine Land Cover en la cuenca del Samaná Sur ... 382
Figura 219. Zonificación ambiental de las áreas protegidas de Samaná Sur..... 384
Figura 220. Áreas protegidas y ecosistemas estratégicos Samaná Sur 385
Figura 221. Distribución en las áreas protegidas de hongos, plantas y animales en la cuenca Samaná Sur 387
Figura 222. Distribución porcentual de la cantidad de especies reportadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Sur..... 388
Figura 223. Distribución de la biodiversidad en el ecosistema estratégico paramó de Sonsón cuenca Samaná Sur..... 389
Figura 224. Evolución de la población de los municipios de la cuenca 390
Figura 225. Evolución población municipal cabecera-resto 391
Figura 226. Ubicación de asentamientos indígenas en la cuenca 395
Figura 227. Tasa de analfabetismo, municipios de la Cuenca Samaná Sur 402
Figura 228. Medida de pobreza multidimensional, municipios cuenca río Samaná Sur..... 406
Figura 229. Índice de pobreza multidimensional municipal Samaná Sur..... 407
Figura 230. Línea de pobreza por ingresos y GINI Ingresos, municipios Cuenca Samaná Sur, Antioquia 407
Figura 231. Proporción de personas en NBI, municipios cuenca río Samaná Sur 408
Figura 232. Mapa síntesis condición económica Cuenca Samaná Sur..... 410
Figura 233. Representación cultivos cuenca Samaná Sur..... 415
Figura 234. Sitios turísticos Cuenca Samaná Sur 420
Figura 235. GINI de tierras en la cuenca del río Samaná Sur..... 422
Figura 236. Conflictos por uso de la tierra en la Cuenca del río Samaná Sur 425
Figura 237. Conflictos por uso del recurso hídrico año medio en la Cuenca del río Samaná Sur .. 426
Figura 238. Conflictos por uso del recurso hídrico año seco en la Cuenca del río Samaná Sur 427
Figura 239. Conflicto por pérdida de coberturas en áreas y ecosistemas estratégicos en la Cuenca del río Samaná Sur 428
Figura 240. Representación SE aprovisionamiento de alimentos cuenca Samaná Norte..... 433
Figura 241. Distribución de la biodiversidad usada por la comunidad de la cuenca Samaná Norte 437

Figura 242. Caudal medio de largo plazo en la cuenca del río Samaná Norte..... 438
Figura 243. Índice de vulnerabilidad hídrica..... 439
Figura 244. Áreas con cobertura vegetal Cuenca del Samaná Norte 440
Figura 245. Procesos morfodinámicos de la cuenca del río Samaná Norte 441
Figura 246. Distribución de las especies migratorias en la cuenca Samaná Norte..... 443
Figura 247. Unidades de suelo presentes en la cuenca del Samaná Norte 445
Figura 248. Servicios Ecosistémico Cultural belleza escénica de la Cuenca del río Samaná Norte 447
Figura 249. Representación SE aprovisionamiento cultivos cuenca Samaná Sur..... 449
Figura 250. Distribución de la biodiversidad usada por la comunidad de la cuenca Samaná Sur.. 450
Figura 251. Caudal medio de largo plazo en la cuenca del río Samaná Sur..... 452
Figura 252. Índice de vulnerabilidad hídrica..... 454
Figura 253. Áreas con cobertura vegetal Cuenca del Samaná Sur 455
Figura 254. Procesos morfodinámicos de la cuenca del río Samaná Sur..... 456
Figura 255. Distribución de las especies de peces migradores en la cuenca Samaná Sur..... 458
Figura 256. Unidades de suelo presentes en la cuenca del Samaná Sur 459
Figura 257. Servicios Ecosistémico Cultural belleza escénica de la Cuenca del río Samaná Sur 460
Figura 258. Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en la cuenca del río Samaná Norte 462
Figura 259. Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en la cuenca del río Samaná Sur 463
Figura 260. Distribución espacial de las elevaciones en la cuenca del río Samaná Norte..... 464
Figura 261. Distribución espacial de las elevaciones en la cuenca del río Samaná Sur..... 464
Figura 262. Distribución espacial de la precipitación total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Norte 465
Figura 263. Distribución espacial de la precipitación total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Sur 466
Figura 264. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Norte 467
Figura 265. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Sur 467
Figura 266. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Norte 468
Figura 267. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Sur 469
Figura 268. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Norte 470
Figura 269. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Sur 470
Figura 270. Distribución espacial de la erosividad de la lluvia de la cuenca del río Samaná Norte 471
Figura 271. Distribución espacial de la erosividad de la lluvia de la cuenca del río Samaná Sur ... 472
Figura 272. Distribución espacial de la erodabilidad del suelo de la cuenca del río Samaná Norte 473
Figura 273. Distribución espacial de la erodabilidad del suelo de la cuenca del río Samaná Sur .. 473

Figura 274. Distribución espacial del agua disponible para las plantas en la cuenca del río Samaná Norte 474
Figura 275. Distribución espacial del agua disponible para las plantas en la cuenca del río Samaná Sur 475
Figura 276. Distribución espacial de la profundidad del suelo en la cuenca del río Samaná Norte476
Figura 277. Distribución espacial de la profundidad del suelo en la cuenca del río Samaná Sur... 476
Figura 278. Distribución espacial del grupo de suelos hidrológicos en la cuenca del río Samaná Norte 477
Figura 279. Distribución espacial del grupo de suelos hidrológicos en la cuenca del río Samaná Sur 478
Figura 280. Distribución espacial del rendimiento hídrico anual en la cuenca del río Samaná Norte 479
Figura 281. Distribución espacial del rendimiento hídrico anual en la cuenca del río Samaná Sur479
Figura 282. Distribución espacial de aportes al flujo base en la cuenca del río Samaná Norte 480
Figura 283. Distribución espacial de aportes al flujo base en la cuenca del río Samaná Sur 481
Figura 284. Distribución espacial de aportes de sedimentos en la cuenca del río Samaná Norte. 482
Figura 285. Distribución espacial de aportes de sedimentos en la cuenca del río Samaná Sur 482
Figura 286. Distribución espacial de aportes de nitrógeno en la cuenca del río Samaná Norte.... 483
Figura 287. Distribución espacial de aportes fosforo en la cuenca del río Samaná Norte 484
Figura 288. Distribución espacial de aportes de nitrógeno en la cuenca del río Samaná Sur 484
Figura 289. Distribución espacial de aportes fosforo en la cuenca del río Samaná Sur 485
Figura 290. Distribución espacial de almacenamientos de carbono en la cuenca del río Samaná Norte 486
Figura 291. Distribución espacial de almacenamientos de carbono en la cuenca del río Samaná Sur 486
Figura 292. Distribución espacial de producción de cultivos en la cuenca del río Samaná Norte . 487
Figura 293. Distribución espacial de producción de cultivos en la cuenca del río Samaná Sur..... 488
Figura 294. Distribución espacial de calidad del hábitat en la cuenca del río Samaná Norte 489
Figura 295. Distribución espacial de calidad del hábitat en la cuenca del río Samaná Sur 489
Figura 296. Distribución espacial de zonas de recreación y turismo en la cuenca del río Samaná Norte 490
Figura 297. Distribución espacial de zonas de recreación y turismo en la cuenca del río Samaná Sur 491
Figura 298. Fases para la aplicación de la valoración económica..... 491
Figura 299. Metodologías de valoración económica 492
Figura 300. Resultados priorización de Servicios ecosistémicos Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur..... 495
Figura 301. Coberturas y zonas de vida Cuenca del río Samaná Norte 500
Figura 302. Concesiones POMCA Samaná Norte..... 504
Figura 303. Composición de la captura en el sector medio del río Samaná Norte..... 505
Figura 304. Rendimientos pesqueros de los pescadores de la localidad de Puerto Garza 506
Figura 305. Valor ($) de la pesca para cada una de las especies objeto de captura correspondiente al periodo de muestreo – Porvenir II 507
Figura 306. Ingresos promedios pescador Sector Puerto Garza..... 508

Figura 307. Coberturas y zonas de vida Cuenca del río Samaná Sur 509
Figura 308. Concesiones POMCA Samaná Sur 511
Figura 309. Proporción de las especies en categorías de amenaza extinta (EX), en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU) 520
Figura 310. Distribución de las especies en categorías de amenaza peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU) en la cuenca Samaná Norte 521
Figura 311. Distribución de las especies de plantas en categorías de amenaza en la cuenca Samaná Norte 522
Figura 312. Distribución de las especies de plantas endémicas reportadas para la cuenca Samaná Norte 523
Figura 313. Distribución de las especies de plantas para las cuales se reportan usos la cuenca Samaná Norte 524
Figura 314. Distribución de las especies de plantas amenazadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte..... 525
Figura 315. Distribución de las especies de plantas endémicas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte..... 526
Figura 316. Distribución de las especies de flora helófitas, riparia y en categorías de amenaza en peligro (EN y vulnerables (VU) en la cuenca Samaná Norte 527
Figura 317. Distribución de las especies de animales en categorías de amenaza en la cuenca Samaná Norte 528
Figura 318. Distribución de las especies de animales endémicos reportadas para la cuenca Samaná Norte 529
Figura 319. Distribución de las especies de animales para los cuales se reportan usos en la cuenca Samaná Norte..... 530
Figura 320. Distribución de las especies de animales amenazadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte 531
Figura 321. Distribución espacial de las clases taxonómicas de las especies de animales endémicos en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte 532
Figura 322. Distribución de Puma concolor y Panthera onca en la cuenca Samaná Norte..... 533
Figura 323. Registro fotográfico de algunas especies de peces que realizan migraciones para su reproducción e importante recurso pesquero con distribución en la cuenca del Samaná Norte.. 534
Figura 324. Distribución de las especies de peces en categorías de amenaza en la cuenca Samaná Norte 535
Figura 325. Distribución de las especies endémicas en la cuenca Samaná Norte..... 536
Figura 326. Proporción de las especies en categorías de amenaza extinta (EX), en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU) 542
Figura 327. Distribución de las especies en categorías de amenaza peligro crítico (CR), en peligro (EN y vulnerables (VU) en la cuenca Samaná Sur 543
Figura 328. Distribución de las especies de flora en categoría de amenaza en peligro (EN) y vulnerables (VU), propuestas como objetos de conservación en la cuenca Samaná Sur..... 544
Figura 329. Distribución de las especies de flora endémicas en la cuenca Samaná Sur 545
Figura 330. Distribución de las especies de flora endémicas en la cuenca Samaná Sur 546
Figura 331. Distribución de las especies de flora en categorías de amenaza en las áreas de protegidas de la cuenca Samaná Sur..... 547

Figura 332. Distribución de las especies de flora endémicas en las áreas de protegidas de la cuenca Samaná Sur 548
Figura 333. Distribución de las especies de las plantas asociadas a ecosistemas acuáticos en estado de amenaza vulnerables (VU) en la cuenca Samaná Sur 549
Figura 334. Distribución de las especies de animales en categorías de amenaza en la cuenca Samaná Sur 550
Figura 335. Distribución espacial de las clases taxonómicas de las especies de animales endémicos reportadas para la cuenca Samaná Sur 551
Figura 336. Distribución de las especies de animales para los cuales se reportan usos en la cuenca Samaná Sur 552
Figura 337. Distribución de las especies de animales amenazadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Sur 553
Figura 338. Distribución de las especies de animales endémicos en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Sur 554
Figura 339. Registro fotográfico de algunas especies de peces que realizan migraciones para su reproducción e importante recurso pesquero con distribución en la cuenca del Samaná Sur 555
Figura 340. Distribución de las especies de peces en categorías de amenaza en vulnerables (VU y (CR) en la cuenca Samaná Sur 556
Figura 341. Distribución de las especies endémicas e introducidas en la cuenca Samaná Sur 557
Figura 342. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 1 de la cuenca del río Samaná Norte 566
Figura 343. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 2 de la cuenca del río Samaná Norte 572
Figura 344. Proyección obras de la PCH La Cascada 573
Figura 345. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Norte 574
Figura 346. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 4 de la cuenca del río Samaná Norte 580
Figura 347. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 5 de la cuenca del río Samaná Norte 582
Figura 348. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 6 de la cuenca del río Samaná Norte 583
Figura 349. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 7 de la cuenca del río Samaná Norte 585
Figura 350. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 8 de la cuenca del río Samaná Norte 587
Figura 351. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Sur 590
Figura 352. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 4 de la cuenca del río Samaná Sur 593
Figura 353. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Sur 595
Figura 354. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 6 de la cuenca del río Samaná Sur 596

Figura 355. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 7 de la cuenca del río Samaná Sur 599
Figura 356. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 8 de la cuenca del río Samaná Sur 601
Figura 357. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad ambiental en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte..... 605
Figura 358. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad económica en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte..... 613
Figura 359. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad social en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte 617
Figura 360. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad ambiental en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur..... 622
Figura 361. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad económica en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur..... 628
Figura 362. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad social en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur 632
Figura 363. Cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de los ríos Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)..... 648
Figura 364. Ubicación de los proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Norte 651
Figura 365. Ubicación de los proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Sur 652
Figura 366. (A) Curva de eficiencias típicas para diferentes tipos de turbinas y (B) rangos de carga de turbinas 662
Figura 367. Representación esquemática de la variación del DCI 665
Figura 368. Categorías del indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH) 669
Figura 369. Indicador municipal de riesgo desastres ajustado por capacidades..... 670
Figura 370. Dimensiones del indicador municipal de riesgo de desastres 671
Figura 371. Dimensiones y variables del indicador de capacidades..... 671
Figura 372. Descripción grafica del límite de una función..... 700
Figura 373. Representación esquemática de la curva de sostenibilidad..... 701
Figura 374. Cálculo del índice de sostenibilidad integrado en los tres niveles de análisis..... 702
Figura 375. Diagrama de dispersión en 2D que muestra la relación hipotética entre un indicador genérico de condición a escala de cuenca e indicadores genéricos de integridad a escala de laderas 703
Figura 376. Subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte..... 720
Figura 377. Escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Norte 724
Figura 378. Obras que hidráulicas que modifican la dinámica fluvial en la cuenca del río Samaná Norte para los escenarios 1 al 8 726
Figura 379. Calificación del subindicador F1 - Continuidad de flujo de maderas y sedimentos para los escenarios del 1 al 8 727
Figura 380. Clasificación del subindicador F2 - presencia de planicies aluviales para los escenarios del 1 al 8 728

Figura 381. Calificación del subindicador F12 - Ancho de la vegetación funcional para los escenarios del 1 al 8 729
Figura 382. Calificación del subindicador F13 - Extensión de la vegetación funcional para los escenarios del 1 al 8 730
Figura 383. Cartografía de alteraciones identificadas en la cuenca del río Samaná Norte 732
Figura 384. Clasificación del subindicador A5 - Presencia y frecuencia de estructuras de cruce para los escenarios del 1 al 8..... 732
Figura 385. Calificación del subindicador A13 -Alteración potencial de la calidad del agua en los escenarios del 1 al 8 733
Figura 386. Distribución espacial del MQI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 736
Figura 387. Calibración del modelo hidrológico del Samaná Norte. a) Serie diaria observada (azul) y simulada (roja). b) Curva de duración de caudales periodo de calibración. c) Curva de duración de caudales periodo de validación..... 737
Figura 388. Distribución espacial del HP1 a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 740
Figura 389. Distribución espacial del DOR a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 743
Figura 390. Afectaciones en el cauce en sitios con presencia de proyectos hidroeléctricos A) depósitos de arena en la margen izquierda del río Cocorná aguas arriba del proyecto El Popal, B) socavación de laderas en el río Caldera aguas arriba del proyecto San Miguel y C) retención de sedimentos del río San Matías en la zona de pondaje en el proyecto El Molino. 744
Figura 391. Distribución espacial del SAI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 746
Figura 392. Distribución espacial del DCI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 748
Figura 393. Agrupamiento por características hidráulicas y morfológicas de las subcuencas nivel 3 de la cuenca Samaná Norte..... 749
Figura 394. Curva acumulada de la importancia de las especies y el punto de quiebre de la curvatura para la selección de las especies más importantes..... 751
Figura 395. Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies MHSI para los factores del hábitat 752
Figura 396. Distribución espacial del MHSI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 755
Figura 397. Distribución espacial del IVH a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 756
Figura 398. Distribución espacial del IVRCC a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 757
Figura 399. Relación entre riesgo y capacidades para los municipios de la cuenca..... 758
Figura 400. Distribución espacial del IGRD a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 759
Figura 401. Distribución espacial del GED a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 761

Figura 402. Distribución espacial del CEAL a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 763
Figura 403. Distribución espacial del DEL a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 765
Figura 404. Distribución espacial del IPM a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 766
Figura 405. Distribución espacial del IPI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 767
Figura 406. Distribución espacial del IB a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 768
Figura 407. Distribución espacial del SROI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 772
Figura 408. Distribución espacial del Iβ a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 775
Figura 409. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad ambiental a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 778
Figura 410. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad económica a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 781
Figura 411. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad social a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte..... 783
Figura 412. Comparativo indicador de bienestar en municipios de la Cuenca del río Samaná Norte. 784
Figura 413. Distribución espacial del índice de sostenibilidad integrado a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte 787
Figura 414. Curva de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte..... 789
Figura 415. Curvas de sostenibilidad para las unidades de nivel subsiguiente NSS-2 de la cuenca del río Samaná Norte 791
Figura 416. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para la cuenca del río Samaná Norte..... 793
Figura 417. Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Sur..... 797
Figura 418. Escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Sur 801
Figura 419. Obras que hidráulicas que modifican la dinámica fluvial en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8 803
Figura 420. Calificación del subindicador F1 - Continuidad de flujo de maderas y sedimentos para los escenarios del 1 al 8 804
Figura 421. Clasificación del subindicador F2 - Presencia de planicies aluviales en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8 805
Figura 422. Calificación del subindicador F12 - Ancho de la vegetación funcional en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8 806
Figura 423. Calificación del subindicador F13 - Extensión de la vegetación funcional en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8 807
Figura 424. Cartografía de alteraciones identificadas en la cuenca del río Samaná Sur 808
Figura 425. Calificación del subindicador A5 - Presencia y frecuencia de estructuras de cruce en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8..... 808

Figura 426. Calificación del subindicador A13 - Alteración de la calidad del agua en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8 809
Figura 427. Distribución espacial del MQI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 812
Figura 428. Calibración del modelo hidrológico del Samaná Sur. A) Serie diaria observada (azul) y simulada (roja). B) Curva de duración de caudales periodo de calibración. C) Curva de duración de caudales periodo de validación..... 813
Figura 429. Distribución espacial del HP1 a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 815
Figura 430. Distribución espacial del DOR a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 817
Figura 431. Distribución espacial del SAI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 818
Figura 432. Distribución espacial del DCI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 820
Figura 433. Curva acumulada de la importancia de las especies y el punto de quiebre de la curvatura para la selección de las especies más importantes..... 823
Figura 434. Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies MHSI para los factores del hábitat 824
Figura 435. Distribución espacial del MHSI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 826
Figura 436. Distribución espacial del IVH a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 827
Figura 437. Distribución espacial del IVRCC a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 828
Figura 438. Relación entre riesgo y capacidades para los municipios de la cuenca..... 829
Figura 439. Distribución espacial del IGRD a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 830
Figura 440. Distribución espacial del GED a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 832
Figura 441. Distribución espacial del CEAL a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 834
Figura 442. Distribución espacial del DEL a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 836
Figura 443. Distribución espacial del IPM a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 837
Figura 444. Distribución espacial del IPI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 838
Figura 445. Distribución espacial del IB a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur Fuente: Construcción propia..... 839
Figura 446. Distribución espacial del SROI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 843
Figura 447. Distribución espacial del Iβ a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 845

Figura 448. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad ambiental a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur..... 847
Figura 449. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad económica a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur..... 850
Figura 450. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad social a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur..... 852
Figura 451. Comparativo indicador de bienestar en municipios de la Cuenca del río Samaná Sur 853
Figura 452. Distribución espacial del índice de sostenibilidad integrado a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur 856
Figura 453. Índice de Sostenibilidad Integrado vs Potencia de la Cuenca del río Samaná Sur..... 857
Figura 454. Curvas de sostenibilidad para las unidades de nivel subsiguiente NSS-2 de la cuenca del río Samaná Sur 859
Figura 455. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para la cuenca del río Samaná Sur 861
Figura 456. Jurisdicción de corporaciones en la cuenca hidrográfica del río Samaná Norte 869
Figura 457. Delimitación Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte 874
Figura 458. Jurisdicción de corporaciones en la cuenca hidrográfica del río Samaná Sur 875
Figura 459. Delimitación Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Sur 879
Figura 460. Diagrama de dispersión 2D de sostenibilidad multiescala 885
Figura 461. Propuesta de áreas que requieren una administración "especial" de los recursos naturales para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 887
Figura 462. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Norte 888
Figura 463. Propuesta de manejo de la cuenca del río Samaná Norte en el escenario 3 889
Figura 464. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Sur 890
Figura 465. Propuesta de manejo de la cuenca del río Samaná Sur en el escenario 3 891
Figura 466. Objetos de conservación y tramos de río priorizados en la cuenca del río Samaná Norte 894
Figura 467. Objetos de conservación y tramos de río priorizados en la cuenca del río Samaná Sur 896
Figura 468. Servicios ecosistémicos de la cuenca del río Samaná Norte..... 905
Figura 469. Servicios ecosistémicos de la cuenca del río Samaná Sur..... 908
Figura 470. Identificación áreas en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA de la cuenca del río Samaná Norte 911
Figura 471. Armonización de la cuenca del río Samaná Norte 915
Figura 472. Identificación áreas en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA de la cuenca del río Samaná Sur..... 927
Figura 473. Armonización de la cuenca del río Samaná Sur 931
Figura 474. Zonificación Ambiental Cuenca del río Samaná Norte 976
Figura 475. Zonificación Ambiental Cuenca del río Samaná Sur 978
Figura 476. Áreas protegidas y ecosistemas estratégicos Samaná Norte 981
Figura 477. Áreas protegidas y ecosistemas estratégicos Samaná Sur 982
Figura 478. Determinantes ambientales de los procesos de formulación y actualización de los planes de ordenamiento territorial 984

Figura 479. Ejemplos de combinaciones de los subíndices integrados por dimensión ambiental, para obtener el mismo valor de Categoría de Sostenibilidad 1017
Figura 480. Ejemplos de combinaciones de los subíndices integrados por dimensión ambiental, para obtener el mismo valor de Categoría de Sostenibilidad 1018
Figura 481. Conflictos socio ambientales identificados en el Atlas de Justicia ambiental para el departamento de Antioquia 1031
Figura 482. Esquema metodología general metodología planificación de territorios saludables. Adaptado documento fichas de referencia (2012) 1033
Figura 483. Representación esquemática de modelo matemático hidrológico LU3 1080

Lista de tablas

Tabla 1. Área de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 1
Tabla 2. Visitas de campo y talleres en las fases 2 y 3 del proyecto..... 6
Tabla 3. Ecuaciones de búsqueda propuestas para la localización de estudios técnicos y científicos en el marco de la sostenibilidad..... 16
Tabla 4. Metodologías, modelos y enfoques para la evaluación de la sostenibilidad..... 21
Tabla 5. Acepciones del concepto de servicios ecosistémicos 30
Tabla 6. Ecuaciones de búsqueda propuestas para la localización de estudios técnicos y científicos en el marco de la sostenibilidad..... 33
Tabla 7. Métodos biofísicos para la evaluación de servicios ecosistémicos..... 35
Tabla 8. Métodos socioculturales para la evaluación de servicios ecosistémicos..... 36
Tabla 9. Métodos monetarios para la evaluación de servicios ecosistémicos 37
Tabla 10. Métodos integradores para la evaluación de servicios ecosistémicos 38
Tabla 11. Una descripción de herramientas de modelación de servicios ecosistémicos 40
Tabla 12. Clasificación de diferentes sistemas de apoyo a las políticas y sus enfoques de valoración 42
Tabla 13. Ecuaciones de búsqueda propuestas para la localización de estudios técnicos y científicos en el marco de la sostenibilidad..... 44
Tabla 14. Métodos de cuantificación propuestos del valor de conservación en la literatura..... 46
Tabla 15. Criterios de evaluación propuestos..... 49
Tabla 16. Áreas y Códigos Subcuencas (NSS2) Río Samaná Norte..... 60
Tabla 17. Áreas y Códigos Subcuencas (NSS2) Río Samaná Sur..... 60
Tabla 18. Impactos asociados a proyectos hidroeléctricos 65
Tabla 19. Indicadores potenciales para evaluación de la sostenibilidad..... 71
Tabla 20. Indicadores utilizados por (Rinaldi et al., 2013) para el cálculo del MQI..... 84
Tabla 21. Descripción de clases y definición de puntuaciones para indicadores 85
Tabla 22. Categorías de calidad morfológica (MQI)..... 85
Tabla 23. Porcentaje del caudal de operación mínimo para operación de turbinas..... 87
Tabla 24. Valores hipotéticos de caudales máximos y mínimos turbinados 89
Tabla 25. HP1 para las 7 cuencas hipotéticas planteadas 89
Tabla 26. Dimensiones y variables del IPM de Colombia 100
Tabla 27. Preguntas para a la evaluación de bienestar desde diferentes ámbitos 101
Tabla 28. Esta de valoración ordinal de los ámbitos de bienestar 102
Tabla 29. Pesos preliminares para los indicadores por dimensión..... 105
Tabla 30. Ejemplo de categorías para DOR..... 117
Tabla 31. Categorías del indicador integrado de sostenibilidad..... 118
Tabla 32. Parámetro y variables de entrada del modelo Anual Water Yield..... 123
Tabla 33. Parámetro y variables de entrada del modelo Seasonal Water Yield..... 125
Tabla 34. Parámetro y variables de entrada del modelo Sediment Delivery Ratio..... 127
Tabla 35. Parámetro y variables de entrada del modelo Nutrient Delivery Ratio..... 129
Tabla 36. Parámetro y variables de entrada del modelo Carbon Storage and Sequestration 130
Tabla 37. Parámetro y variables de entrada del modelo Visitation: Recreation and Tourism..... 131
Tabla 38. Parámetro y variables de entrada del modelo Habitat Quality 132

Tabla 39. Parámetro y variables de entrada del modelo Crop Producción 134
Tabla 40. Criterios de evaluación para especies animales y de plantas 136
Tabla 41. Criterios de evaluación para áreas o tramos de ríos 136
Tabla 42. Áreas de las subcuencas de la Cuenca del río Samaná Norte 144
Tabla 43. Áreas de las subcuencas de la Cuenca del río Samaná Sur 147
Tabla 44. Consolidación Línea Base de Indicadores de la caracterización de la Cuenca del río Samaná Norte 150
Tabla 45. Categoría de Ordenamiento y áreas de la Zonificación Ambiental de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Norte 153
Tabla 46. Observaciones con respecto a la Sostenibilidad en los Planes de Desarrollo de los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte 160
Tabla 47. Observaciones relacionadas a la Sostenibilidad en los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte 166
Tabla 48. Títulos mineros en la Cuenca del río Samaná Norte 171
Tabla 49. Proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Norte 185
Tabla 50. Autores de los registros compartidos en *Global Biodiversity Facility Information* para la cuenca Samaná Norte 190
Tabla 51. Áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte 194
Tabla 52. Consolidación Línea Base de Indicadores de la caracterización de la Cuenca del río Samaná Sur 198
Tabla 53. Categoría de Ordenamiento y áreas de la Zonificación Ambiental de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Sur 202
Tabla 54. Observaciones con respecto a la Sostenibilidad en los Planes de Desarrollo de los municipios de la Cuenca del río Samaná Sur 207
Tabla 55. Observaciones relacionadas a la Sostenibilidad en los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de la Cuenca del río Samaná Sur 210
Tabla 56. Títulos mineros en la Cuenca del río Samaná Sur 212
Tabla 57. Proyectos hidroeléctricos identificados en la Cuenca del río Samaná Sur 225
Tabla 58. Autores de los registros compartidos en *Global Biodiversity Facility Information* para la cuenca Samaná Sur 226
Tabla 59. Áreas protegidas presentes en la cuenca del río Samaná Sur 230
Tabla 60. Puntos levantados en la salida de reconocimiento 233
Tabla 61. Cuencas recorridas y analizadas durante el recorrido en el Samaná Norte y Samaná Sur, y los proyectos hidroeléctricos asociados para cada una de las cuencas 237
Tabla 62. Fecha y modalidad de los talleres realizados 242
Tabla 63. Características y Propiedades de los Suelos de las Formaciones Superficiales en la cuenca del río Samaná Norte 245
Tabla 64. Clasificación climática según Caldas 254
Tabla 65. Clasificación climática según Lang 255
Tabla 66. Clasificación de Caldas-Lang 255
Tabla 67. Esquemas de clasificación basados en procesos y aplicables en una cuenca mediante información geoespacial 260
Tabla 68. Listado de especies en veda indefinida, prohibidas para uso y aprovechamiento en la jurisdicción de Cornare 266

Tabla 69. Especies en veda regional en la jurisdicción de CORNARE. 267
Tabla 70. Número y porcentaje de especies de peces según la familia taxonómica a la que pertenecen 271
Tabla 71. Uso de especies arbóreas a partir de productos no maderables en la cuenca del Samaná Norte 276
Tabla 72. Coberturas dominantes según POMCA Samaná Norte..... 279
Tabla 73. Cambios de coberturas terrestres entre 2000 y 2017 282
Tabla 74. Clasificación de cambios positivos o negativos de coberturas terrestres..... 284
Tabla 75. Cambios de coberturas terrestres entre 2010 y 2017 285
Tabla 76. Cambios de coberturas terrestres entre 2010 y 2017 287
Tabla 77. Resumen de las áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte..... 288
Tabla 78. Resumen de las áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte..... 289
Tabla 79. Municipios y jurisdicción por CAR 295
Tabla 80. Población por municipios de la cuenca 296
Tabla 81. Organización político-administrativa por municipio y organizaciones 300
Tabla 82. Localización de resguardos indígenas en las regiones y municipios del departamento de Antioquia 302
Tabla 83. Población Indígena y afrocolombiana en los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte 302
Tabla 84. Fiestas tradicionales de los municipios de la cuenca 306
Tabla 85. Instituciones con función pública que hacen presencia en el territorio..... 308
Tabla 86. Cobertura en servicios públicos domiciliarios, municipios Cuenca Samaná Norte 309
Tabla 87. Cobertura en salud, municipios Cuenca Samaná Norte..... 310
Tabla 88. Tasa de cobertura bruta en educación, municipios de la Cuenca Samaná Norte 312
Tabla 89. Déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, municipios cuenca del río Samaná Norte313
Tabla 90. Privaciones por hogar y variable, municipios cuenca del río Samaná Norte 314
Tabla 91. Necesidades Básicas Insatisfechas, municipios cuenca río Samaná Norte 321
Tabla 92. Rangos calificación condición socioeconómica..... 322
Tabla 93. Estadísticas agrícolas, municipio de Cocorná..... 324
Tabla 94. Estadísticas agrícolas, municipio Carmen de Viboral 325
Tabla 95. Estadísticas agrícolas, municipio de Granada 326
Tabla 96. Estadísticas agrícolas, municipio El Santuario..... 327
Tabla 97. Estadísticas agrícolas, municipio de Puerto Nare 328
Tabla 98. Estadísticas agrícolas, municipio de San Carlos 328
Tabla 99. Estadísticas agrícolas, municipio de San Francisco 329
Tabla 100. Estadísticas agrícolas, municipio de San Luis 330
Tabla 101. Estadísticas agrícolas, municipio de Sonsón 330
Tabla 102. Estadísticas pecuarias, municipios cuenca del río Samaná Norte..... 332
Tabla 103. Vocación turística en la cuenca del río Samaná Norte..... 338
Tabla 104. Sitios turísticos en los municipios de la cuenca del río Samaná Norte 339
Tabla 105. Capacidad de alojamiento, municipios de la cuenca del río Samaná Norte 343
Tabla 106. Sitios turísticos y rutas deportivas cuenca Samaná Norte 344
Tabla 107. Número y porcentaje de especies de peces según la familia taxonómica a la que pertenecen 376

Tabla 108. Coberturas dominantes según POMCA Samaná Sur 378
Tabla 109. Coberturas terrestres en 2010 para la cuenca del Samaná Sur 380
Tabla 110. Resumen de las áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte 383
Tabla 111. Municipios y jurisdicción por CAR 389
Tabla 112. Población por municipios de la cuenca 390
Tabla 113. Organización político-administrativa por municipio 392
Tabla 114. Localización de resguardos indígenas en las regiones y municipios del departamento de Caldas. 394
Tabla 115. Población Indígena y afrocolombiana en los municipios de la cuenca 395
Tabla 116. Fiestas tradicionales de los municipios de la cuenca 399
Tabla 117. Instituciones con función pública que hacen presencia en el territorio 400
Tabla 118. Cobertura en servicios públicos domiciliarios, municipios Cuenca Samaná Sur 401
Tabla 119. Cobertura en salud, municipios Cuenca Samaná Sur 401
Tabla 120. Tasa de cobertura bruta en educación, municipios de la Cuenca Samaná Sur 403
Tabla 121. Déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, municipios cuenca del río Samaná Sur . 403
Tabla 122. Privaciones por hogar y variable, municipios cuenca del río Samaná Sur 404
Tabla 123. Necesidades Básicas Insatisfechas, municipios cuenca río Samaná Sur 408
Tabla 124. Estadísticas agrícolas, municipio de Argelia 411
Tabla 125. Estadísticas agrícolas, municipio de Nariño 412
Tabla 126. Estadísticas agrícolas, municipio de Samaná 413
Tabla 127. Estadísticas agrícolas, municipio de Pensilvania 413
Tabla 128. Estadísticas agrícolas, municipio de Norcasia 414
Tabla 129. Estadísticas pecuarias, municipios cuenca Samaná Sur 416
Tabla 130. Puntos turísticos Cuenca Samaná Sur 420
Tabla 131. Definición de servicios ecosistémicos 430
Tabla 132. Cobertura de cultivos y pastos en la cuenca del Samaná Norte 432
Tabla 133. Coberturas arbóreas en la cuenca del Samaná Norte 439
Tabla 134. Cobertura de cultivos y pastos en la cuenca del Samaná Sur 449
Tabla 135. Coberturas arbóreas en la cuenca del Samaná Sur 454
Tabla 136. Calificación de criterios para la priorización de SE 493
Tabla 137. Resultados calificación criterios para Servicios Ecosistémicos 494
Tabla 138. Área por tipo de cobertura y zona de vida río Samaná Norte 501
Tabla 139. Estimación de Biomasa aérea para cobertura según zona de vida 501
Tabla 140. Fuentes de información para biomasa aérea por tipo de cobertura y zona de vida 502
Tabla 141. Monetización SE de almacenamiento de carbono cuenca del río Samaná Norte 503
Tabla 142. Caudal concesionado cuenca Samaná Norte 504
Tabla 143. Valor monetario aprovisionamiento de agua Río Samaná Norte 504
Tabla 144. Área por tipo de cobertura y zona de vida río Samaná Sur 510
Tabla 145. Monetización SE de almacenamiento de carbono cuenca del río Samaná sur 510
Tabla 146. Caudal concesionado cuenca Samaná Sur 511
Tabla 147. Valor monetario aprovisionamiento de agua Río Samaná Sur 511
Tabla 148. Oferta y demanda de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Norte 513
Tabla 149. Oferta y demanda de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Sur 517

Tabla 150. Estado de salud global de los objetos de conservación agrupados por categorías de ecosistemas acuáticos y relacionados con el bienestar sociocultural identificados en el proyecto de conservación basado en comunidades de la cuenca Samaná Norte 539
Tabla 151. Identificación de los objetos de conservación vereda El Recreo 557
Tabla 152. Identificación de los objetos de conservación vereda Puente Linda 558
Tabla 153. Identificación de los objetos de conservación municipio de Argelia 558
Tabla 154. Solicitud de estudios de proyectos hidroeléctricos en la Cuenca del río Samaná Sur.. 594
Tabla 155. Solicitud de estudios de proyectos hidroeléctricos en la Cuenca del río Samaná Sur.. 594
Tabla 156. Síntesis de indicadores ambientales para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte 606
Tabla 157. Síntesis de indicadores económicos para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte 613
Tabla 158. Síntesis de indicadores sociales para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte 618
Tabla 159. Síntesis de indicadores ambientales para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur 623
Tabla 160. Síntesis de indicadores económicos para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur 628
Tabla 161. Síntesis de indicadores sociales para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur 633
Tabla 162. Proyectos Hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Norte 649
Tabla 163. Proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Sur..... 651
Tabla 164. Descripción de los escenarios de análisis para la evaluación de la Sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur..... 653
Tabla 165. Clasificación del indicador F1: continuidad de flujo de maderas y sedimentos 655
Tabla 166. Clasificación del indicador F2: Presencia de planicies inundables. 656
Tabla 167. Clasificación del indicador F6: configuración del lecho – pendiente del valle..... 656
Tabla 168. Clasificación del indicador F7: formas y procesos típicos del patrón de alineamiento 657
Tabla 169. Clasificación del indicador F12: Ancho de la vegetación funcional..... 658
Tabla 170. Clasificación del indicador F13: extensión de la vegetación funcional 658
Tabla 171. Clasificación del indicador de alteraciones 659
Tabla 172. Clasificación de la alteración de la calidad del agua 659
Tabla 173. Porcentaje del caudal de operación mínimo para operación de turbinas..... 662
Tabla 174. Área requerida según potencia máxima 675
Tabla 175. Dimensiones y variables del IPM de Colombia 677
Tabla 176. Discriminación de pesos por variable y dato 678
Tabla 177. Pesos para cobertura de servicios..... 679
Tabla 178. Pesos para vivienda..... 679
Tabla 179. Pesos para educación..... 680
Tabla 180. Pesos para cobertura de salud..... 681
Tabla 181. Pesos para recreación y pertenecía 681
Tabla 182. Pesos para organización comunitaria 681
Tabla 183. Tipos de vías utilizadas en el cálculo del índice beta para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur..... 684

Tabla 184. Rangos de indicadores ambientales 686
Tabla 185. Rango de escalamiento de indicadores ambientales 686
Tabla 186. Rangos de indicadores económicos 692
Tabla 187. Rango de escalamiento de indicadores económicos 692
Tabla 188. Rangos de indicadores sociales 694
Tabla 189. Rango de escalamiento de indicadores sociales 695
Tabla 190. Pesos de indicadores por dimensión 698
Tabla 191. Categorías del indicador integrado de sostenibilidad 700
Tabla 192. Fecha y modalidad de los talleres realizados 707
Tabla 193. Lista del ciclo de talleres realizados entre el 23 y el 27 de agosto de 2021 712
Tabla 194. Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte 715
Tabla 195. Valores de importancia de las especies de peces usadas en el cálculo del MHSI 750
Tabla 196. Gradientes de los factores de hábitat para el cálculo del MHSI 752
Tabla 197. Indicador de riesgo ajustado por capacidades, para los municipios de la cuenca 757
Tabla 198. Indicador de pobreza multidimensional Samaná Norte. 766
Tabla 199. Indicador de pobreza de ingresos de la Cuenca del río Samaná Norte 767
Tabla 200. Presupuesto Municipal Social de los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte.. 770
Tabla 201. Síntesis indicadoras económicos cuenca Samaná Norte 779
Tabla 202. Indicador de bienestar en municipios de la cuenca del río Samaná Norte 784
Tabla 203. Subcuencas NSS-3 de la cuenca del río Samaná Sur 794
Tabla 204. Valores de importancia de las especies de peces usadas en el cálculo del MHSI 821
Tabla 205. Gradientes de los factores de hábitat para el cálculo del MHSI 824
Tabla 206. Indicador de riesgo ajustado por capacidades, para los municipios de la cuenca 828
Tabla 207. Indicador de pobreza multidimensional Samaná Sur 837
Tabla 208. Indicador de pobreza de ingresos Samaná Sur 838
Tabla 209. Presupuesto Municipal Social de los municipios de la Cuenca del río Samaná Sur..... 841
Tabla 210. Síntesis indicadoras económicos cuenca Samaná Sur 848
Tabla 211. Indicador de bienestar en municipios de la Cuenca del río Samaná Sur 851
Tabla 212. Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte 870
Tabla 213. Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del Río Samaná Sur 876
Tabla 214. Priorización de los objetos de conservación en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 881
Tabla 215. Abreviaturas de los servicios ecosistémicos para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 881
Tabla 216. Categorización de los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Norte 882
Tabla 217. Categorización de los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Sur 882
Tabla 218. Categorías de oportunidad de manejo 884
Tabla 219. Categorización del nivel de conflicto entre la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 886
Tabla 220. Definición del nivel de conflicto de acuerdo con las categorías de la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur 886
Tabla 221. Objetos de conservación y tramos de río priorizados en la cuenca del río Samaná Norte 892

Tabla 222. Objetos de conservación y tramos de río priorizados en la cuenca del río Samaná Sur 894
Tabla 223. Propuesta Áreas que requieren una administración “Especial” de los recursos naturales en la cuenca del río Samaná Norte. 912
Tabla 224. Comparación entre el índice de sostenibilidad integrado y los estudios de riesgo en los municipios de la jurisdicción de Cornare para la cuenca Samaná Norte 920
Tabla 225. Propuesta áreas que requieren una administración “Especial” de los Recursos Naturales en la Cuenca del río Samaná Sur 929
Tabla 226. Comparación entre el índice de sostenibilidad integrado y los estudios de riesgo en los municipios de la jurisdicción de Cornare para la cuenca Samaná Sur 932
Tabla 227. Disposiciones constitucionales..... 953
Tabla 228. Proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Norte..... 971
Tabla 229. Proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Sur..... 972
Tabla 230. Categoría de ordenamiento y áreas de la zonificación ambiental de la cuenca del río Samaná Norte..... 975
Tabla 231. Categoría de Ordenamiento y áreas de la Zonificación Ambiental de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Sur..... 977
Tabla 232. Áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte 980
Tabla 233. Áreas protegidas presentes en la cuenca del río Samaná Sur 981
Tabla 234. Relación de mesas y reuniones realzadas..... 999
Tabla 235. Agenda de trabajo de la primera mesa técnica de socialización 1002
Tabla 236. Agenda de trabajo de la segunda mesa técnica de socialización 1005
Tabla 237. Análisis de la información del índice con respecto a los insumos solicitados en TDR y EIA de la dimensión ambiental..... 1006
Tabla 238. Agenda de trabajo de la segunda mesa técnica de socialización 1007
Tabla 239. Propuesta de capacidades técnicas para calcular el índice de sostenibilidad integrado 1019

Lista de fotos

Foto 1. Área de vivero de la central hidroeléctrica San Miguel 241
Foto 2. Área de vivero de la central hidroeléctrica San Miguel 241
Foto 3. Características geomorfológicas de la parte alta de la cuenca Samaná Norte en la cuenca alta del río Dormilón y el Área de influencia del río Santo Domingo 258
Foto 4. Quemas para establecimiento de cultivos y pastos en San Luis 281
Foto 5. Mural alusivo a la tradición pesquera, corregimiento Puerto Garza en San Carlos 306
Foto 6. Cascada La Arabia 342
Foto 7. Casacada Las Narices 342
Foto 8. El Salto 342
Foto 9. Muros de Piedra 342
Foto 10. Características geomorfológicas de la parte alta de la cuenca Samaná sur a la altura de proyecto Palomas 363
Foto 11. Quemas para establecimiento de cultivos y pastos en Nariño 380
Foto 12. Registro taller El Recreo 393
Foto 13. Registro taller Puente Linda 393
Foto 14. Instrumentos talleres Argelia 394
Foto 15. Instrumentos talleres Argelia 394
Foto 16. Mural en Puente Linda que ilustra los caminos que han comunicado la región 398
Foto 17. Construcción emblemática en Puente Linda 398
Foto 18. Placa deportiva y estadero El Recreo 418
Foto 19. Sendero ecológico las Guacharacas 418
Foto 20. Termales del Espíritu Santo 419
Foto 21. Pobladores de la región en actividad de pesca en sistemas acuáticos de la cuenca Samaná Norte 434
Foto 22. Pesca con nasa o cuchara en el sector del Tupión en el río Samaná Norte 442
Foto 23. Actividades culturales en el festival cultural "*SamanaFest*" 448
Foto 24. Bancos de arena y movimientos en masa Central Hidroeléctrica Calderas 567
Foto 25. Río Calderas aguas arriba de la PCH Calderas 568
Foto 26. Zona de presa PCH Calderas 568
Foto 27. Zona de presa del río Tafetanes 569
Foto 28. Punto de levantamiento en campo 24, descarga proyecto El Molino 570
Foto 29. Punto de levantamiento en campo 25, proyecto El Popal 571
Foto 30. Punto de levantamiento en campo 1, visualización de la parte alta de la cuenca de la quebrada Santa Bárbara 573
Foto 31. río Santo Domingo 575
Foto 32. Descarga proyecto San Carlos a río Samaná Norte, área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Porvenir II 576
Foto 33. Referencia del río Samaná Norte 577
Foto 34. Visualización de la proyección de los proyectos hidroeléctricos sobre el río Cocorná 579
Foto 35. Panorámica a los proyectos Argelia y Paloma III y IV 591
Foto 36. Panorámica al proyecto Uvital 592

Foto 37. proceso de quema de bosques en la vía que conduce del municipio de Nariño a la vereda de Puente Linda..... 704
Foto 38. Imágenes de algunos sitios de la cuenca Samaná Sur como muestra del potencial ecoturístico de la zona de estudio 705
Foto 39. Monumento religioso del cerro de los cristos (izquierda) y vegetación de bosque alto andino frente al cerro de los cristos (derecha) 706
Foto 40. Implementación de cultivos entre los municipios de Sonsón y Argelia 707
Foto 41. Listado (imagen izquierda) y ubicación espacial (imagen derecha) de los objetos de conservación identificados vereda Boquerón de San Francisco..... 709
Foto 42. Listado (imagen superior) y ubicación espacial (imagen inferior) de objetos de conservación identificados en la vereda El Pajuí de San Francisco..... 709
Foto 43. Listado de los objetos de conservación identificados en el municipio de San Luis..... 710
Foto 44. Taller de socialización del diagnóstico de la cuenca del río Samaná Norte en el municipio de San Francisco..... 711
Foto 45. Marcos legales de interés identificados en la vereda La Cristalina de San Francisco 713
Foto 46. Área de vivero de la central hidroeléctrica San Miguel..... 730
Foto 47. Área de vivero de la central hidroeléctrica San Miguel..... 731

Introducción

Este documento presenta el compilado de todos los productos generados en el marco del convenio de asociación CORNARE – TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy (El cronograma de trabajo del proyecto puede ser consultado en el Anexo - Fase 0 - 1).

Alcance del proyecto

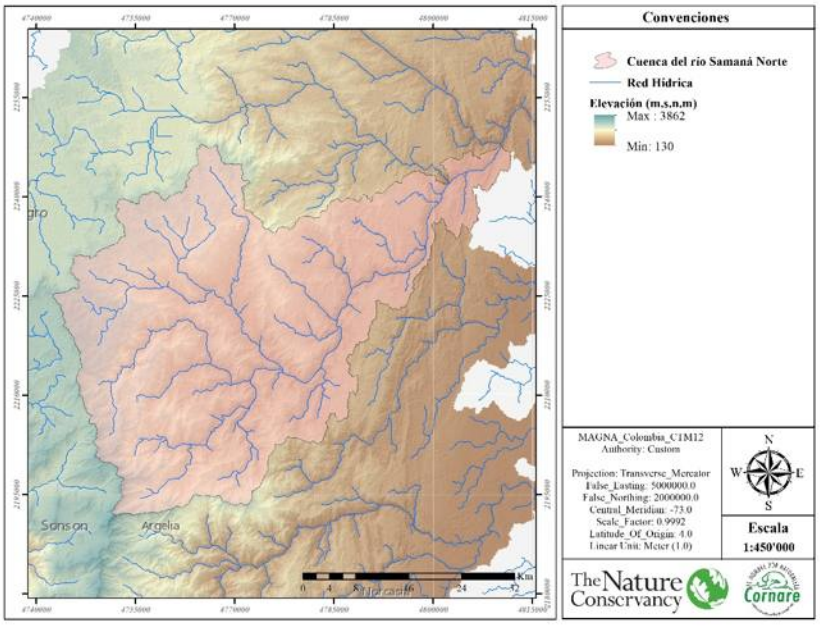
El proyecto se desarrolló en el área geográfica de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte (ver Figura 1) y Samaná Sur (ver Figura 2). Para los análisis se considerarán las 22 subcuencas o cuencas del nivel subsiguiente 2 (NSS2) y sus microcuencas o cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS3) de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM. La Tabla 1 resume las áreas de las 2 subcuencas.

Tabla 1. Área de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

CUENCA	ÁREA (ha)
Río Samaná Norte	200,829.97
Río Samaná Sur	116,631.95

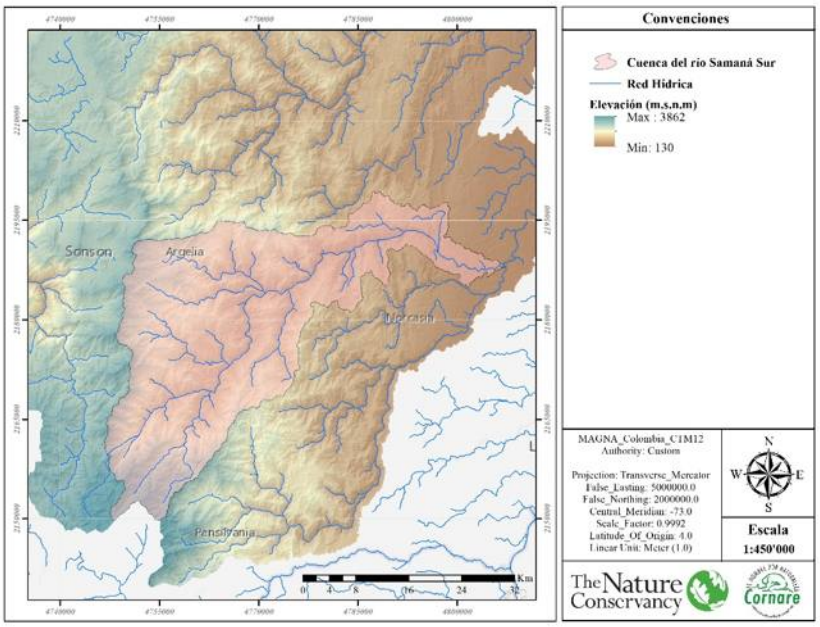
Fuente: POMCA Río Samaná Norte (2016) – POMCA Río Samaná Sur (2016)

Figura 1. Cuenca hidrográfica del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía del POMCA río Samaná Norte (2017)

Figura 2. Cuenca hidrográfica del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía del POMCA río Samaná Norte (2017)

Como parte del desarrollo del proyecto, The Nature Conservancy (TNC), en el marco de su programa de conservación basada en comunidades, utilizó la información que se generó en los pilotos de identificación con las comunidades ubicadas en áreas específicas de la cuenca Samaná Norte como complemento del análisis de identificación de objetos de conservación, servicios ecosistémicos y amenazas relacionadas con los ecosistemas de agua dulce. Así mismo, estos pilotos brindaron información sobre acciones de conservación basada en comunidades que permitan fortalecer las comunidades locales, contribuir a la conservación de los ecosistemas de agua dulce y del recurso hídrico mientras se hace uso sostenible del mismo.

El alcance del proyecto incluye el desarrollo de 4 fases:

- Fase 1: Marco de referencia para el cálculo de los límites de sostenibilidad e identificación de los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico.
- Fase 2: Diagnóstico de la situación actual.
- Fase 3: Cálculo de límites de sostenibilidad y evaluación de los escenarios.
- Fase 4: Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las dos cuencas, subcuencas y tramos, que incluya listado con actividades permitidas y prohibidas de acuerdo con los resultados de capacidad de carga o límites de sostenibilidad.

Se ha definido con CORNARE que se realizará el análisis de 8 escenarios que se indican a continuación:

- Escenario 1: con proyectos en operación.
- Escenario 2: con proyectos en operación y en construcción.

- Escenarios 3: con proyectos en operación, en construcción y en trámite de licencia ambiental.
- Escenario 4: con proyectos en operación, en construcción, en trámite de licencia ambiental y solicitud de diagnóstico ambiental de alternativas.
- Escenario 5: con proyectos en operación, en construcción, en trámite de licencia ambiental, solicitud de diagnóstico ambiental de alternativas y solicitudes de estudio.
- Escenario 6
- Escenario 7
- Escenario 8

En trabajo conjunto entre CORNARE y TNC se revisaron las características de los escenarios. En línea con esto, CORNARE entrego de la descripción de los escenarios en conjunto con una base de datos con la información de los proyectos hidroeléctricos para el análisis.

Igualmente, en la Fase 4, para cumplir con el alcance establecido, se contó con la participación de CORNARE, a través de la experticia de sus profesionales especialistas, para la definición de la propuesta de administración de los recursos naturales.

Metodología para desarrollo del proyecto

Metodológicamente, para la ejecución del proyecto se plantea el desarrollo de las 4 fases indicadas en el apartado de *Alcance* de este documento. Estas fases permitirán el análisis de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur mediante la integración del concepto de sostenibilidad, análisis de servicios ecosistémicos, visitas de campo y talleres para realizar el estudio integral del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur y sus afluentes. Con el objetivo de hacer comprensible la metodología propuesta, a continuación, se presenta de manera sintética cada una de las fases propuestas:

<u>Fase 1: Marco de referencia para el cálculo de la capacidad de carga o límites de sostenibilidad e identificación de los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico</u>

En esta fase se realizó una revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos de reconocimiento académico sobre el cálculo de la capacidad de carga o límites de sostenibilidad, e identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos. Como resultado, se obtuvo la metodología de análisis que mejor se ajustó a las condiciones de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Esta correspondió a una fase inicial de entendimiento que permitió establecer un marco técnico adecuado para el análisis y establecimiento de los procedimientos analíticos que deberán desarrollarse en las fases siguientes.



Esta fase incluye definir el concepto de sostenibilidad, identificar los indicadores ambientales, económicos y sociales que se utilizarán para el cálculo de los límites de sostenibilidad, identificar los servicios ecosistémicos que serán parte del análisis, así como la metodología que se seguirá para su evaluación y finalmente una revisión teórica sobre los impactos ambientales, económicos y sociales que generan las PCH.

Fase 2: Diagnóstico de la situación actual

La fase de diagnóstico de la situación actual incluye la revisión de los estudios científicos y técnicos elaborados por CORNARE o en convenio con las demás instituciones de las diversas dependencias asociadas al recurso hídrico, así como la revisión del estado de la oferta y demanda de servicios ecosistémicos.



Como parte del desarrollo de esta fase, se realizó la recopilación, procesamiento y revisión de información secundaria disponible en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur relacionada con aspectos económicos, sociales y ambientales. Igualmente, se realizó verificaciones y levantamiento de información mediante visitas de campo y talleres que complementen la información asociada a las dos cuencas y permite el análisis integral del sistema hídrico. Adicionalmente, se realizó los análisis de los servicios que prestan los ecosistemas estratégicos en la condición actual y las zonas de importancia cultural y recreativa con el objetivo de identificar tramos y zonas de importancia para la conservación.

En trabajo conjunto entre CORNARE y TNC se revisó las características de los escenarios que se considerarán para análisis en la Fase III correspondientes a:

- Escenario 1: con proyectos en operación.
- Escenario 2: con proyectos en operación y en construcción.
- Escenarios 3: con proyectos en operación, en construcción y en trámite de licencia ambiental.
- Escenario 4: con proyectos en operación, en construcción, en trámite de licencia ambiental y solicitud de diagnóstico ambiental de alternativas.
- Escenario 5: con proyectos en operación, en construcción, en trámite de licencia ambiental, solicitud de diagnóstico ambiental de alternativas y solicitudes de estudio.
- Escenario 6
- Escenario 7
- Escenario 8

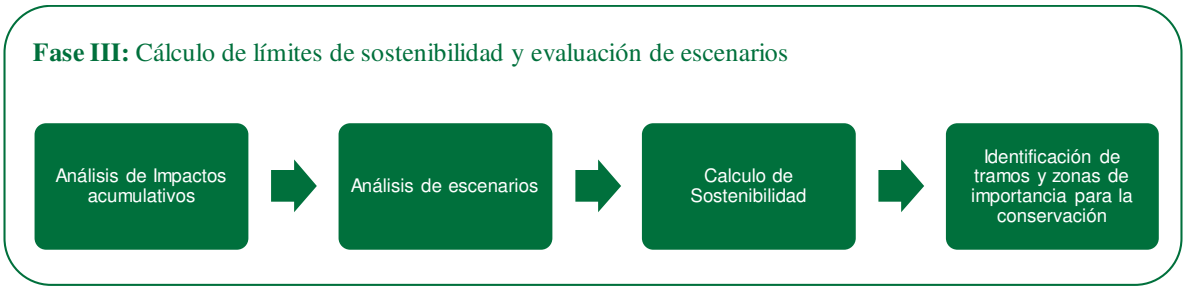
En comunidades previamente identificadas en áreas específicas de la cuenca Samaná Norte, se realizaron talleres que permitieron conocer los intereses de la comunidad en lo referente al manejo

y conservación de ecosistemas de agua dulce y su biodiversidad, mediante la metodología de planificación comunitaria de territorios saludables. A través de esta metodología se complementó el diagnóstico de la situación actual.

Fase 3: Cálculo de límites de sostenibilidad y evaluación de escenarios

La fase 3 de desarrollo del proyecto correspondió al cálculo de los límites de sostenibilidad de las cuencas y ecosistemas de agua dulce, considerando los objetos de conservación y servicios ecosistémicos identificados como prioritarios para proteger, asociados a las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Adicionalmente, en esta fase se analizaron los 8 escenarios definidos para el proyecto. Este análisis consistió en el cálculo del cambio en los límites de sostenibilidad de las cuencas para los escenarios identificados en la fase 2 con relación al escenario de proyectos en operación (situación actual).

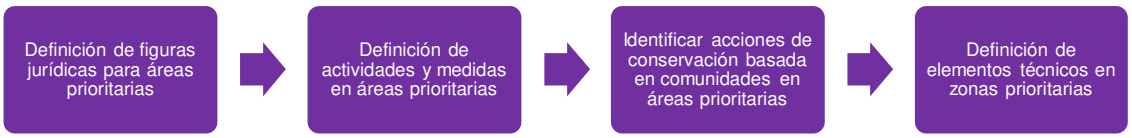


Como parte del desarrollo de esta fase, se realizó el análisis de impactos acumulativos con el objetivo de calcular límites de sostenibilidad considerando los 8 escenarios propuestos. Se considera que el análisis se centra en el cálculo de indicadores que permitan observar el cambio en el factor de sostenibilidad de las cuencas. La aproximación propuesta fue a través de indicadores ambientales, sociales y económicos. Los resultados obtenidos permitirón igualmente alimentar la identificación de tramos y zonas de importancia para la conservación.

Fase 4: Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las dos cuencas, subcuencas y tramos, que incluya listado con actividades permitidas y prohibidas de acuerdo con los resultados de límites de sostenibilidad

En la última fase del proyecto, con la participación activa de los profesionales especialistas de CORNARE, utilizando los resultados obtenidos en las Fases 1, 2 y 3, se desarrolló una propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. La propuesta de administración está armonizada con los instrumentos de gestión que posee el territorio (Planes de Manejo y zonificación ambiental POMCA, Esquemas de Ordenamiento Territorial y Planes Básicos de Ordenamiento Territorial, Áreas del SIRAP, entre otros).

Fase IV: Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las dos cuencas, subcuencas y tramos, que incluya listado con actividades permitidas y prohibidas de acuerdo con los resultados de límites de sostenibilidad



Como conclusión de esta fase, se generaron lineamientos técnicos y jurídicos para la administración de los recursos naturales, que constituye insumo y soporte para la toma de decisiones de reglamentación desde el Consejo Directivo de la Corporación, para los sistemas de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Visitas de campo y talleres

Para el desarrollo del proyecto se realizaron 8 visitas de campo y 42 talleres, distribuidos en las Fases 2 y 3 del proyecto, de la forma indicada en la Tabla 2.

Tabla 2. Visitas de campo y talleres en las fases 2 y 3 del proyecto

ACTIVIDAD	FASE 2	FASE 3
Visitas de Campo	5	3
Talleres	25	17

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Las visitas de campo y los talleres tuvieron como objetivo la recopilación de información primaria y reconocimiento en el territorio de elementos relevantes para los análisis. La metodología para el desarrollo de estas visitas y talleres se analizó de manera particular en función de las condiciones de la pandemia COVID-19 reconociendo que la seguridad del personal técnico del proyecto, así como de las comunidades que habitan en la zona de estudio es la prioridad.

Mesa técnica interinstitucional

Durante el periodo de desarrollo del convenio de asociación, en cumplimiento de lo establecido en el documento de estudios previos, se realizó una reunión virtual mensual de la mesa técnica interinstitucional donde se analizarán los aspectos técnicos y jurídicos del avance del convenio. Así mismo, se realizaron las 3 Mesas Técnicas de Socialización acordada en el marco del convenio.

Objetivo general

Producto 2: Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico

Este apartado tiene como objetivo definir un esquema metodológico para el cálculo de límites de sostenibilidad, identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico, que se ajuste a las condiciones de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur a partir de una revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos de reconocimiento académico.

Producto 3: Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

Este apartado tiene como objetivo realizar el diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur a partir de la revisión de estudios técnicos y científicos elaborados por la corporación o en convenio con otras instituciones de las diversas dependencias asociadas al recurso hídrico, así como la revisión del estado de la oferta y demanda de servicios ecosistémicos con los proyectos hidroeléctricos con los que actualmente cuenta la corporación en su jurisdicción y describir los escenarios que se analizarán en la Fase III.

Producto 4: Fase III - Cálculo de Límites de Sostenibilidad y Análisis de Escenarios

Este apartado tiene como objetivo calcular los límites de sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur considerando la definición del indicador de sostenibilidad y los escenarios definidos para el análisis.

Producto 5: Fase IV - Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

Este apartado tiene como objetivo presentar para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, una propuesta de administración de los recursos naturales que tome en cuenta el índice de sostenibilidad integrado y que se encuentre armonizada con los instrumentos de gestión que posee el territorio.

Objetivos específicos

Producto 2: Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico

- Realizar una revisión de estudios técnicos y científicos relacionados con el cálculo de límites de sostenibilidad.
- Realizar una revisión de estudios técnicos y científicos relacionados con la identificación de objetos de conservación.
- Realizar una revisión de estudios técnicos y científicos relacionados con la identificación de servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico.
- Conceptualizar y describir los marcos técnicos para el cálculo de límites de sostenibilidad, identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico.

Producto 3: Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

- Realizar una revisión de estudios técnicos y científicos elaborados por la corporación o en convenio con otras instituciones de las diversas dependencias asociadas al recurso hídrico.
- Realizar una revisión del estado de la oferta y demanda de servicios ecosistémicos con los proyectos hidroeléctricos con los que actualmente cuenta la corporación en su jurisdicción.
- Realizar la descripción de los escenarios que se analizaran en la Fase III.

Producto 4: Fase III - Cálculo de Límites de Sostenibilidad y Análisis de Escenarios

- Presentar la descripción detallada (paso a paso) de la metodología aplicada para el cálculo de límites de sostenibilidad.
- Calcular el índice de sostenibilidad integrado para la cuenca del río Samaná Norte para los 8 escenarios de análisis.
- Calcular el índice de sostenibilidad integrado para la cuenca del río Samaná Sur para los 8 escenarios de análisis.

Producto 5: Fase IV - Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

- Realizar la armonización de las categorías de administración basada en el índice de sostenibilidad integrado con los instrumentos de gestión que posee el territorio
- Realizar una revisión de los marcos normativos para la protección de los recursos naturales y el manejo de ecosistemas hídricos en el contexto internacional, nacional y regional.
- Presentar una propuesta de implementación y reglamentación del índice de sostenibilidad integrado.

Alcance

Producto 2: Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, este apartado tiene como alcance presentar los esquemas metodológicos para el cálculo de límites de sostenibilidad, identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico, que se ajuste a las condiciones de esta dos cuencas a partir de una revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos de reconocimiento académico.

La revisión que se presenta en los apartados de esta sección se acota principalmente a las publicaciones que se encuentran indexadas a bases de datos y citas de artículos de revistas científicas tipo Scopus. Se ha establecido además que los marcos técnicos a definir tendrán como unidad espacial mínima de análisis las 22 subcuencas o cuencas del nivel subsiguiente 2 (NSS2) y las microcuencas o cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS3) de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM. En este sentido, los pasos metodológicos que se proponen en los siguientes apartados se encuentran conceptualizados para el análisis de estas unidades. Se ha procurado que los marcos sean lo suficientemente flexibles, explícitos y generales, de tal forma que puedan ser adaptables y replicables a diferentes escalas, siempre y cuando se precisen los pasos y las herramientas a la escala de interés.

Producto 3: Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, este apartado tiene como alcance presentar el diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur a partir de la revisión de estudios técnicos y científicos elaborados por la corporación o en convenio con otras instituciones de las diversas dependencias asociadas al recurso hídrico.

Como parte del diagnóstico se presenta la revisión del estado de la oferta y demanda de servicios ecosistémicos con los proyectos hidroeléctricos con los que actualmente cuenta la corporación en su jurisdicción y se realiza la descripción construida de manera conjunta entre TNC y Cornare de los escenarios que se analizarán en la Fase III.

Adicionalmente, como parte del alcance del se anexan los soportes correspondientes a las salidas de campo y talleres realizados en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, información que hace parte del diagnóstico de la situación actual de ambas cuencas.

Producto 4: Fase III - Cálculo de Límites de Sostenibilidad y Análisis de Escenarios

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, este apartado tiene como alcance presentar el cálculo del índice de sostenibilidad integrado de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, esto siguiendo los lineamientos metodológicos estipulados en el Producto 2 – Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (Cornare & TNC, 2021c). Dentro del alcance se enmarca la descripción detallada (paso a paso) de la metodología aplicada, así como también, el análisis del cambio en los límites de sostenibilidad de las cuencas para los escenarios identificados en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b), con relación a la situación actual. Vale la pena señalar que, como parte del Producto 3 – Fase II, se detallan los escenarios que se menciona en el convenio como optimista, pesimista y moderado, de acuerdo con los lineamientos brindados por Cornare (2021). Adicionalmente, como parte del alcance de este apartado se anexan los soportes correspondientes a las salidas de campo y talleres realizados en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, información que hace parte de este producto.

Producto 5: Fase IV - Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación Cornare –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, este apartado tiene como alcance presentar para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, una propuesta de administración de los recursos naturales que tome en cuenta el índice de sostenibilidad integrado y que se encuentre armonizada con los instrumentos de gestión que posee el territorio.

PRODUCTO 2: FASE I - MARCO DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD E IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS DE CONSERVACIÓN Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS AL RECURSO HÍDRICO

Esta sección presenta el producto 2 del convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy.

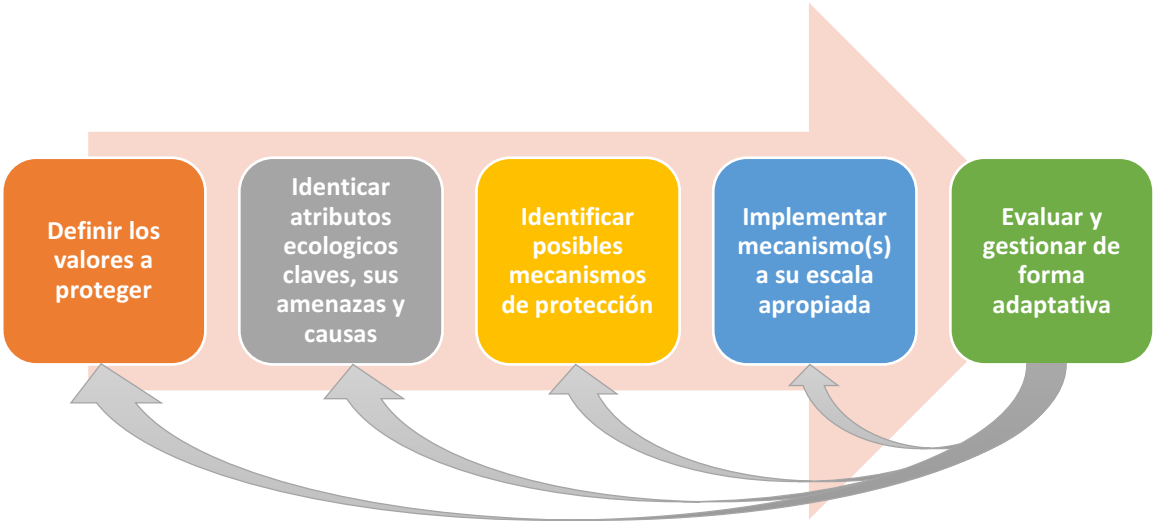
La misión de The Nature Conservancy (TNC) es "*proteger y conservar las aguas y las tierras de las cuales depende la vida*". TNC ha trabajado durante varios años alrededor de este propósito, tiempo en el cual ha logrado consolidar un gran conjunto de experiencias sobre esquemas de conservación y protección asociados a los ecosistemas de agua dulce. Recientemente, Higgins et al. (2021) han dado a conocer un marco conceptual para la protección duradera de los ecosistemas de agua dulce que puede ser utilizado de manera genérica en cualquier parte del mundo.

"*Durable Freshwater Protection: A Framework for Establishing and Maintaining Long-Term Protection for Freshwater Ecosystems and the Values They Sustain*" presenta los resultados de una serie de análisis para la protección de ecosistemas de agua dulce, tomando como base la experiencia y aprendizajes de TNC en los temas de protección y conservación (Higgins et al., 2021). Dado el objetivo y alcance establecidos en el marco del convenio de asociación Cornare - TNC - C507-2020, el esquema de protección duradera de ecosistemas de agua dulce (DFP – Por sus siglas en inglés para *Durable Freshwater Protection*) que propone Higgins et al. (2021), será utilizado como marco conceptual de referencia para orientar la conservación y protección sostenible de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

El marco de DFP está orientado a llenar el vacío que existe en los esquemas de protección actuales y a generar las preguntas correctas que son relevantes para los diferentes esfuerzos de protección de ecosistemas de agua dulce. Este marco técnico considera preguntas fundamentales sobre: ¿Cuál es el valor que se desea proteger? ¿Qué procesos ecológicos sustentan ese valor? ¿Cuáles son las amenazas a esos procesos? ¿Qué mecanismos están disponibles para abordar esas amenazas? ¿Qué mecanismos son potencialmente apropiados dadas las amenazas y los contextos socioeconómicos para la protección? ¿Qué tan duraderos son los mecanismos de protección? ¿Cómo debería gestionarse la protección de forma adaptativa a lo largo del tiempo, dados los éxitos o fallos de los mecanismos aplicados y/o los cambios en el contexto? De esta forma, se presenta un modelo conceptual que los profesionales de la conservación de agua dulce de diferentes disciplinas pueden utilizar para fomentar el desarrollo de una estrategia de protección más eficaz (Higgins et al., 2021).

El marco técnico para la protección duradera de ecosistemas de agua dulce consta de cinco pasos analíticos continuos (ver Figura 3) para adaptar los mecanismos de protección duradera a los valores, procesos, amenazas y escalas de los ecosistemas de agua dulce (Higgins et al., 2021). En la Figura 3, moviéndose de izquierda a derecha, se presentan los pasos que dan como resultado la implementación de mecanismos de protección a escalas apropiadas, incluyendo un esquema de evaluación y gestión adaptativa de todos los pasos del proceso.

Figura 3. Marco técnico de referencia para protección duradera de ecosistemas de agua dulce



Fuente: Higgins et al. (2021)

En la Figura 4 se describen cada uno de los pasos del marco de protección duradera de ecosistemas de agua dulce.

Figura 4. Descripción de pasos del marco de protección duradera de ecosistemas de agua dulce

Definir los valores	• **Paso 1**: Definir los valores que sustentan los ecosistemas de agua dulce que han sido identificados por la sociedad con intereses para proteger
Identicar KEAs y las amenazas y fuente para ellas	• **Paso 2**: Identificar los atributos ecológicos clave que son escenciales para la persistencia a largo plazo de los valores, e identificar las amenazas que los afectan y sus causas.
Identificar posibles mecanismos de protección	• **Paso 3**: Identificar los posibles mecanismos de protección que tienen mayor probabilidad de disminuir o mitigar las amenazas a largo plazo
Implementar mecanismo a escala apropiada	• **Paso 4**: Aplicar el (los) mecanismo(s) de protección a la(s) escala(s) apropiada (s) para proteger el (los) valor (es) y el (los) atributos ecológicos clave
Evaluar y gestionar de forma adaptativa	• **Paso 5**: Monitorear y evaluar el estado y el cambio en la condición de los valores, atributos ecológicos clave , alcance y grado de amenaza y causas de esas amenazas, y éxitos de implementación o fallas del mecanismo de protección. Gestionar de forma adaptativa mejorando los mecanismos existentes y/o aplicar nuevos mecanismos a medida que surgen nuevas amenazas o cambien las circunstancias en un tiempo extraordinario

Fuente: Derivado de Higgins et al. (2021)

Para el desarrollo del convenio de asociación Cornare - TNC - C507-2020, se tendrá como referencia conceptual el marco técnico propuesto por Higgins et al. (2021) aprovechando su formulación genérica para la protección duradera de ecosistemas de agua dulce. Sin embargo, dado el alcance establecido para los análisis de las cuencas Samaná Norte y Samaná Sur, se requiere igualmente la revisión y definición de marcos metodológicos específicos que permitan analizar la sostenibilidad de estas cuencas incorporando los conceptos de servicios ecosistémicos y objetos de conservación, que se establece como el propósito principal del presente producto.

De esta forma, en el Capítulo 1 se presenta el desarrollo del concepto de sostenibilidad a ser usado en el marco de este estudio. En este capítulo el lector encontrará que el concepto de sostenibilidad aún se encuentra en desarrollo, por lo que la construcción de un concepto acorde con los objetivos y alcances del convenio de asociación Cornare - TNC - C507-2020 es necesario. Por otra parte, en este capítulo, se desarrolla una revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos sobre límites de sostenibilidad orientada a la identificación de marcos metodológicos para evaluación de sostenibilidad de cuencas. Se observará que, desde las ciencias de la sostenibilidad, existen diversas metodológicas, enfoques y herramientas para su evaluación. No obstante, en las ciencias ambientales, el enfoque de mayor uso corresponde al Análisis de Criterios múltiples (MCA - Por sus siglas en ingles), por tal razón el lector descubrirá que el marco técnico desarrollado para este componente sigue los criterios del MCA.

El Capítulo 2 por su parte, presentan las diferentes definiciones del concepto de servicios ecosistémicos. El lector identificará que al igual que ocurre con el concepto de sostenibilidad, el concepto de servicios ecosistémicos presenta múltiples definiciones, por lo que en este capítulo se recopilan algunas de ellas. Otro de los apartados que consolida este capítulo es la revisión bibliográfica y de estudios técnicos y científicos sobre identificación y evaluación de servicios ecosistémicos. Se observará que existen múltiples enfoques para la estimación de los servicios ecosistémicos, por lo que, para efectos del estudio, se considera una integración de aproximaciones basadas en modelación, mapeo participativo y criterio experto.

El Capítulo 3 aborda el concepto de objetos o valores de conservación, al igual que los marcos técnicos para su identificación.

En el Capítulo 4 se consolidan los pasos de los marcos técnicos propuestos para el desarrollo del convenio que incluyen la definición de límites de sostenibilidad, identificación de servicios ecosistémicos y objetos de conservación. Por último, se presentan las conclusiones más importantes del proceso desarrollado en este producto.

Capítulo 1. Revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos sobre límites de sostenibilidad

Ontológicamente, la evaluación de la sostenibilidad en un sistema (ya sea ambiental o socioeconómico) busca la determinación de la capacidad de carga y de esta forma definir límites y/o umbrales de sostenibilidad. Por consiguiente, el actual capítulo presenta la revisión de estudios técnicos y científicos relacionados con la evaluación de la sostenibilidad. El capítulo inicia brindando una descripción acerca del concepto de sostenibilidad. Luego se detalla la metodología de búsqueda de referencias bibliográficas utilizada y en función de los resultados obtenidos, se presentan los marcos metodológicos de más amplio uso en la evaluación de la sostenibilidad de Cuencas hidrográficas.

1.1 Sostenibilidad

De acuerdo con Sala et al. (2015), en la actualidad no existe un consenso sobre el concepto de sostenibilidad. Un ejemplo de ello es el hecho de que, las definiciones de mayor uso en la literatura corresponden realmente a la definición de desarrollo sostenible (Wu et al. 2015; Sala et al. 2015; Juwana et al. 2012; Waas et al. 2014). A continuación, se presentan algunas de las definiciones que pueden encontrarse en la literatura.

- Satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Brundtland, 1987).

- Maximizar simultáneamente los objetivos del sistema biológico (diversidad genética, resiliencia, productividad biológica), los objetivos del sistema económico (satisfacción de necesidades básicas, mejora de la equidad, aumento de bienes y servicios útiles) y los objetivos del sistema social (diversidad cultural, sostenibilidad institucional, justicia, participación) (Barbier, 1987).

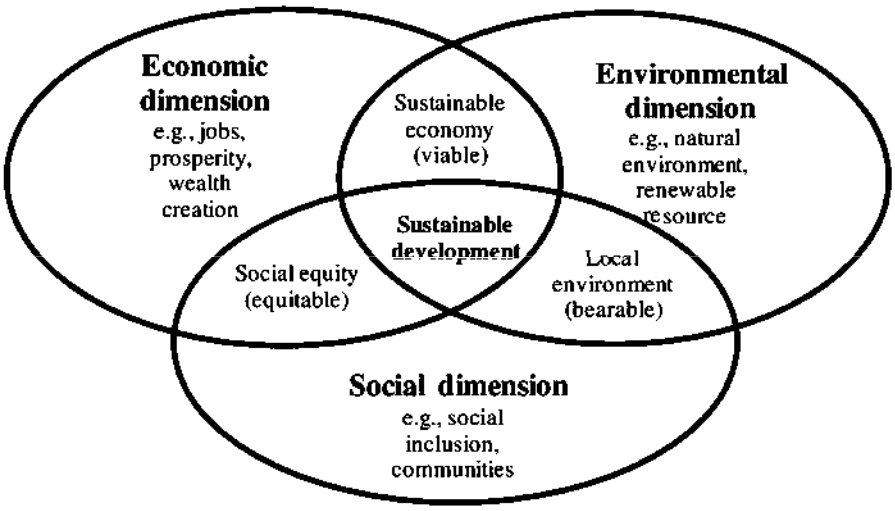
- Satisfacer las necesidades humanas conservando los sistemas de sustento de la vida de la Tierra y reduciendo el hambre y la pobreza (Palmer et al., 2005).

Desde un punto de vista abstracto, la sostenibilidad significa la capacidad de mantener alguna entidad, resultado o proceso a lo largo del tiempo (Basiago, 1998). Cuando el concepto de sostenibilidad se pone en foco de las actividades humanas, surgen definiciones como la de Stoddart (2011) quien define la sostenibilidad como la distribución eficiente y equitativa de recursos intrageneracionales e intergeneracionalmente con la operación de actividades socioeconómicas dentro de los confines de un ecosistema finito; o definiciones como la de Ben-Eli (2015) quien ve la sostenibilidad como un equilibrio dinámico en el proceso de interacción entre la población y la capacidad de carga de su entorno, de manera que la población se desarrolla para expresar todo su potencial sin producir efectos adversos irreversibles sobre la capacidad de carga del medio ambiente del cual se depende (Mensah, 2019).

La amplia variedad de acepciones en torno a la sostenibilidad deja en claro que este es un concepto que aún se encuentra en desarrollo. Sin embargo, en la opinión de Porter & Linde (1995) las definiciones que hacen referencia a la satisfacción de las necesidades de la sociedad, desde una perspectiva equivalente entre lo ambiental, lo económico y lo social, seguirán siendo las de mayor

uso. Esto permite introducir las tres esferas o dominios de sostenibilidad que describen las relaciones entre los aspectos ambientales, económicos y sociales (ver Figura 5) (Mensah, 2019).

Figura 5. Relaciones entre sostenibilidad social, ambiental y económica



Fuente: Leat et al. (2011)

La sostenibilidad ambiental trata acerca del entorno natural y de cómo éste sigue siendo productivo y resistente para sustentar la vida humana. La sostenibilidad ambiental se relaciona con la integridad del ecosistema y la capacidad de carga del entorno natural (Brodhag & Taliere, 2006). Por su parte, la sostenibilidad social abarca nociones de equidad, empoderamiento, accesibilidad, participación, identidad cultural y estabilidad institucional (Daly, 1992). La sostenibilidad social implica que las personas importan, ya que el desarrollo se trata de personas (Benaim et al., 2008). Por último, la sostenibilidad económica hace referencia a un sistema de producción que satisface los niveles de consumo presentes sin comprometer las necesidades futuras (Lobo et al., 2015).

Mensah (2019), cita un ejemplo dado por Khan (1995) y Basiago (1998) el cual ilustra las relaciones entre la sostenibilidad económica, social y ambiental, argumentando que los tres dominios deben integrarse por el bien de la sostenibilidad.

"*Si un hombre en un área geográfica determinada carece de trabajo (económico), es probable que sea pobre y carezca de derechos (social); si es pobre y está privado de sus derechos, tiene un incentivo para participar en prácticas que dañan la ecología, por ejemplo, cortando árboles para leña para cocinar sus comidas y calentar su hogar (ambiental). Como sus acciones se suman a las de otros en su región talando árboles, la deforestación hará que se pierdan minerales vitales del suelo (ambiental). Si se pierden minerales vitales del suelo, los habitantes se verán privados de los nutrientes dietéticos necesarios para mantener el rendimiento intelectual necesario para aprender nuevas tecnologías, por ejemplo, cómo operar una computadora, y esto hará que la productividad se reduzca o se estanque (económico). Si la productividad se estanca (económica), la gente pobre seguirá siendo aún más pobre (social)".*

El ejemplo que proporciona Khan (1995) y Basiago (1998) ilustra los vínculos entre los tres dominios interconectados de la sostenibilidad. Mensah (2019) puntualiza que, si bien el ejemplo puede haber

sido demasiado simplificado, contextualiza cómo los sustratos económicos, sociales y ambientales de la sostenibilidad se relacionan entre sí y pueden fomentar el desarrollo sostenible.

Según Wu et al. (2015) la definición de sostenibilidad que se establezca en un estudio de evaluación de la sostenibilidad resulta ser de gran importancia dado que el concepto adoptado reflejará los intereses desde la perspectiva de las partes interesadas (autoridad ambiental, tomadores de decisiones, comunidad, sectores productivos, etc.) que coexisten en el área de interés, así como también la decisión sobre la condición a la cual se llevará el sistema.

En el contexto colombiano, si bien no se ha definido de manera explícita el concepto de sostenibilidad, si se ha definido el concepto de desarrollo sostenible. A través de la Ley 99 del 1993, por la que se crea el Ministerio de Medio Ambiente "Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades".

Dada la ambigüedad que aún existe sobre el concepto de sostenibilidad, a continuación, se propone una definición propia para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, la cual incorpora elementos del concepto de desarrollo sostenible descrito en la Ley 99 del 1993, de acuerdo con el objetivo y alcance del proyecto.

"*Distribución y uso eficiente y equitativo de los recursos naturales, de tal forma que no se produzcan efectos adversos sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales de las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte, que permitan garantizar en el tiempo la permanencia de los objetos de conservación y servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte valorados por sus comunidades y que propicien el crecimiento económico, la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social de las comunidades*".

Por lo tanto, la anterior definición será usada para orientar el marco técnico para la evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte.

1.2 Metodología de búsqueda de estudios técnicos y científicos sobre límites de sostenibilidad

La revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos que abordan la evaluación de la sostenibilidad se realizó a partir de las bases de datos de Scopus, estableciendo diferentes ecuaciones de búsqueda haciendo uso de palabras claves como "sostenibilidad", "salud de cuencas", "indicadores de sostenibilidad", entre otras. Inicialmente, la búsqueda se restringió a secciones como título, palabras claves y resumen. De todos modos, se realizaron búsquedas sin restringir campos en los artículos. A continuación, se presentan las ecuaciones de búsqueda implementadas.

Tabla 3. Ecuaciones de búsqueda propuestas para la localización de estudios técnicos y científicos en el marco de la sostenibilidad

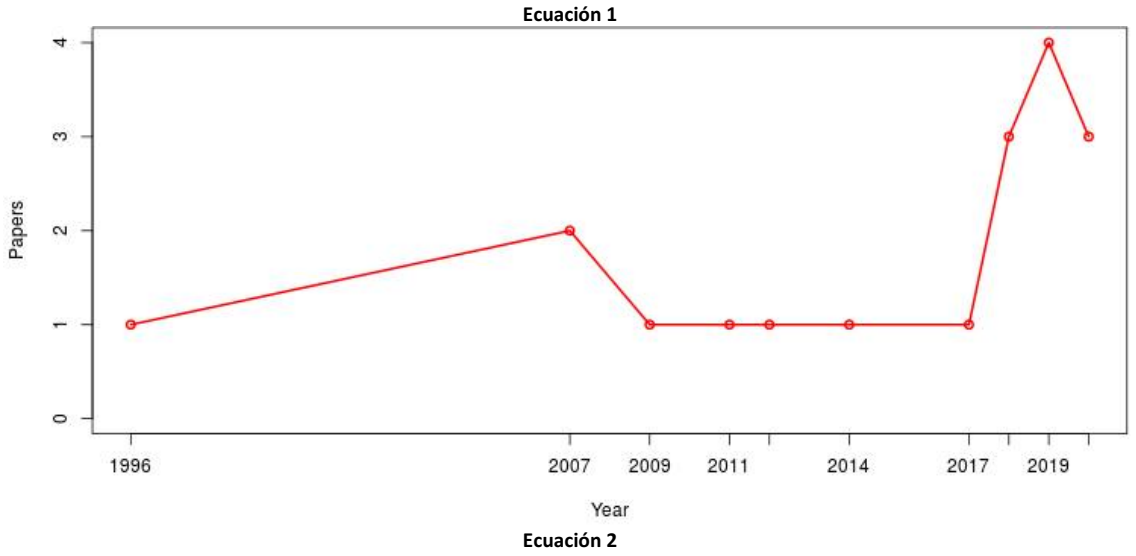
ID	Ecuación de Búsqueda	Resultados
1	TITLE-ABS-KEY("Basin Sustainability")	18
2	TITLE-ABS-KEY("River Sustainability")	17
3	TITLE-ABS-KEY("sustainability") AND TITLE-ABS-KEY("Basin") AND TITLE-ABS-KEY("River") AND TITLE-ABS-KEY(Indicator* OR Index*) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"SOCI") OR	377

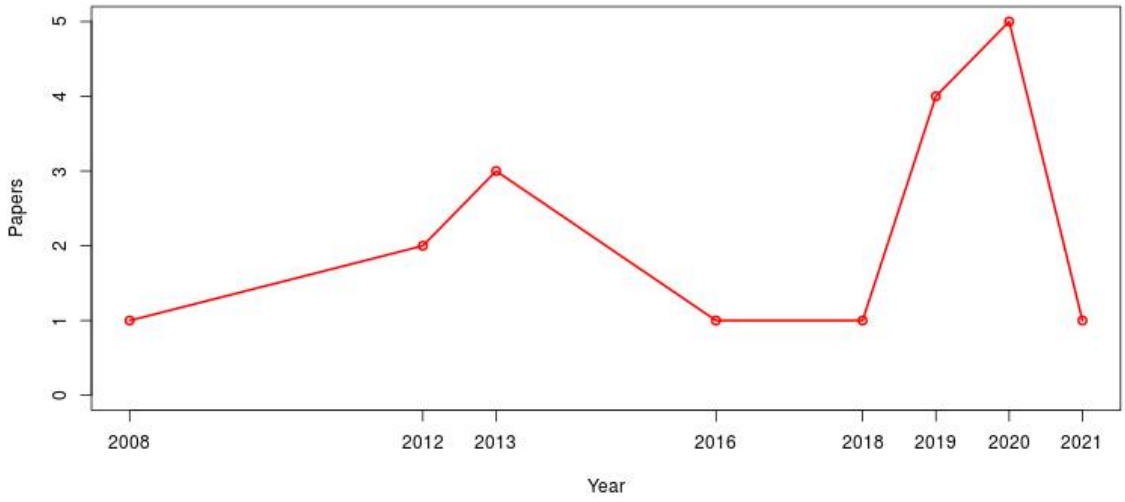
ID	Ecuación de Búsqueda	Resultados
	LIMIT-TO (SUBJAREA,"AGRI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"EART") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"ECON") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"MULT") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENGI") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"MEDI") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"PSYC") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"COMP") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"ARTS") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"NURS"))	
4	ALL (“Sustainability assessment”) AND ALL(Sustainability Indicator* OR Sustainability Index*) AND ALL("Basin") AND ALL("River") AND (LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"SOCI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"AGRI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"EART") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"ECON") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"MULT") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENGI") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"MEDI") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"PSYC") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"COMP") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"ARTS") OR EXCLUDE (SUBJAREA,"NURS"))	1717
5	ALL("Basin Sustainability" OR "River Sustainability")	146
6	TITLE-ABS-KEY-AUTH ("Basin Sustainability" OR "River Sustainability" OR "Basin health" OR "River health")	668
7	ALL ("basin sustainability" OR "river sustainability" OR "watershed sustainability" OR "watershed health" OR "basin health" OR "river health") AND ALL("index" OR "indicator") AND ALL("Dams" OR "Hydropower")	1241
8	ALL ("basin sustainability" OR "river sustainability" OR "watershed sustainability" OR "watershed health" OR "basin health" OR "river health") AND TITLE-ABS-KEY-AUTH ("index" OR "indicator") AND TITLE-ABS-KEY-AUTH ("Dams" OR "Hydropower")	126

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

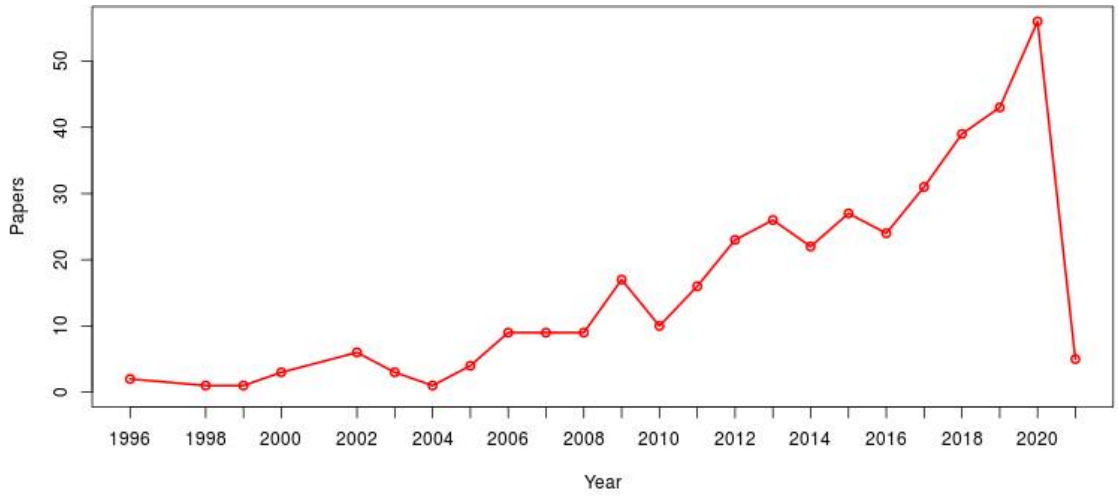
En varias de las ecuaciones de búsqueda propuestas, se identificaron más de 100 artículos, por lo que fue necesario realizar un análisis bibliométrico para depurar la búsqueda. Con ayuda de la herramienta Core of Science (Valencia-Hernandez et al., 2020) se realizó una priorización de los artículos, seleccionando los más relevantes de acuerdo con la frecuencia de las palabras utilizadas en el artículo, el año de publicación, relación entre autores, entre otras características. A continuación, en la Figura 6 y Figura 7 se presenta un resumen de la línea de tiempo y de las revistas relacionadas respetivamente.

Figura 6. Cantidad de papers por año obtenidos de ecuaciones establecidas en Scopus

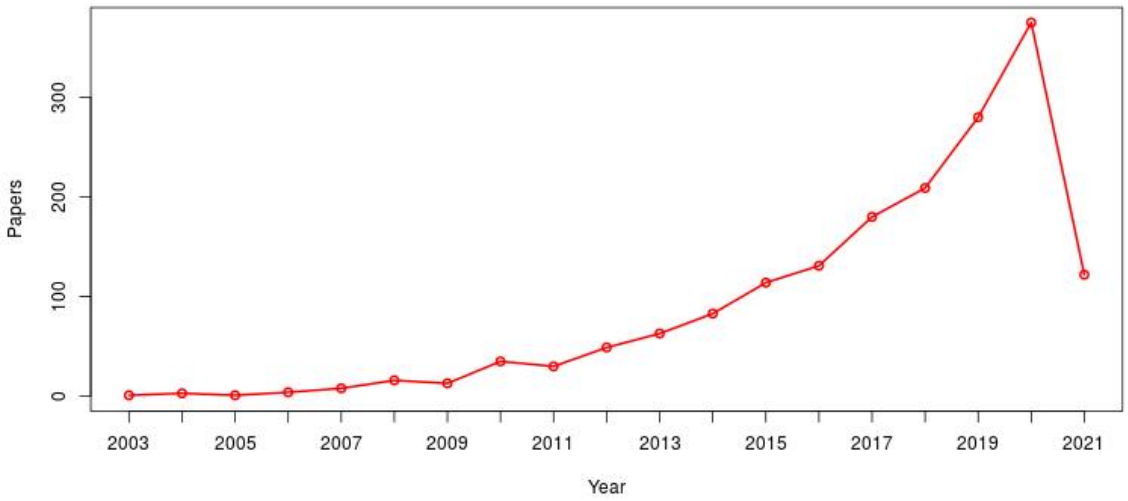




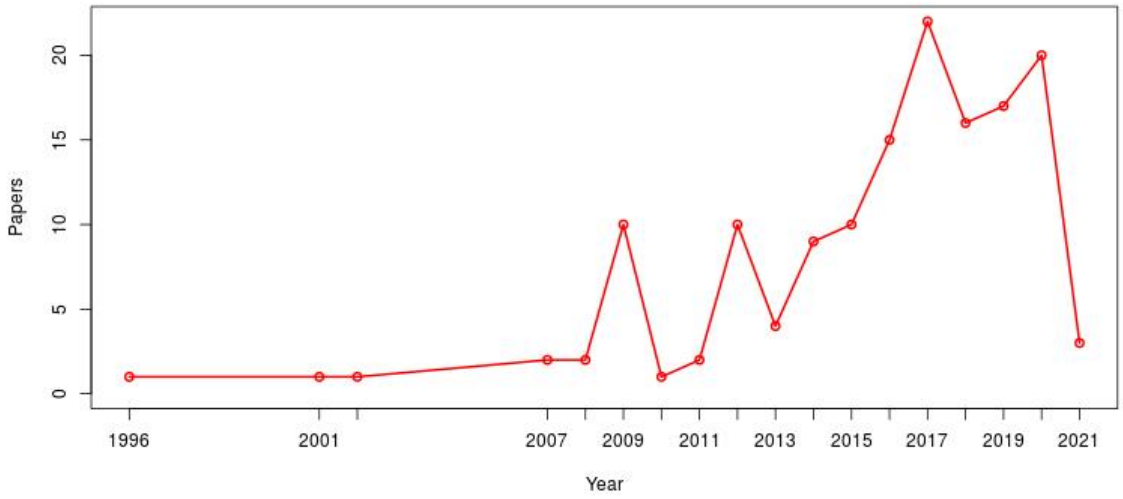
Ecuación 3



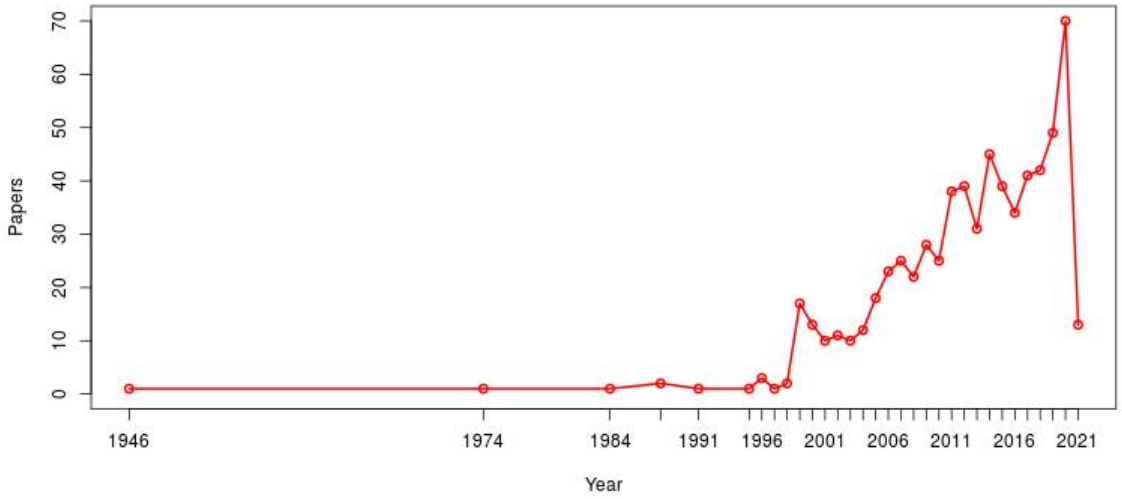
Ecuación 4



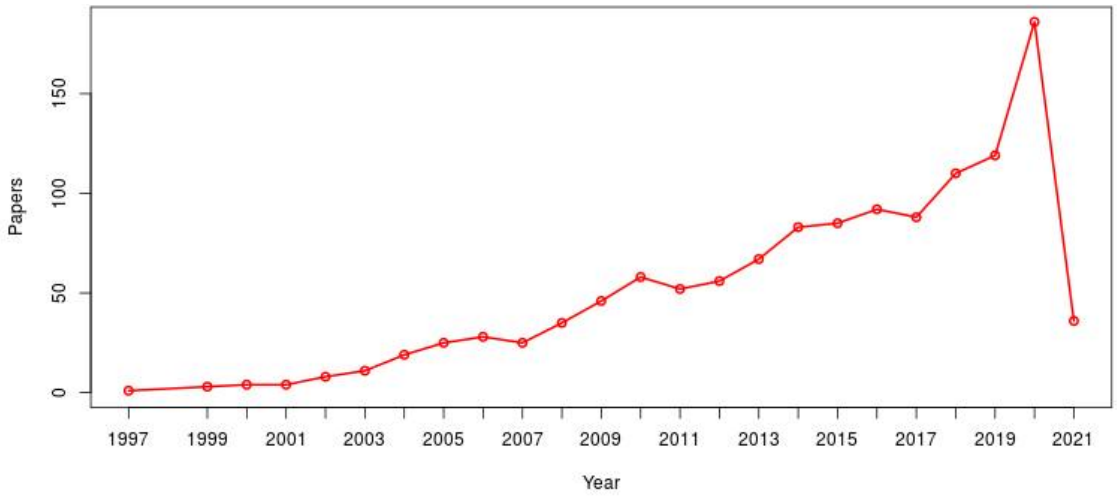
Ecuación 5



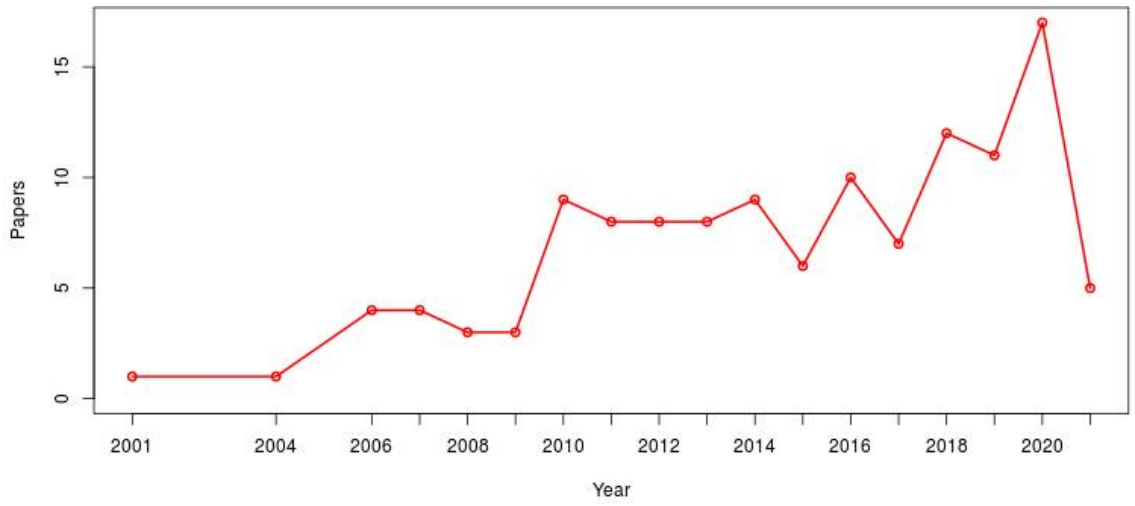
Ecuación 6



Ecuación 7



Ecuación 8



Fuente: Generadas mediante Core of Science - https://coreofscience.shinyapps.io/scientometrics/

Figura 7. Journals con publicaciones asociados a sostenibilidad obtenidos con las ecuaciones de búsqueda

Ecuación 1

Journal	Freq
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	2
34TH IAHR CONGRESS 2011 - BALANCE AND UNCERTAINTY: WATER IN A CHANGING WORLD, INCORPORATING THE 33RD HYDROLOGY AND WATER RESOURCES SYMPOSIUM AND THE 10TH CONFERENCE ON HYDRAULICS IN WATER ENGINEERING	1
APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH	1
ECOLOGICAL INFORMATICS	1
ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	1
HYDROGEOLOGY JOURNAL	1
IAHS-AISH PUBLICATION	1
INTEGRATED RIVER BASIN MANAGEMENT THROUGH DECENTRALIZATION	1
INTERNATIONAL JOURNAL OF RIVER BASIN MANAGEMENT	1
JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION	1

Ecuación 2

Journal	Freq
IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE	2
ASSESSING AND MANAGING GROUNDWATER IN DIFFERENT ENVIRONMENT	1
CITIES	1
ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES	1
ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS	1
IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING	1
JOURNAL OF HYDROLOGY	1
JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES	1
JOURNAL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY, WATER AND ENVIRONMENT SYSTEMS	1
RIVER RESTORATION: MANAGING THE UNCERTAINTY IN RESTORING PHYSICAL HABITAT	1

Ecuación 3

Journal	Freq
SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	18
WATER RESOURCES MANAGEMENT	18
ECOLOGICAL INDICATORS	16
JOURNAL OF HYDROLOGY	16
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	15
WATER (SWITZERLAND)	12
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	11
SHENGTAI XUEBAO/ ACTA ECOLOGICA SINICA	9
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	8
IAHS-AISH PUBLICATION	7

Ecuación 4

Journal	Freq
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	132
SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	129
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	85
ECOLOGICAL INDICATORS	75
WATER (SWITZERLAND)	72
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	41
JOURNAL OF HYDROLOGY	29
WATER RESOURCES MANAGEMENT	22
LAND USE POLICY	21
ECOLOGY AND SOCIETY	18

Ecuación 5

Journal	Freq
SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	6
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	5
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	5
WATER (SWITZERLAND)	5
ECOLOGICAL INFORMATICS	4
ECOLOGICAL MODELLING	4
CLEAN TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL POLICY	3
ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES	3
HYDROGEOLOGY JOURNAL	3
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	3

Ecuación 6

Journal	Freq
ECOLOGICAL INDICATORS	30
SHUILI XUEBAO/JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING	22
FRESHWATER BIOLOGY	19
SHENGTAI XUEBAO/ ACTA ECOLOGICA SINICA	18
MARINE AND FRESHWATER RESEARCH	15
RIVER RESEARCH AND APPLICATIONS	13
WATER (SWITZERLAND)	12
AFRICAN JOURNAL OF AQUATIC SCIENCE	11
HYDROBIOLOGIA	11
WATER SA	11

Ecuación 7

Ecuación 8

Journal	Freq
ECOLOGICAL INDICATORS	61
RIVER RESEARCH AND APPLICATIONS	42
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	39
HYDROBIOLOGIA	36
FRESHWATER BIOLOGY	33
WATER (SWITZERLAND)	29
ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT	26
MARINE AND FRESHWATER RESEARCH	23
JOURNAL OF HYDROLOGY	20
ECOLOGICAL ENGINEERING	19

Journal	Freq
ECOLOGICAL INDICATORS	13
JOURNAL OF HYDROLOGY	6
SHUILI FADIAN XUEBAO/JOURNAL OF HYDROELECTRIC ENGINEERING	5
ECOLOGICAL ENGINEERING	4
RIVER RESEARCH AND APPLICATIONS	4
SHENGTAI XUEBAO/ ACTA ECOLOGICA SINICA	4
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	3
WATER (SWITZERLAND)	3
ADVANCES IN WATER RESOURCES	2
AQUATIC LIVING RESOURCES	2

Fuente: Generadas mediante Core of Science - https://coreofscience.shinyapps.io/scientometrics/

Haciendo uso de los resultados depurados con la herramienta Core of Science, se inició un proceso de selección a partir del contenido del título y del resumen de los estudios. Al final, se revisaron 180 artículos científicos los cuales se consideraron relevantes para la estimación de la sostenibilidad en cuencas hidrográficas.

1.3 Marcos metodológicos para la evaluación de la sostenibilidad

La evaluación de la sostenibilidad es uno de los tipos más complejos de metodologías de evaluación, pues no solo incluye aspectos multidisciplinares (ambientales, económicos y sociales), sino también elementos culturales y basados en valores (Sala et al., 2015; Sala et al., 2013). Desde la ciencia de la sostenibilidad, se identifican diversos enfoques metodológicos para su evaluación. Poveda (2017) en su libro "*Sustainability Assessment: A Rating System Framework For Best Practices"* presenta las metodologías, modelos y enfoques para la evaluación de la sostenibilidad (ver Tabla 4), las cuales se pueden agrupar de la siguiente manera: Marcos de evaluación, herramientas participativas, análisis de escenarios, análisis multicriterio, análisis de costo-beneficio, análisis de costo-efectividad, herramientas de modelado y herramientas de contabilidad, análisis físico y conjuntos de indicadores.

Tabla 4. Metodologías, modelos y enfoques para la evaluación de la sostenibilidad

Grupo	Herramienta de desarrollo sostenible (metodologías, modelos, enfoques y evaluaciones)
Marcos de evaluación	Sistema de evaluación de impacto de la UE
	Evaluación de impacto ambiental
	Evaluación Ambiental Estratégica
	Evaluación de sostenibilidad integrada / Gestión de transición
Herramientas participativas	Grupos focales electrónicos
	Herramientas para informar debates, diálogos y deliberaciones
	Conferencia de consenso
	Técnica de cuadrícula de repertorio
	Backcasting interactivo
	Grupo de enfoque
	Encuesta Delphi
	Entrevistas en profundidad
	Jurado ciudadano
Análisis de escenarios	Tendencias
	Impacto cruzado
	Árboles de relevancia y análisis morfológico
	Modelado, simulación, formación
	Lluvia de ideas interactiva
	Talleres de escenarios
	Modelo de gestión integral de la prospectiva

Grupo	Herramienta de desarrollo sostenible (metodologías, modelos, enfoques y evaluaciones)
	Método de clasificación
Análisis multicriterio	Teoría del valor de múltiples atributos
	Suma ponderada
	Proceso de jerarquía analítica
	Método de organización de clasificación de preferencias para evaluaciones de enriquecimiento
	Enfoque novedoso para entornos imprecisos de evaluación y decisión
	Método de dominancia
	Software para MCA
Análisis de costo-beneficio y análisis de costo-efectividad	Análisis coste-beneficio
	Gastos de viaje
	Precios hedónicos
	Costo de la enfermedad
	Valoración contingente
	Evitar gastos
	Comportamiento contingente
	Métodos de mercado
	Preguntas de elección conjunta
	Análisis de costo-efectividad
Herramientas de modelado	Familia de modelos socioeconómicos
	Modelos de economía general
	Modelos demográficos
	Modelos de salud pública
	Modelos económicos parciales
	Familia de modelos biofísicos
	Modelos climáticos
	Modelos de biogeoquímica
	Modelos hidrológicos
	Familia de modelos integrados
	Modelos de uso del suelo
	Modelos de evaluación integrados
	Modelos de análisis de sistemas cualitativos
	Herramientas de planificación y creación de escenarios
Herramientas de contabilidad, análisis físico y conjuntos de indicadores	Medida de bienestar económico
	Renta nacional sostenible
	Ahorros genuinos
	Matriz de contabilidad nacional que incluye cuentas ambientales
	Índice de bienestar económico sostenible
	Huella ecológica
	Contabilidad global del uso de la tierra
	MFA en toda la economía
	Evaluación del ciclo de vida
	Conjuntos de indicadores para evaluaciones
	Evaluación de la vulnerabilidad: enfoque de sensibilidad a los medios de vida

Fuente: Poveda (2017)

Seguidamente, se describen algunos marcos metodológicos para la evaluación de la sostenibilidad, sin considerar enfoque alguno. Por tanto, los marcos que se describen a continuación son aplicados en el contexto ambientales, económicos o incluso en el análisis de procesos.

- **Estudio de impacto ambiental (EIA):** El análisis de impacto ambiental se desarrolló en 1969 bajo la Ley de Política Ambiental Nacional (NEPA) en los Estados Unidos y luego se extendió globalmente y fue incorporado en las políticas de muchos países incluyendo la colombiana.

El EIA evalúa el impacto físico y social de los proyectos, y su principal objetivo es tomar en consideración e informar a las partes interesadas y tomadores de decisiones sobre las implicaciones ambientales antes de que se tomen las decisiones. Los análisis de impacto social y económico funcionan de manera similar con sus respectivos problemas, y estos dos componentes (social y económico) generalmente se encuentran incluidos dentro del análisis de impacto ambiental. Si bien la herramienta permite a los usuarios tomar en consideración los diferentes impactos durante el proceso de toma de decisiones, existen algunas limitaciones en las áreas de predicción del impacto, definición y medición, monitoreo, uso de métodos específicos y consulta y participación (Brandon & Lombardi, 2011; Poveda, 2017).

- **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE):** El EIA presenta un desafío específico porque su aplicación se limita a un proyecto particular. La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa recomendó la extensión del EIA como una evaluación integrada de políticas, planes y programas (APP) y lo llamo EAE. Una diferencia con el EIA, es que este se centra principalmente en el nivel de proyecto, mientras que el EAE tiene como objetivo desarrollar APP en un nivel superior del proceso de toma de decisiones. Si bien la EAE permite una mayor participación y facilita la participación del público en el proceso de toma de decisiones, la principal debilidad del proceso es que depende del tiempo y los recursos. Otros problemas que pueden surgir se relacionan con los datos, el mecanismo de participación pública y las incertidumbres; además, los aspectos sociales y económicos tienden a quedar fuera (Poveda, 2017).

- **Análisis de costo-beneficio (CBA):** Un análisis de costo-beneficio (CBA) examina los costos y beneficios de un proyecto. En un enfoque de toma de decisiones económicas, a menudo se denomina análisis de costos y beneficios. Este enfoque en particular está destinado a aplicarse en las primeras etapas para determinar la viabilidad económica de un proyecto, midiendo y comparando los costos y beneficios esperados de un conjunto de proyectos que compiten por los recursos. Este enfoque permite a los tomadores de decisiones buscar la alternativa con el mejor rendimiento del capital. El valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) son las herramientas de análisis de capital más comunes. Un CBA proporciona una herramienta sistemática con una base para la comparación entre proyectos utilizando una base común en términos de valor presente. Se han desarrollado técnicas similares para abordar las debilidades encontradas en CBA, mejorando sus fortalezas y/o ofreciendo aplicaciones alternativas, que incluyen: análisis de impacto comunitario, análisis de costo-efectividad, análisis de costo-utilidad, análisis de impacto económico, análisis de retorno social de la inversión y análisis de impacto fiscal (Poveda, 2017).

- **Teoría de los costos de viaje (TCV):** La teoría de los costos de viaje estima los valores de uso económico relacionados con los sitios o ecosistemas utilizados para la recreación. Para un sitio de recreación, el costo de viaje incluye los beneficios o costos económicos que resultan de la adición, cambio en los costos de acceso, eliminación o cambios en la calidad ambiental en un sitio de recreación. Los gastos de tiempo y de viaje cuentan para el precio de acceso al sitio de recreación. Utilizando la idea del mercado de la disposición a pagar por un bien determinado en función de la cantidad demandada a diferentes precios, la teoría del costo de viaje mide la disposición de las personas a pagar para visitar el sitio, en función del número de viajes que realizan a diferentes costos (Poveda, 2017).

- **Evaluación de impacto comunitario (EIC):** Inicialmente conocida como el balance de planificación, la evaluación de impacto comunitario (EIC) fue desarrollada por Lichfield & Prat (1998). Presenta una adaptación del análisis de costo-beneficio para la planificación urbana y regional. Además de proporcionar los costos y beneficios totales de los proyectos. El EIC también evalúa el impacto en otros sectores de la comunidad, ilustrando las implicaciones en la justicia social y la equidad de las decisiones tomadas (Lichfield & Prat, 1998). Si bien la fortaleza de la EIC se basa en la participación de las partes interesadas y el papel de la comunidad, la debilidad surge en los procesos de selección de datos utilizados para la evaluación y clasificación de los impactos sociales (Poveda, 2017).

- **Método de valoración contingente (CVM):** El método de valoración contingente (CVM) considera dos criterios diferentes. Para las mejoras ambientales, CVM considera la disposición a pagar. Para la reducción de la calidad ambiental, evalúa la disposición a aceptar. CVM utiliza medidas de utilidad de Hicks al generar estimaciones que se obtienen mediante cuestionarios. Dos aspectos críticos en el CVM son la caracterización de escenarios hipotéticos y el desarrollo de cuestionarios. Se sugiere que los participantes estén familiarizados con el escenario hipotético; de hecho, ciertos escenarios o casos requieren conocimientos especializados. Si bien las fortalezas de CVM son su flexibilidad y capacidad para medir valores de no uso, su principal debilidad es su limitada idoneidad para valorar ecosistemas enteros (Poveda, 2017).

- **Método de fijación de precios hedónico (MFPH):** Se basa en la teoría del consumidor de Lancaster (1966) y Rosen (1974), los cuales desarrollaron el Método de fijación de precios hedónicos, que se utilizan en los ecosistemas y los servicios ambientales para estimar los valores económicos que afectan directamente al mercado (Poveda, 2017).

- **Análisis multicriterio (AMC):** El análisis multicriterio (AMC) presenta un método de valoración alternativo al CBA. Dado que los impactos son difíciles de evaluar en términos monetarios, la técnica de AMC pondera y clasifica los impactos en términos no monetarios. La fortaleza del AMC se basa en tres factores: (1) información presente en los criterios seleccionados; (2) ponderaciones dadas a cada criterio; y (3) acuerdo entre las partes interesadas sobre las ponderaciones asignadas a cada criterio. Los métodos de AMC se pueden clasificar de acuerdo con la regla de decisión utilizada o el tipo de datos manejados. Según la regla de decisión utilizada, existen tres tipos diferentes de métodos: compensatorio, compensatorio parcial y no compensatorio. En un método compensatorio, el desempeño deficiente o bajo en un determinado criterio puede compensarse con el desempeño bueno o alto de otros criterios; y así, un método compensatorio permite aplicar completamente el factor de compensación. Un método de compensación parcial permite una compensación basada en un límite predeterminado. Los métodos no compensatorios no permiten ninguna compensación. Los métodos pueden manejar datos cuantitativos para cada criterio produciendo una suma ponderada. Los métodos cualitativos procesan datos cualitativos, normalmente aplicando un tipo de escalera lógica. Los métodos mixtos tratan los datos a medida que se miden (Poveda, 2017).

- **Intensidad de material por unidad de servicio (IMUS):** La intensidad de material por unidad de servicio (IMUS) se desarrolló en el Instituto Wuppertal en la década de 1990. Para fabricar un producto o prestar un servicio, se debe mover o extraer una cierta cantidad de

material (o masa). IMUS suma el material total para calcular la intensidad total del material de un producto o servicio dividiendo la entrada total de material (IM) por el número de unidades de servicio (US) (Poveda, 2017).

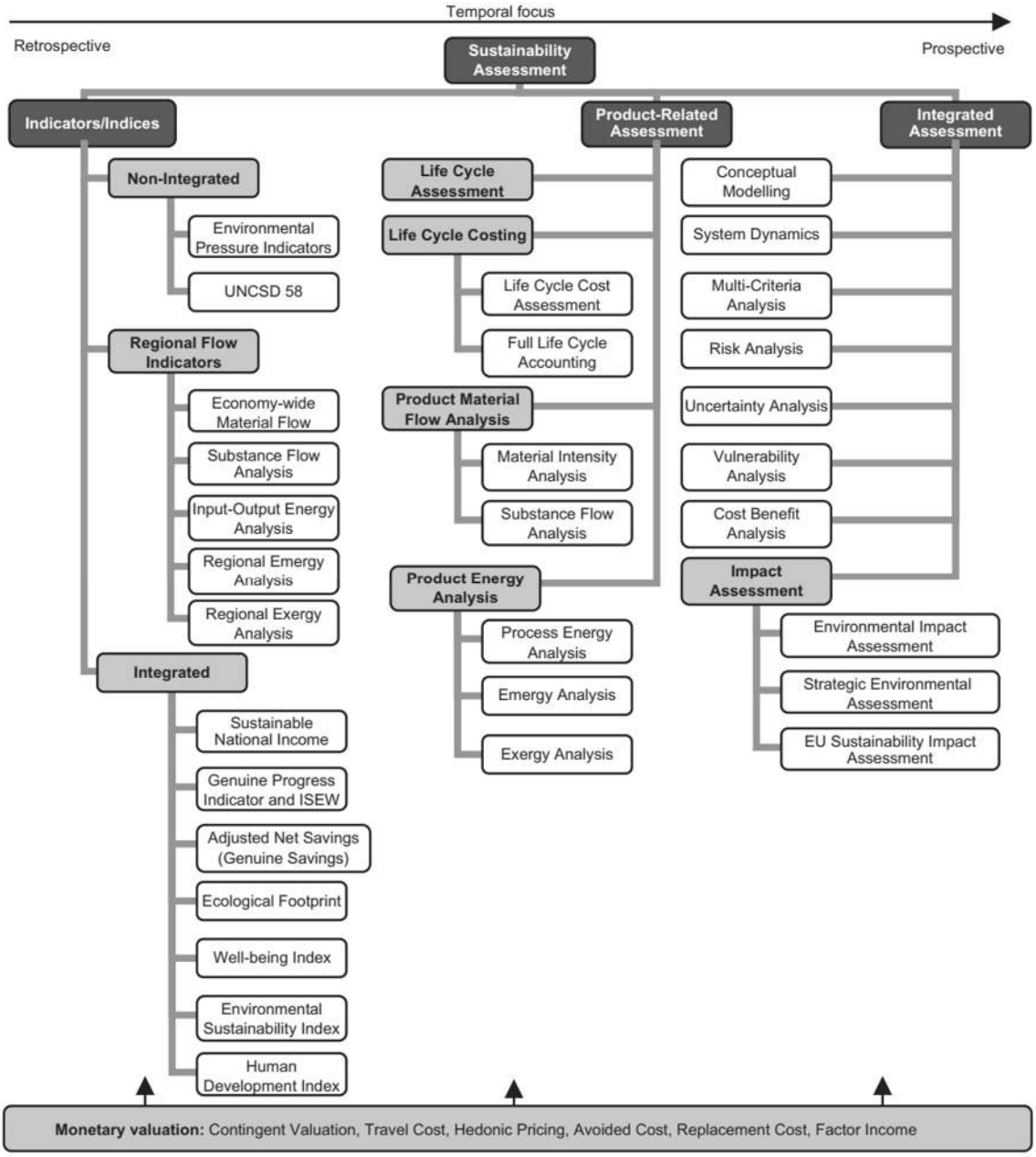
- **Proceso de red analítica (PRA):** El análisis multicriterio ofrece algunas alternativas. El proceso analítico jerárquico (PAJ) ofrece su enfoque más avanzado a través del proceso de red analítica (PRA). La estructura del PRA es una red, mientras que la estructura del PAJ consiste en una jerarquía con un objetivo, criterios de decisión y alternativas. Los principales componentes del PRA son clústeres, elementos, interrelaciones entre clústeres e interrelaciones entre elementos. Brandon & Lombardi (2011) describen las tres etapas principales del proceso: (1) estructuración del modelo de toma de decisiones; (2) desarrollar una comparación por pares de elementos y grupos para establecer relaciones dentro de la estructura; y (3) lograr el conjunto final de prioridades. Ambos procesos, PRA y PAJ, utilizan la comparación por pares para determinar los pesos de los elementos en la estructura y luego clasificar las diferentes alternativas. "El PRA permite la interacción y la retroalimentación dentro y entre los grupos y proporciona un proceso para derivar las prioridades de las escalas de raciones a partir de los elementos" (Brandon & Lombardi 2011; Poveda 2017).

- **Evaluación del ciclo de vida (ECV):** La evaluación del ciclo de vida (ECV) examina un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida para evaluar los impactos ambientales. La metodología ECV se basa en ISO 14040 y BS EN ISO 14041-43. Los principales componentes interconectados de ECV son: definición de objetivos y alcance, inventario del ciclo de vida, evaluación del impacto del ciclo de vida y análisis de mejora (interpretación) (Poveda, 2017).

- **Sistemas de calificación medioambiental y de sostenibilidad (SCMS):** Los sistemas de calificación medioambiental y de sostenibilidad (SCMS) se han diseñado para medir el desempeño, o como algunos lo refieren, el grado de "más verde" - de una variedad de proyectos en la industria de la construcción. Los SCMS respaldan el proceso de toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto o para ciertas fases de un proyecto. En la práctica común, el diseñador no tiene mucha interacción con el constructor; sin embargo, lograr los objetivos de sostenibilidad requiere un esfuerzo integrado entre las partes involucradas, independientemente del método de ejecución del proyecto utilizado (por ejemplo, diseño-construcción de licitaciones, diseño-construcción, ejecución integrada del proyecto). Un enfoque integrado ayuda al proceso de toma de decisiones y minimiza los errores de diseño y construcción, entre otros beneficios (Poveda, 2017).

La **Figura 8** presenta una clasificación de herramientas de evaluación de la sostenibilidad, basada en su enfoque temporal y su objeto de enfoque. La flecha en la parte superior del marco muestra el enfoque temporal, que va desde enfoques retrospectivos (indicadores / índices) a prospectivos (evaluación integrada) pasando por una combinación de ambos (evaluación relacionada con el producto). El objeto de enfoque de las herramientas es espacial, refiriéndose a un cambio propuesto en la política (indicadores / índices y evaluación integrada), o a nivel de producto (evaluación relacionada con el producto). Las herramientas de valoración monetaria en la parte inferior se utilizan cuando se necesitan valoraciones monetarias en las herramientas anteriores.

Figura 8. Marco de herramientas de evaluación de la sostenibilidad



Fuente: Brinkhoff (2011) y Poveda (2017)

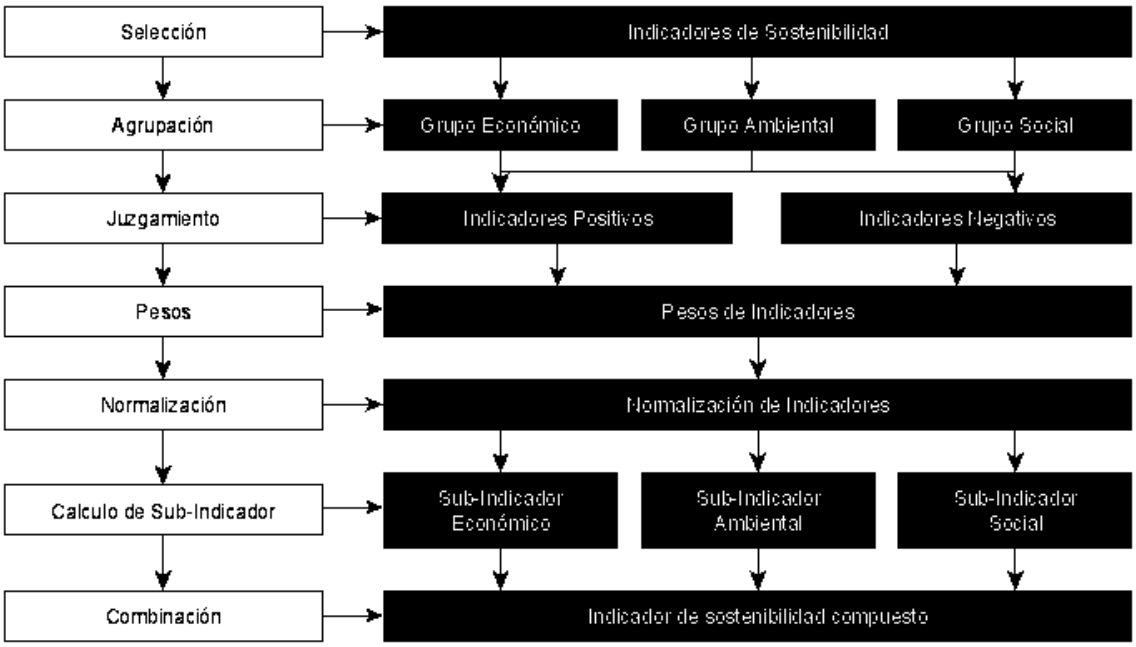
A nivel ambiental, específicamente en sistemas hídricos, existe un común acuerdo en la evaluación de la sostenibilidad a través de la metodología de Análisis de Criterios Múltiples (ACM) (Brinkhoff, 2011; Sandoval-Solis et al., 2011; Juwana et al., 2012; Pintér et al., 2012; Brandt et al., 2013; Rinaldi et al., 2013; Kumar & Katoch, 2014; Waas et al., 2014; Wagenhals et al., 2014; Xia et al., 2014, Chaves & Alipaz, 2007; Vollmer et al., 2016; Oxley & Mays, 2017; Liang et al., 2018; Kefayati et al., 2018; Pourmoghadam et al., 2019; D'Ambrosio et al., 2020; Carvalho & Cabral, 2020). Como resultado del uso de esta metodología se han desarrollado diversos indicadores para la evaluación de la sostenibilidad en cuencas, los cuales integran aspectos económicos, sociales y ambientales como

por ejemplo el Índice de Sostenibilidad de Cuencas, el Índice de Sostenibilidad Ambiental, los Indicadores de Sostenibilidad Corporativa y el Barómetro de la Sostenibilidad (Juwana et al., 2012).

Como parte de la revisión realizada, se identificó que, los marcos metodológicos desarrollados por Wu et al. (2015) y Petrosyan (2010) y los lineamientos para la evaluación de la sostenibilidad mediante indicadores definidos por Juwana et al. (2012), consolidan de manera general, todos los componentes para la evaluación de la sostenibilidad en cuencas hidrográficas mediante la metodología ACM. Por tal razón, el marco metodológico que se propone para la evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur corresponde a una combinación de los marcos propuestos por Wu et al. (2015) y Petrosyan (2010). A continuación, se describe cada uno de ellos.

El marco metodológico que presenta Petrosyan (2010) plantea 7 etapas: (1) selección de indicadores por dimensión, (2) agrupación de indicadores por dimensión, (3) clasificación de indicadores por tipo de impacto, (4) definición de pesos de indicadores, (5) normalización de indicadores, (6) cálculo de subindicadores por dimensión y (7) creación de índice de sostenibilidad compuesto. La Figura 9 presenta el resumen del esquema metodológico propuesto por Petrosyan (2010).

Figura 9. Esquema para el cálculo del índice de desarrollo sostenible compuesto



Fuente: Adaptado de Petrosyan (2010)

Wu et al. (2015) por su parte, propone el Método de Análisis de Procesos o metodología PAM por sus siglas en inglés, como marco para la evaluación de la sostenibilidad. A nivel general, el marco metodológico que implementa Wu et al. (2015) consiste en 5 pasos:

- **Paso 1 - Descripción general del sistema fluvial**: Consiste en una revisión detallada de las funciones del río y las interconexiones entre la salud de los ríos y el estado socioeconómico de la cuenca.

- **Paso 2 - Definición de la sostenibilidad de los ríos**: Este paso hace referencia a la selección de una definición apropiada del término sostenibilidad para el estudio. Wu et al. (2015) sugiere definir el concepto basado en las cinco perspectivas inherentes al concepto de la sostenibilidad de los ríos que fueron identificadas por él: (1) Suficiencia en la disponibilidad del agua, (2) resiliencia a los riesgos relacionados con el agua, (3) acceso al suministro de agua y otros servicios, (4) uso productivo del agua y (5) equidad entre diferentes usuarios y generaciones.

    - **Suficiencia**: El sistema fluvial debe tener suficiente cantidad de agua de la calidad requerida para mantener la salud ecológica del río al mismo tiempo que apoya los asentamientos sociales y actividades económicas dentro de la cuenca hidrográfica.

    - **Resiliencia**: Un sistema fluvial debe tener la capacidad de responder a una perturbación, ya sea por modificaciones en su régimen de caudales, o por contaminación del agua, resistir el daño y recuperarse rápidamente.

    - **Acceso**: Las comunidades deben tener un acceso adecuado a los servicios que brinda el río, tales como suministro de agua (incluida agua potable) y saneamiento, recreación y transporte, con el fin de cumplir con los requisitos esenciales para garantizar el bienestar de las comunidades.

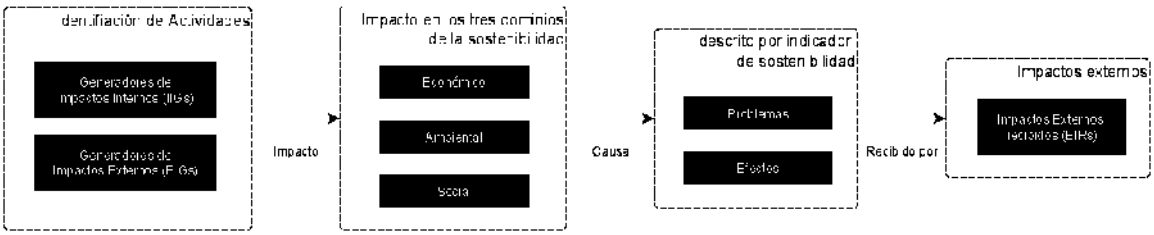
    - **Productividad**: Los recursos hídricos deben utilizarse de manera productiva y eficiente para proporcionar el desarrollo socioeconómico de la cuenca.

    - **Equidad**: La equidad inherente a la sustentabilidad tiene dos vertientes, equidad intrageneracional y equidad intergeneracional. La equidad intrageneracional se refiere a los beneficios que surgen del uso humano del sistema fluvial y deben ser distribuidos entre los distintos grupos de interés. La equidad intergeneracional revela los posibles conflictos entre las generaciones actuales y futuras.

- **Paso 3 - Configuración de límites del sistema**: Este paso consiste en acotar el dominio temporal y espacial de análisis.

- **Paso 4 - Método de Análisis de Procesos o metodología PAM**: Este método considera el impacto del sistema fluvial sobre los dominios ambientales, sociales y económicos. Para esto se consideran las actividades que tienen impactos en la sostenibilidad de los ríos, a los cuales Wu et al. (2015) denomina como generadores de impacto. Los generadores de impacto pueden ser internos (se refieren a actividades dentro del cuenca - IIG), o externos (más allá de los límites del sistema - AIE). Los impactos de los IIG y AIE se describen mediante indicadores de sostenibilidad. Finalmente, los receptores de los impactos se denominan receptores de impactos externos (EIR). La Figura 10 ilustra el método PAM.

Figura 10. Marco de evaluación de la sostenibilidad PAM



Fuente: Adaptado de Wu et al. (2015)

- **Paso 5 - Verificación:** El último paso es verificar el análisis y las conclusiones obtenidas aplicando el marco de evaluación de la sostenibilidad.

A nivel general, ambos marcos metodológicos estructuran el problema de la sostenibilidad en términos de criterios de evaluación (indicadores económicos, sociales y ambientales), para luego en función de estos, generar un juicio de valor en términos de la sostenibilidad. Esta forma de abordar el problema de la sostenibilidad será la usada para la estructuración del marco metodológico de evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Capítulo 2. Revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos sobre identificación de servicios ecosistémicos

En este capítulo se presenta la revisión de estudios técnicos y científicos relacionados con la identificación de servicios ecosistémicos. El capítulo inicia brindado una descripción de servicios ecosistémicos, para luego presentar la metodología de revisión bibliográfica. Por último, en función de los resultados obtenidos, se presentan los marcos metodológicos de más amplio uso en la identificación de servicios ecosistémicos.

2.1 Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos tienen que ver con el conjunto de propiedades ambientales que se derivan de estructuras y procesos, los cuales se organizan desde un punto de vista antropocéntrico, por ser útiles y necesarios para el bienestar humano. A partir de esto, se dice que los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Desde un punto de vista económico, pueden entenderse como "flujos de valor para las sociedades humanas como resultado del estado y cantidad del capital natural"(Wallis et al., 2011; Chicharo et al., 2015).

Si bien, la noción de servicio ecosistémico se comprende muy bien, Häyhä & Franzese, (2014) plantean que la definición en si aún está evolucionando, por lo que hasta estos momentos existen varias acepciones que son utilizadas para describir este concepto.

Tabla 5. Acepciones del concepto de servicios ecosistémicos

Definición de servicios ecosistémicos	Fuente
Las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los componen, sostienen y satisfacen la vida humana.	Daily (1997)
Los beneficios que las poblaciones humanas derivan, directa o indirectamente, de las funciones del ecosistema	Costanza et al. (1997)
Beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas	Reid et al. (2005)
Los servicios ecosistémicos finales son componentes de la naturaleza que se disfrutan, consumen o utilizan directamente para generar bienestar humano.	Boyd & Banzhaf (2007)
Los aspectos de los ecosistemas utilizados (activa o pasivamente) para producir bienestar humano	Fisher et al. (2009)
Contribución de los ecosistemas al bienestar humano	Wittmer & Gundimeda (2017)
Contribuciones de la estructura y función del ecosistema, en combinación con otros insumos, al bienestar humano	Burkhard et al. (2012)

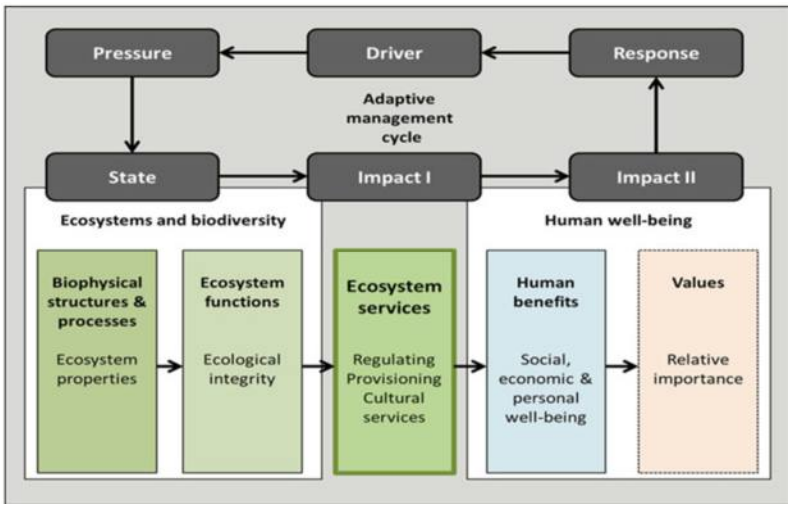
Fuente: Häyhä & Franzese (2014)

Por ejemplo, de acuerdo con la *"Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos"* desarrollada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en el 2012, los servicios ecosistémicos se consideran como los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad. En este sentido, el MADS (2012) menciona que los servicios ecosistémicos han sido reconocidos como el puente de unión entre la biodiversidad y el ser humano. Esto significa que las acciones que históricamente se han realizado para la conservación de la biodiversidad (p.e. áreas protegidas, preservación de especies focales, corredores biológicos, entre otros), no son actividades ajenas al desarrollo, sino que por el contrario, han contribuido significativamente a la provisión de servicios ecosistémicos de los cuales

depende directa e indirectamente el desarrollo de todas las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, así como el bienestar de nuestras sociedades.

Ahora bien, si las definiciones anteriores parecen ser muy similares, existen diferencias en varios puntos. De acuerdo con Chicharo et al. (2015) algunos autores diferencian entre bienes y servicios mientras que en la mayoría de los casos ambos aspectos se unifican en el término servicio. Por otro lado, en algunas definiciones, los servicios ecosistémicos inevitablemente tienden a basarse en las funciones de los ecosistemas y de los procesos biológicos, por lo que algunas secciones del capital natural (por ejemplo, recursos minerales, viento, radiación solar) no se toman en cuenta (Chicharo et al., 2015). En este sentido, los servicios ecosistémicos pueden referirse tanto a las estructuras como a los procesos de un ecosistema. Estos elementos se agrupan en el conjunto de funciones del ecosistema, que pueden derivar el potencial de un ecosistema para proporcionar un determinado servicio como resultado de interacciones intensivas entre unidades estructurales y procesos. La funcionalidad de un ecosistema puede indicarse por su salud o integridad o por conjuntos de otras variables de estado (Jørgensen et al., 2016; Chicharo et al., 2015). Por tanto, las funciones se convierten en servicios si se utilizan para producir un beneficio relacionado con factores sociales, económicos o de bienestar personal. En consecuencia, los servicios son grupos de funciones que se seleccionan debido a su utilidad para la sociedad humana. Si estos servicios tienen una gran importancia, recibirán un alto valor social y su importancia relativa se considerará en gran medida en las compensaciones entre los seres humanos y el medio ambiente. Estos valores serán distintos en diferentes lugares ya que las demandas de los beneficios mencionados varían espacialmente debido a las condiciones especiales del sitio. Tendrán un significado diferente para diferentes grupos de personas debido a sus objetivos y antecedentes específicos. Además, serán diferentes debido a diversos grados de comprensión ecológica, y habrá diferencias temporales debido a la dinámica de presiones especiales sobre las vías de desarrollo sostenible (Chicharo et al., 2015). En este orden de ideas, en la Figura 11 se presenta la cascada de servicios ecosistémicos la cual resulta ser el marco más utilizado en la actualidad para la evaluación de servicios ecosistémicos.

Figura 11. Cascada de servicios ecosistémicos incrustada en el indicador DPSIR adaptativo y el ciclo de gestión después de Haines-Young & Potschin (2009)



Fuente: Chicharo et al. (2015)

La cascada de servicios ecosistémicos demuestra una jerarquía funcional de procesos y estructuras de los ecosistemas que está ordenada para centrarse en las contribuciones (conocidas) de las relaciones de los ecosistemas para proporcionar beneficios a los humanos.

En la literatura se pueden encontrar varios marcos de clasificación de servicios ecosistémicos. Sin embargo, en todas las clasificaciones, se distinguen cuatro grupos de servicios, a saber (Chicharo et al., 2015):

- **Servicios de aprovisionamiento**: comprenden todos los productos y materiales de los procesos del ecosistema que se utilizan para la nutrición humana, el procesamiento y el uso de energía como lo son:
    - Alimentos
    - Productos forestales Maderables
    - Productos forestales no maderables
    - Recursos genéticos
    - Ingredientes naturales, plantas medicinales, productos farmacéuticos y productos cosméticos
- **Servicios de Regulación**: son los beneficios que las personas obtienen debido a la regulación de la naturaleza como, por ejemplo:
    - Regulación hídrica
    - Regulación del clima
    - Control de enfermedades
    - Almacenamiento y captura de carbono
- **Servicios culturales**: son los beneficios intangibles (es decir aspectos no materiales) que las personas obtienen de los ecosistemas. Estos pueden ser en forma de:
    - Experiencias Espirituales
    - Experiencias Religiosas
    - Experiencias Inspiradoras
    - Experiencias Educativas
    - Recreación y turismo
- **Servicios de Soporte**: son los asociados a los procesos ecológicos necesarios para la producción y sostenimiento de los servicios de aprovisionamiento, regulación y culturales, por ejemplo:
    - Formación de suelo
    - Fotosíntesis
    - Ciclo de nutrientes
    - Ciclo del agua

Dado este contexto, para efectos de este estudio, se adopta la definición dada por MAD (2012):

"Servicios ecosistémicos se consideran como los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad"

Por consiguiente, la anterior definición será usada para orientar el marco técnico para la identificación y evaluación de los servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte.

2.2 Metodología de búsqueda de estudios técnicos y científicos sobre evaluación de servicios ecosistémicos

La revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos que abordan la evaluación de servicios ecosistémicos se realizó a partir de las bases de datos de Scopus. Inicialmente se establecieron diferentes ecuaciones de búsqueda definiendo como palabra clave "evaluación de servicios ecosistémicos". Inicialmente, la búsqueda se restringió a secciones como título, palabras claves y resumen. No obstante, también se realizaron búsquedas sin restringir campos en los artículos. A continuación, se presentan las ecuaciones de búsqueda implementadas.

Tabla 6. Ecuaciones de búsqueda propuestas para la localización de estudios técnicos y científicos en el marco de la sostenibilidad

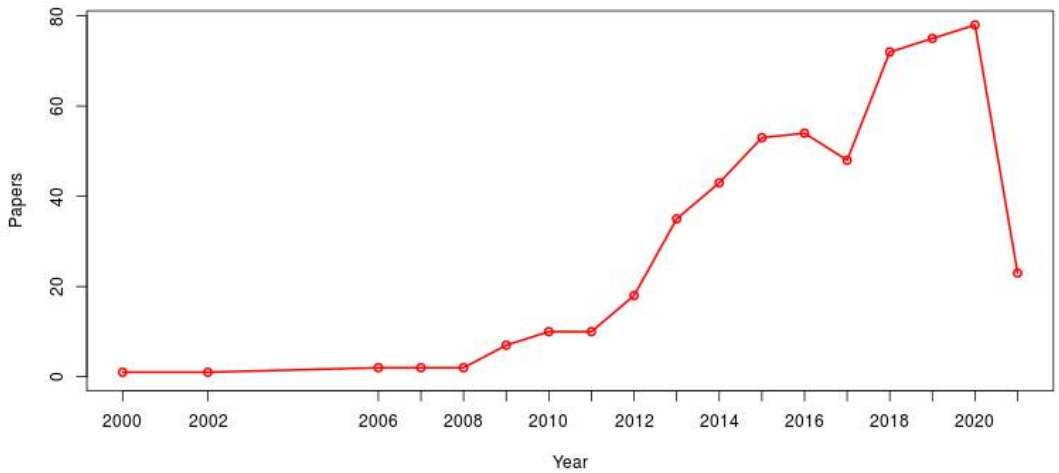
ID	Ecuación de Búsqueda	Resultados
1	TITLE-ABS-KEY("ecosystem service assessment ")	534
2	TITLE("ecosystem service assessment")	159
3	TITLE("ecosystem service assessment") AND KEY("ecosystem service assessment")	10
4	TITLE("ecosystem service ") AND KEY("assessment")	1264
5	ALL ("ecosystem service assessment")	4880

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

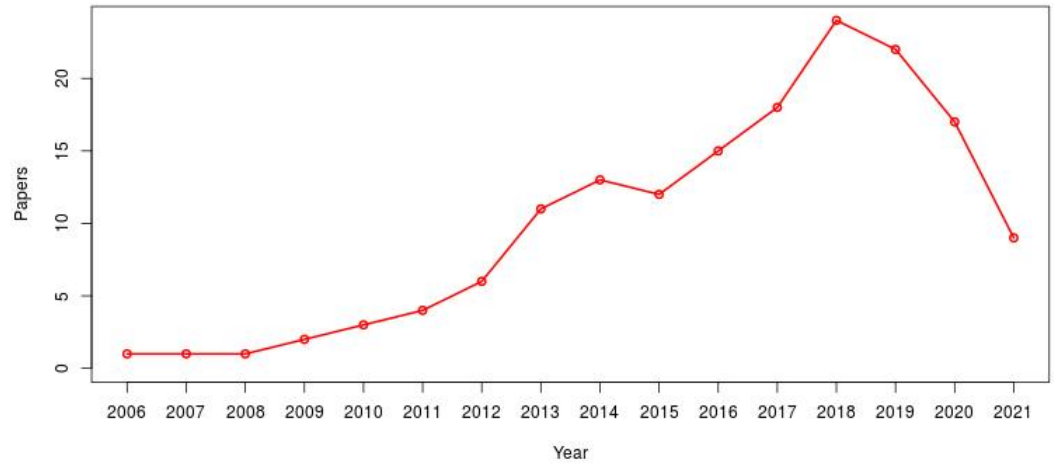
En varias de las ecuaciones de búsqueda propuestas, se identificaron más de 100 artículos, por lo que fue necesario realizar un análisis bibliométrico para depurar la búsqueda. Con ayuda de la herramienta Core of Science (Valencia-Hernandez et al., 2020) se realizó una priorización de los artículos, seleccionando los más relevantes de acuerdo con la frecuencia de las palabras utilizadas en el artículo, el año de publicación, la relación entre autores, entre otras características. Por cuanto, en la Figura 12 y Figura 13 se presenta un resumen de la línea de tiempo y de las revistas relacionadas respectivamente (para la ecuación 5 no se presentan las gráficas dado que la base de datos Scopus tiene como límite 2000 referencias en el formato BibTeX, formato que recibe la herramienta Core of Science).

Figura 12. Cantidad de papers por año obtenidos de ecuaciones establecidas en Scopus

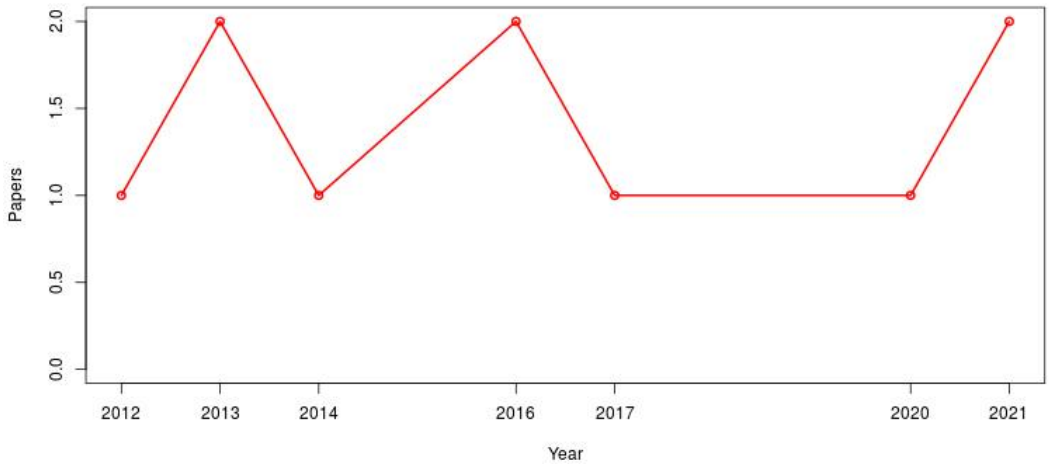
Ecuación 1



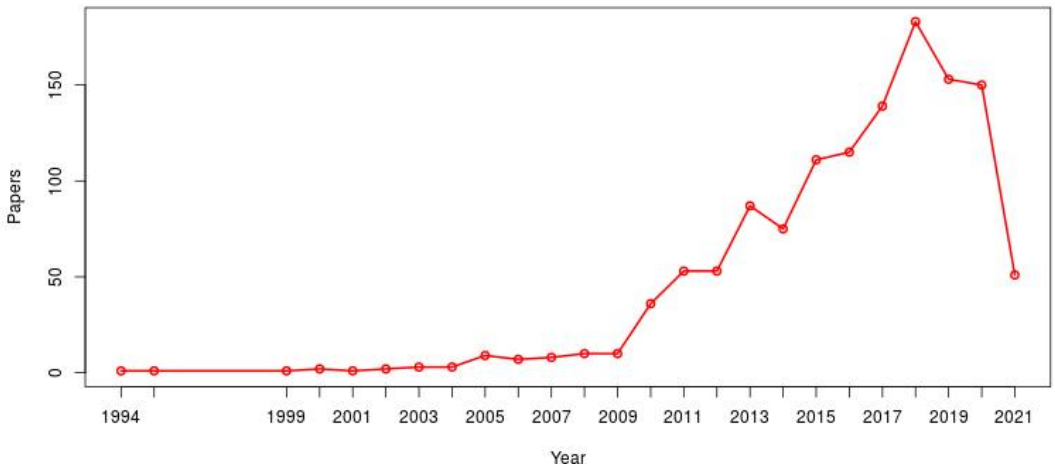
Ecuación 2



Ecuación 3



Ecuación 4



Fuente: Generadas mediante Core of Science - https://coreofscience.shinyapps.io/scientometrics/

Figura 13. Journals con publicaciones asociados a servicios ecosistémicos obtenidos con las ecuaciones de búsqueda

Journal	Freq
ECOSYSTEM SERVICES	65
ECOLOGICAL INDICATORS	39
SHENGTAI XUEBAO/ ACTA ECOLOGICA SINICA	20
ECOLOGY AND SOCIETY	13
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	13
SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	13
ONE ECOSYSTEM	10
ECOLOGICAL ECONOMICS	9
LANDSCAPE ECOLOGY	9
AMBIO	7

Ecuación 1

Journal	Freq
ECOSYSTEM SERVICES	19
ECOLOGICAL INDICATORS	13
ECOLOGY AND SOCIETY	5
ONE ECOSYSTEM	5
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	4
SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	4
AMBIO	3
EARTH OBSERVATION OF ECOSYSTEM SERVICES	3
ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLICY	3
FRONTIERS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE	3

Ecuación 2

Journal	Freq
ECOSYSTEM SERVICES	2
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	2
ECOLOGICAL INDICATORS	1
ECOSYSTEM SERVICES: GLOBAL ISSUES, LOCAL PRACTICES	1
ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLICY	1
INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL INFORMATION SYSTEMS	1
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PLANNING AND MANAGEMENT	1
OCEAN AND COASTAL MANAGEMENT	1

Ecuación 3

Journal	Freq
ECOLOGICAL INDICATORS	107
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	74
ECOSYSTEM SERVICES	70
SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	42
SHENGTAI XUEBAO/ ACTA ECOLOGICA SINICA	35
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	32
ECOLOGICAL ECONOMICS	27
ECOLOGY AND SOCIETY	22
INTERNATIONAL JOURNAL OF BIODIVERSITY SCIENCE, ECOSYSTEM SERVICES AND MANAGEMENT	21
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	19

Ecuación 4

Fuente: Generadas mediante Core of Science - https://coreofscience.shinyapps.io/scientometrics/

Haciendo uso de resultados depurados con la herramienta Core of Science, se inició un proceso de selección a partir del contenido del título y del resumen de los estudios. Al final, se revisaron 36 artículos científicos los cuales se consideraron de mayor relevancia para la identificación de servicios ecosistémicos.

2.3 Métodos para la identificación y evaluación de servicios ecosistémicos

Como parte del proyecto OpenNESS Harrison et al. (2018) realizaron una extensa revisión de métodos biofísicos, socioculturales y monetarios que son utilizados a nivel mundial para la evaluación de los servicios ecosistémicos. La revisión cubrió un total de 43 métodos específicos para la evaluación de servicios ecosistémicos, categorizados en 26 grupos. El consolidado de esta revisión se presenta en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9.

Tabla 7. Métodos biofísicos para la evaluación de servicios ecosistémicos

	Descripción de métodos
Modelado biofísico	Los modelos biofísicos evalúan los factores biofísicos (procesos y funciones) que controlan el suministro de servicios ecosistémicos. Muchos tipos de modelos biofísicos pueden ser relevantes para la evaluación de servicios ecosistémicos, incluidos: (i) modelos ecológicos, como modelos de distribución de especies; (ii) modelos hidrológicos; (iii) modelos de erosión del suelo y (iv) modelos de estado y transición que simulan la dinámica de los ecosistemas después de las perturbaciones basados en la teoría de estados alternativos y pueden ser útiles para comprender la importancia de las funciones ecológicas que sustentan la provisión de servicios de los ecosistemas.

	Descripción de métodos
Modelado de servicios ecosistémicos	Los modelos de servicios de los ecosistemas evalúan la oferta (y en ocasiones la demanda) de múltiples servicios de los ecosistemas, generalmente en un entorno de software especializado SIG. Incluyen modelos como: (i) ESTIMAP; (ii) QUICKScan, el cual es un entorno de modelado espacial para combinar el conocimiento experto con datos espaciales y estadísticos diseñados para ser utilizados en un taller facilitado para permitir que los responsables de la formulación de políticas, los expertos y las partes interesadas exploren conjuntamente los impactos de las diferentes opciones de políticas sobre los servicios de los ecosistemas (Verweij et al., 2016); (iii) InVEST es un conjunto de modelos para mapear y valorar aspectos ecológicos o económicos de múltiples servicios ecosistémicos a escala local a regional (R. Sharp et al., 2016); y (iv) el modelo en cascada de servicios ecosistémicos, un modelo conceptual que destaca la 'cadena de producción' que vincula las estructuras y procesos ecológicos y biofísicos con elementos del bienestar humano (Potschin & Haines-Young, 2011).
Modelado basado en agentes	Los modelos basados en agentes simulan el proceso de toma de decisiones humano involucrado en la gestión o política de servicios de los ecosistemas. Pueden representar múltiples niveles organizacionales de interacciones humanas entre sí y con su entorno.
Modelado de evaluación integrado	Los modelos de evaluación integrada (MEI) combinan modelos que representan diferentes sectores o componentes de los ecosistemas para simular el cambio de uso de la tierra y / o la prestación de servicios de los ecosistemas. Los MEI se diferencian de los modelos de servicios ecosistémicos en que incluyen retroalimentación entre los componentes que están acoplados. Los ejemplos que se presentan en OpenNESS incluyen: (i) SITE (Simulación de entornos terrestres), un paquete de software para desarrollar y aplicar modelos que simulan la dinámica regional del uso de la tierra (Schweitzer et al., 2011); (ii) IMAGE-GLOBIO, un modelo global que simula los impactos pasados, presentes y futuros de las actividades humanas en la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas (Alkemade et al., 2009); y (iii) la Plataforma de Evaluación Integrada CLIMSAVE (P. A. Harrison et al., 2015), que combina diez modelos sectoriales para analizar los impactos de diferentes escenarios climáticos y socioeconómicos sobre los servicios de los ecosistemas, y las posibles opciones de adaptación a escala europea.
Mapeo GIS simple	Método básico para mapear los servicios de los ecosistemas utilizando software GIS si los datos espacialmente explícitos están directamente disponibles para un servicio (por ejemplo, producción de alimentos).
Mapeo matricial simple	El mapeo matricial simple vincula una hoja de cálculo de indicadores de oferta / demanda de servicios ecosistémicos por categoría de cobertura terrestre a un mapa en SIG, para generar mapas de oferta, demanda y equilibrio de servicios ecosistémicos (oferta menos demanda). Los indicadores se pueden derivar de datos científicos o se pueden calificar con base en el conocimiento local o de expertos (Burkhard et al., 2012).
Mapeo matricial avanzado	Los enfoques de mapeo matricial avanzado se basan en enfoques simples de mapeo matricial mediante la incorporación de múltiples fuentes de conjuntos de datos espaciales. Un ejemplo de un enfoque de este tipo utilizado en OpenNESS es GreenFrame, que se desarrolló para evaluar la variación espacial en el potencial de prestación de servicios ecosistémicos de la infraestructura verde en la planificación espacial (Kopperoinen et al., 2014). El método utiliza un extenso conjunto de conjuntos de datos espaciales agrupados en temas combinados con las puntuaciones de los expertos científicos y de los actores locales.

Fuente: Harrison et al. (2018)

Tabla 8. Métodos socioculturales para la evaluación de servicios ecosistémicos

	Descripción de métodos
Mapeo deliberativo	El mapeo deliberativo o participativo es un amplio grupo de métodos que tienen como objetivo incluir el conocimiento, los valores y las preferencias locales de las partes interesadas en la creación de mapas de los servicios de los ecosistemas. Se aplicaron o desarrollaron varios métodos de mapeo deliberativo o participativo dentro de OpenNESS, que incluyen: (i) SIG participativo (PGIS) o SIG de participación pública (PPGIS) que utiliza talleres, entrevistas cara a cara o encuestas basadas en la web para integrar percepciones, conocimientos (local o técnico) y los valores de diferentes partes interesadas y presenta los resultados en forma de un mapa de los servicios de los ecosistemas (G. Brown & Fagerholm, 2015); (ii) MapNat App, una aplicación para teléfonos inteligentes para mapear principalmente servicios y perjuicios culturales, pero también algunos de aprovisionamiento y regulación; y (iii) BGApp, una aplicación de teléfono inteligente para calificar diferentes 'elementos' verdes y azules del paisaje en función de su importancia para un servicio del ecosistema, o un paquete de servicios, y se calcula una puntuación ponderada por área para un desarrollo de propiedad propuesto.

Descripción de métodos	
Desarrollo de escenarios participativos	Los escenarios se definen dentro del proyecto OpenNESS como "descripciones plausibles y simplificadas de cómo puede desarrollarse el futuro, basadas en un conjunto coherente e internamente consistente de supuestos sobre las fuerzas impulsoras clave". La participación de las partes interesadas ayuda a formular escenarios que sean coherentes con las perspectivas de las partes interesadas (Priess & Hauck, 2014)
Análisis narrativo	Los métodos narrativos tienen como objetivo captar la importancia de los servicios de los ecosistemas para las personas a través de sus propias historias y acciones directas (tanto verbal como visualmente).
Valoración deliberativa	La valoración deliberativa no es un método de valoración en particular, pero es un paradigma de valoración que proporciona un marco para combinar varias herramientas y técnicas que unen a los ciudadanos y la academia, así como diferentes disciplinas dentro de la ciencia. Dichos métodos invitan a las partes interesadas y los ciudadanos (el público en general) a formar juntos sus preferencias por los servicios de los ecosistemas a través de un diálogo abierto con otros (Wilson & Howarth, 2002)
Evaluación de preferencias	La evaluación de preferencias es un método de consulta directo y cuantitativo para analizar las percepciones, el conocimiento y los valores asociados de la demanda o el uso de los servicios del ecosistema (o incluso las motivaciones sociales para mantener el servicio) sin utilizar métricas económicas. Los datos se recopilan a través de encuestas utilizando un enfoque consultivo con diferentes variaciones, como ejercicios de inclusión libre, clasificación de servicios ecosistémicos, clasificación o selección de servicios ecosistémicos (Martín-López et al., 2009), a veces también utilizando estímulos visuales (por ejemplo, fotografías como ilustraciones de servicios ecosistémicos como en el caso del juego de cartas de servicios ecosistémicos).
Análisis de series de fotos	Los sitios web para compartir fotografías como Flickr, Panoramio e Instagram se utilizan para proporcionar preferencias reveladas por los servicios del ecosistema cultural, asumiendo que los visitantes se sienten atraídos por el lugar donde toman fotografías (Richards & Friess, 2015).
Foto-elicitación	Este método tiene como objetivo traducir las experiencias visuales y las percepciones de los paisajes de las personas en términos de servicios ecosistémicos. Los que respondieron a los cuestionarios especifican los principales servicios ecosistémicos proporcionados por cada paisaje a partir de una lista de servicios potenciales proporcionados por el área.
Estudios de uso del tiempo	Este método es una innovación de las técnicas convencionales de preferencia declarada tomadas del enfoque de valoración contingente (ver métodos monetarios a continuación). Las encuestas se utilizan para estimar el valor de los servicios de los ecosistemas preguntando a las personas cuánto tiempo estarían dispuestas a invertir en un cambio en la cantidad o calidad de un servicio determinado (Richards & Friess, 2015).

Fuente: Harrison et al. (2018)

Tabla 9. Métodos monetarios para la evaluación de servicios ecosistémicos

Descripción de métodos	
Análisis de costo-efectividad	El análisis de costo-efectividad es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para clasificar las formas alternativas de lograr el mismo objetivo de política por su relación entre la efectividad y el costo (Boardman et al., 2018).
Análisis beneficio-costo	El análisis de costo-beneficio es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para seleccionar alternativas por su tasa interna de retorno, o clasificar las alternativas por su relación costo / beneficio descontado o valor presente neto (Boardman et al., 2018).
Precio de mercado / métodos basados en el intercambio	Los valores se observan directamente o se derivan de los precios en los mercados. Esta es una gran categoría de métodos monetarios que incluye métodos basados en costos. Los métodos de preferencias reveladas se incluyen a veces en los métodos basados en el intercambio, porque los precios de mercado (precios de la vivienda, costos de viaje) se utilizan para derivar valores de los servicios de los ecosistemas de manera indirecta. El precio sombra también es una forma implícita de precio de mercado definido como el precio marginal que la sociedad 'pone' en la provisión de servicios ecosistémicos no comercializados mediante el establecimiento de objetivos ambientales (Konrad et al., 2017)

	Descripción de métodos
	Los métodos de valoración basados en los costos de mitigación son un grupo de técnicas 'basadas en el intercambio' que utilizan el costo de las medidas reales para mantener la provisión de servicios ambientales como un proxy del valor de las acciones emprendidas en la jerarquía de mitigación, incluidas las acciones para evitar, minimizar, restaurar o reemplazar ecosistemas y sus servicios que están potencialmente en riesgo en relación con un desarrollo. Como técnica de valoración, los costos de las acciones se toman como sustitutos del valor de los servicios ecosistémicos perdidos. Por lo tanto, este grupo de métodos incluye: (i) costo de restauración; (ii) costo de reposición; y (iii) costo de limpieza.
Métodos de preferencia revelada	Los valores de los servicios de los ecosistemas se revelan indirectamente a través de compras (por ejemplo, precios de la vivienda) o comportamiento (costos de viaje). Los ejemplos utilizados en OpenNESS incluyen: (i) precios hedónicos, que es el estudio de la correlación múltiple entre las características ambientales de un bien y su precio de venta; y (ii) métodos de costo de viaje (MCV), que se basan en la observación de que los servicios recreativos solo pueden realizarse a través del acceso físico a la naturaleza.
Métodos de preferencia declarados	La valoración de preferencia declarada es una familia de técnicas de valoración económica que utilizan las elecciones hipotéticas declaradas de los encuestados individuales para estimar el cambio en la utilidad asociada con un aumento propuesto en la calidad o cantidad de un servicio del ecosistema o paquete de servicios (Bateman et al., 2011). Los métodos incluyen: (i) valoración contingente; (ii) experimentos de elección; y (iii) ranking contingente entre otros.
Renta de recursos	El método de la renta de los recursos deriva el valor del servicio del ecosistema como un residuo después de que las contribuciones de otras formas de capital se han deducido del excedente operativo.
Intercambio simulado	Con base en una función de demanda derivada, es posible estimar un valor de cambio marginal eligiendo un punto a lo largo de la función de demanda, ya sea con base en el comportamiento observado o mediante la intersección con una curva de oferta modelada. Este es un método experimental propuesto para la contabilidad de ecosistemas.
Función de producción / costo	Estos enfoques relacionan la producción de bienes comercializados con los insumos de los servicios de los ecosistemas mediante el uso de técnicas econométricas (Bateman et al., 2011)
Transferencia de valor	La transferencia de beneficios (TB), o más generalmente - transferencia de valor (TV) - se refiere a la aplicación de estimaciones cuantitativas de los valores de los servicios de los ecosistemas de estudios existentes a otro contexto.

Fuente: Harrison et al. (2018)

Tabla 10. Métodos integradores para la evaluación de servicios ecosistémicos

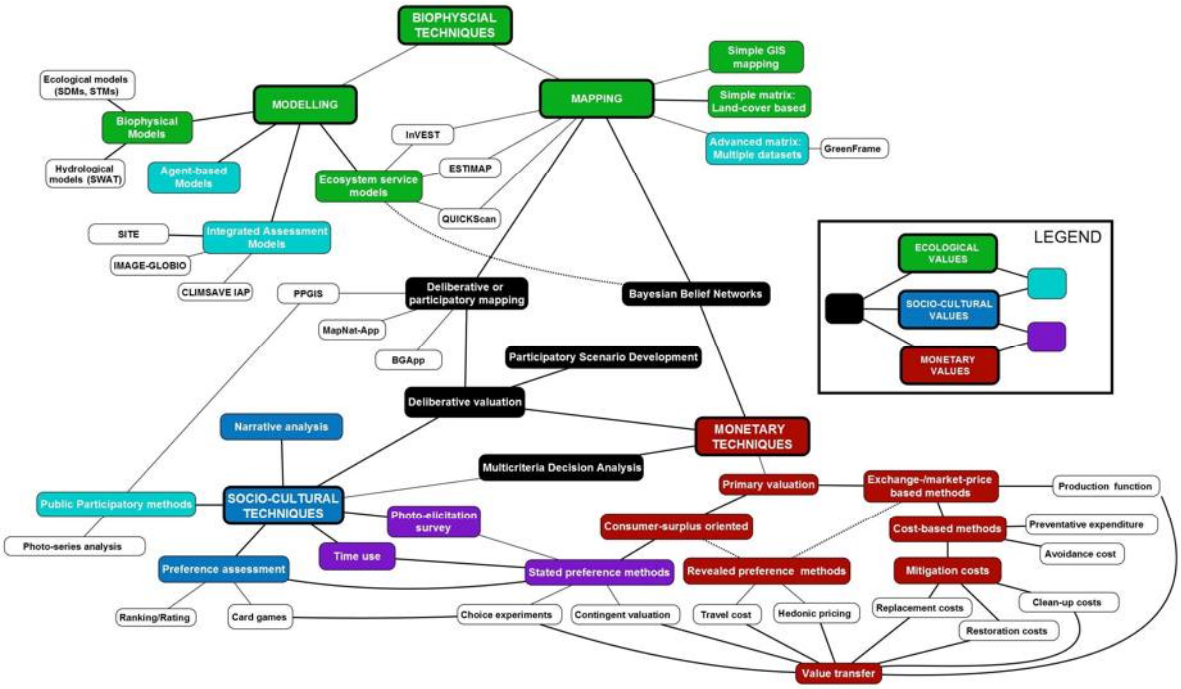
	Descripción de métodos
Redes de creencias bayesianas (RCB)	Los RCB se basan en una estructura gráfica que consta de nodos que representan, por ejemplo, procesos o factores, y enlaces que especifican cómo se relacionan los nodos. Los RCB se pueden construir a partir de una combinación de datos históricos y conocimiento de expertos, pero los RCB que representan los servicios de los ecosistemas se derivan principalmente del conocimiento de expertos, ya que los datos históricos son escasos. Cada enlace representa una relación de dependencia tal que cada nodo tiene una distribución de probabilidad condicional que especifica la relación (causal) entre los valores de los nodos con enlaces entrantes al nodo y los valores del propio nodo. Esto significa que la incertidumbre se tiene en cuenta explícitamente (Smith et al., 2018). Los RCB se pueden vincular a GIS para realizar análisis espaciales.

Descripción de métodos	
Análisis de criterios multicriterio (ACM)	ACM es un término general para describir una colección de enfoques formales que buscan tomar en cuenta explícitamente múltiples criterios para ayudar a individuos o grupos a explorar decisiones que importan. Los ACM espaciales se llevan a cabo en SIG para permitir una visualización de los múltiples criterios (Munda, 2004).

Fuente: Harrison et al. (2018)

Harrison et al. (2018) manifiesta que la clasificación presentada en la Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10, no fue una tarea fácil, puesto que algunos métodos son integradores por naturaleza y abarcan varias agrupaciones. Con el fin de brindar una mayor compresión sobre las agrupaciones de los métodos, este autor proporciona una ilustración esquemática de los grupos de métodos, destacando algunos de los vínculos clave entre ellos (Figura 14).

Figura 14. Esquema que ilustra agrupaciones amplias de métodos para evaluación de servicios ecosistémicos y las interrelaciones entre ellas



Fuente: Harrison et al. (2018)

Como se observa, algunos métodos pueden clasificarse con relativa facilidad como una técnica biofísica, como los modelos ecológicos o hidrológicos, como una técnica sociocultural, como el análisis narrativo, o como una técnica monetaria, como los métodos basados en costos. Sin embargo, para otros métodos esta clasificación es difusa, ya que utilizan o pueden obtener diferentes tipos de valores de servicios ecosistémicos o pueden clasificarse de manera diferente según el objetivo específico de la aplicación (Harrison et al., 2018).

Posner et al. (2016) por su parte, realizó una revisión de los métodos basados en modelación para la evaluación de los servicios ecosistémicos, encontrando que InVEST (Valoración integrada de servicios y compensaciones de ecosistemas), ARIES (Inteligencia artificial para servicios de ecosistemas), EVT (Conjunto de herramientas de valoración de ecosistemas), TESSA (Conjunto de

herramientas para la evaluación basada en el sitio de servicios del ecosistema) y SolVES (Valores sociales para Ecosystem Services), son las herramientas de mayor uso en la evaluación de servicios ecosistémicos.

Este mismo resultado fue obtenido por Pandeya et al. (2016) el cual combinó un análisis comparativo de la literatura revisada por pares para explorar cómo se han utilizado diferentes enfoques de valoración para mejorar políticas y toma de decisiones. En la Tabla 11 se presenta la descripción de los paquetes de modelación de mayor uso en la evaluación de servicios ecosistémicos.

Tabla 11. Una descripción de herramientas de modelación de servicios ecosistémicos

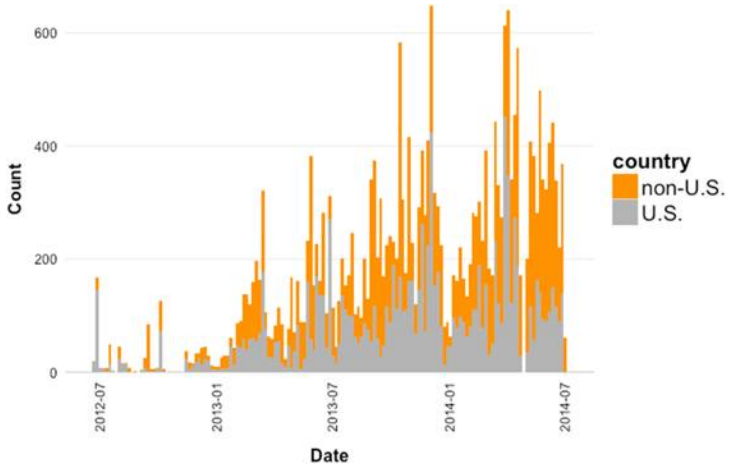
Herramientas, accesibilidad y referencias clave	Tipo de modelo y etapa de desarrollo	Implicación política a escala local	Limitaciones para regiones con escasez de datos
Inteligencia Artificial para Servicios de Ecosistemas (ARIES)	Una plataforma de inteligencia artificial y modelado semántico; Modelo basado en Red Bayesiana; Fuente abierta; documentado algunos componentes del modelo	Adecuado para la evaluación de servicios ecosistémicos, se puede integrar en el proceso de toma de decisiones local, como el esquema de PSA y la planificación de la conservación funcionalidad limitada para escenarios de cambio climático y cambio de uso de la tierra	No se proporcionan conjuntos de datos de forma predeterminada; necesita un nivel de conocimiento experto de moderado a alto;
Modelo WaterWorld	Modelo detallado y basado en procesos; sistema de modelado basado en raster; fuente abierta; documentado	Se utiliza en procesos de toma de decisiones y políticas; útil para el análisis de escenarios para LUCC y cambio climático; Puede integrarse en la toma de decisiones local para la gestión del agua y la tierra.	Vinculado con 'Simterra', una base de datos en línea de datos hidroclimáticos, biofísicos y socioeconómicos.
Valoración integrada de los servicios y compensaciones de los ecosistemas (InVEST)	Un modelo avanzado para cuantificar y mapear múltiples servicios ecosistémicos; fuente abierta; documentado	Ampliamente utilizado en políticas y toma de decisiones para la gestión de recursos hídricos y terrestres; Puede integrarse en los procesos de toma de decisiones locales.	Disponibilidad limitada de datos, necesita conocimiento experto en técnicas de SIG; se requieren datos locales
Modelo de Costing Nature	Herramienta de modelado simple para una gama mucho más amplia de servicios ecosistémicos; fuente abierta; documentado	Adecuado para políticas y decisiones basadas en servicios ecosistémicos; puede integrarse fácilmente en los procesos de toma de decisiones locales; ningún análisis de escenarios para LUCC y cambio climático	Vinculado con 'Simterra', una base de datos en línea de datos hidroclimáticos, biofísicos y algunos socio-económicos, se requieren datos locales

Herramientas, accesibilidad y referencias clave	Tipo de modelo y etapa de desarrollo	Implicación política a escala local	Limitaciones para regiones con escasez de datos
Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP)	Modelo hidrológico basado en procesos con análisis de escenarios; bien documentada	Adecuado para políticas y decisiones basadas en recursos hídricos; puede integrarse en los procesos de toma de decisiones locales; Procesos físicos limitados para el análisis de escenarios,	datos sustanciales necesarios para la modelización hidrológica detallada
Kit de herramientas para la evaluación basada en el sitio de servicios ecosistémicos (TESSA)	Una colección de modelos para cuantificar y mapear valores de múltiples servicios ecosistémicos; Adecuado para la valoración basada en el paisaje	Adecuado para políticas y toma de decisiones basadas en servicios ecosistémicos; Puede integrarse en los procesos de toma de decisiones locales.	Se requieren datos sustanciales para evaluar los servicios específicos y / o el paquete

Fuente: Pandeya et al. (2016)

Posner et al. (2016) en su revisión también encontró que en un lapso de 2 años la herramienta Valoración Integrada de Servicios y Compensaciones de Ecosistemas (InVEST) fue la herramienta más utilizada por los investigadores para la evaluación de servicios ecosistémicos (ver Figura 15). Este resultado se debe a que InVEST integra un conjunto de modelos espacialmente explícitos, posibilitando su uso a diferentes escalas y bajo carencia de información. En la Tabla 12 se presenta la valoración para diferentes herramientas de modelación realizada por Pandeya et al. (2016).

Figura 15. Uso de modelos InVEST a lo largo del tiempo



Fuente: Posner et al. (2016)

Tabla 12. Clasificación de diferentes sistemas de apoyo a las políticas y sus enfoques de valoración

	Data-based	Simulation-based	Habitat-based	System-based	Place-based	Specific-	Portfolio-based	Local	Regional	Monetary	Non-monetary
ARIES	√	√		√	√		√	√	√		√
WaterWorld	√	√		√	√	√		√	√		√
InVEST	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Costing Nature	√	√	√		√		√	√	√	√	√
WEAP	√	√		√	√	√		√	√		√
TESSA	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√

Fuente: Pandeya et al. (2016)

De acuerdo con lo encontrado por Posner et al. (2016) se considera el uso de InVEST como metodología para la evaluación de los servicios ecosistémicos. No obstante, es importante reconocer que la modelación se limita de acuerdo con los supuestos que considere el modelo y la información con la cual se construya. Entendiendo esto, es necesario robustecer el análisis integrando el conocimiento que poseen las comunidades y el criterio experto de los profesionales del proyecto. Por tanto, se plantea el uso además de la metodología de mapeo deliberativo o participativo.

Capítulo 3. Revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos sobre identificación de valores u objetos de conservación

En este capítulo se presenta la revisión de estudios técnicos y científicos relacionados con la identificación de objetos de conservación. El capítulo inicia brindado una descripción de objetos o valores de conservación, para luego presentar la metodología de revisión bibliográfica. Por último, en función de los resultados obtenidos, se presentan los marcos metodológicos de más amplio uso en la identificación de objetos o valores de conservación.

3.1 Objetos o valores de conservación

Desde una perspectiva general, cuando se habla de "valor u objeto de conservación" se hace referencia a la idea y objetivo más general de priorizar los esfuerzos de conservación. Capmourteres & Anand (2016) realizó una revisión de cerca de 180 publicaciones científicas con el objetivo de consolidar las diferentes acepciones entorno al concepto de valor de conservación. Este autor encontró que, dependiendo del enfoque, existen diferentes connotaciones de valor de conservación. En este sentido, agrupó las definiciones en 8 categorías. A Saber:

- **Categoría 1 - Valor de los recursos genéticos, razas silvestres, híbridos o poblaciones remanentes:** Los artículos de esta categoría asocian un valor de conservación a los organismos silvestres y de raza pura.

- **Categoría 2 - Suministro de hábitat y alimentos para sustentar las poblaciones de vida silvestre**: Los artículos de la categoría 2 consideran como un valor de conservación a la capacidad de un sistema (ya sea natural o creado por el hombre) para apoyar a las poblaciones de vida silvestre al proporcionar un hábitat adecuado y/o suministros de alimentos.

- **Categoría 3 - Complementación de la conservación realizada en áreas naturales y contribución al logro de las metas de manejo**: En esta categoría, los artículos asociados reflejan que un valor de conservación es aquel ecosistema antrópico o artificiale que es capaz de complementar las acciones de conservación que se llevan a cabo en áreas naturales protegidas.

- **Categoría 4 - Herramienta para priorizar los esfuerzos de conservación:** En este caso, los artículos de esta categoría denominan valor de conservación al método para reducir las decisiones sesgadas sobre los esfuerzos de conservación que surgen de un atractivo o compromiso emocional momentáneo. Así pues, se dice que un valor de conservación es una herramienta para apoyar la planificación de la conservación.

- **Categoría 5 - Potencial de especies o áreas para proporcionar servicios ecosistémicos:** En esta categoría los artículos asocian como valor de conservación a la capacidad que tienen las especies y los ecosistemas de brindar beneficios (servicios ecosistémicos) para el bienestar humano, de allí su prioridad para la conservación.

- **Categoría 6 - Importancia para mejorar la conectividad del paisaje y la efectividad de los corredores:** Los artículos de esta categoría definen como valor de conservación a las áreas naturales que aumentan la continuidad del paisaje y que son clave en el mantenimiento de la conectividad funcional dentro de paisajes heterogéneos.

- **Categoría 7 - Indicador de peligro, especies en riesgo, singularidad o prioridades de conservación:** En esta categoría las publicaciones toman como valor de conservación a aquellas especies en peligro de extinción, raras y únicas y a las áreas que las sustentan.

- **Categoría 8 - Medida de integridad, salud y resiliencia del ecosistema:** Los artículos de esta categoría consideran como valor de conservación a las propiedades (resiliencia) de un área que presenta buena salud ecosistémica y por lo tanto proporciona buena calidad de hábitat.

Otro de los términos que se logra identificar en la literatura es el de Áreas de Alto Valor de Conservación (AAVC). Este concepto hace referencia a los hábitats naturales que tienen una importancia excepcional o crítica debido a sus altos valores biológicos, ecológicos, sociales o culturales. Este concepto fue desarrollado originalmente por el Forest Stewardship Council (FSC) para ser aplicado en la certificación forestal (Areendran et al., 2020).

Como se logra evidenciar, dependiendo de la definición que se considere, el objeto o valor de conservación será diferente. Por consiguiente, se plantea la siguiente definición de valor u objeto de conservación para efectos de este estudio:

"*Se define como objeto o valor de conservación a aquellas especies en peligro de extinción, raras o únicas, de interés cultural o comercial para las comunidades, y a las áreas o tramos de río que cuentan con altos valores biológicos, ecológicos, sociales o culturales que garantizan el sustento y permanencia de dichas especies, así como también la provisión de servicios ecosistémicos*"

En este orden de ideas, la anterior definición será usada para orientar el marco técnico para la definición de objetos o valores de conservación en las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte.

3.2 Metodología de búsqueda de estudios técnicos y científicos sobre identificación de objetos o valores de conservación

La revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos que abordan la identificación de objetos o valores de conservación se realizó a partir de las bases de datos de Scopus. Inicialmente se establecieron diferentes ecuaciones de búsqueda definiendo como palabra clave "conservation values" o "Conservation object". Inicialmente, la búsqueda se restringió a secciones como título, palabras claves y resumen. No obstante, también se realizaron búsquedas sin restringir campos en los artículos. En la Tabla 13 se presentan las ecuaciones de búsqueda implementadas.

Tabla 13. Ecuaciones de búsqueda propuestas para la localización de estudios técnicos y científicos en el marco de la sostenibilidad

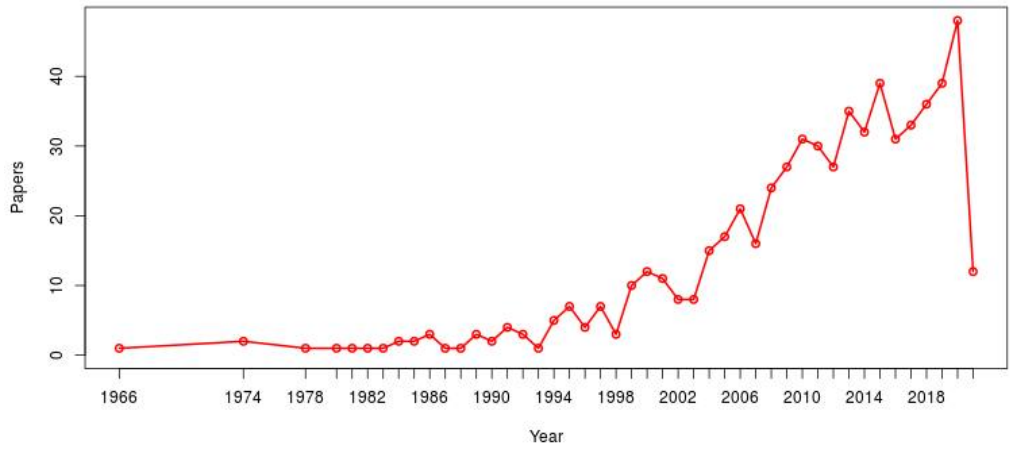
ID	Ecuación de Búsqueda	Resultados
1	TITLE-ABS-KEY("conservation values" OR "conservation objects")	4680
2	TITLE("Conservation value")	621
3	TITLE("conservation values" OR "conservation objects") AND KEY("conservation values" OR "conservation objects")	99
4	ALL("conservation values" OR "conservation objects")	4880

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

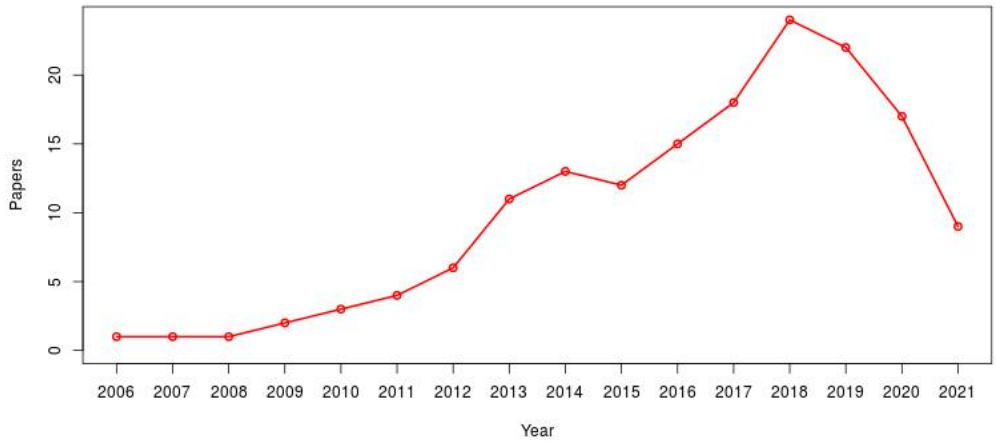
En algunas de las ecuaciones de búsqueda propuestas, se identificaron más de 90 artículos, por lo que fue necesario realizar un análisis bibliométrico para depurar la búsqueda. Con ayuda de la herramienta Core of Science (Valencia-Hernandez et al., 2020) se realizó una priorización de los artículos, seleccionando los más relevantes de acuerdo con la frecuencia de las palabras utilizadas en el artículo, el año de publicación, la relación entre autores, entre otras características. A continuación, en la Figura 16 y Figura 17 se presenta un resumen de la línea de tiempo y de las revistas relacionadas (para la ecuación 1 y 4 no se presentan las gráficas dado que la base de datos Scopus tiene como límite 2000 referencias en el formato BibTeX, formato que recibe la herramienta Core of Science).

Figura 16. Cantidad de papers por año obtenidos de ecuaciones establecidas en Scopus

Ecuación 2



Ecuación 3



Fuente: Generadas mediante Core of Science - https://coreofscience.shinyapps.io/scientometrics/

Figura 17. Journals con publicaciones asociados a objetos o valores de conservación obtenidos con las ecuaciones de búsqueda

Ecuación 2

Journal	Freq
BIOLOGICAL CONSERVATION	52
BIODIVERSITY AND CONSERVATION	45
FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	23
CONSERVATION BIOLOGY	19
AQUATIC CONSERVATION: MARINE AND FRESHWATER ECOSYSTEMS	14
PLOS ONE	13
JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY	9
BIOTROPICA	7
ECOLOGICAL APPLICATIONS	7
JOURNAL FOR NATURE CONSERVATION	7

Ecuación 3

Journal	Freq
FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT	7
BIOLOGICAL CONSERVATION	6
BIODIVERSITY AND CONSERVATION	5
IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE	5
SHENGTAI XUEBAO/ ACTA ECOLOGICA SINICA	3
ECOLOGICAL APPLICATIONS	2
INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND WORLD ECOLOGY	2
JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY	2
LANDSCAPE AND URBAN PLANNING	2
MALAYSIAN FORESTER	2

Fuente: Generadas mediante Core of Science - https://coreofscience.shinyapps.io/scientometrics/

Haciendo uso de resultados depurados con la herramienta Core of Science, se inició un proceso de selección a partir del contenido del título y del resumen de los estudios. Al final, se revisaron un total de 23 artículos científicos los cuales se consideraron de mayor relevancia para la identificación de objetos de conservación.

3.3 Métodos para la identificación de objetos o valores de conservación

La revisión de métodos asociados a la identificación de objetos o valores de conservación se sustenta principalmente en las publicaciones científicas realizadas por Capmourteres & Anand (2016) y Areendran et al. (2020). Estos autores realizaron una extensa revisión de publicaciones científicas con relación a los objetos o valores de conservación, encontrando que la identificación de un objeto de conservación está dada por la métrica que se utilice. Capmourteres & Anand (2016) de su revisión presenta 15 métricas para la identificación de objetos o valores de conservación (ver Tabla 14), donde la riqueza, la distribución espacial y la abundancia o densidad fueron las métricas más comunes para la identificación de un objeto de conservación. Capmourteres & Anand (2016) expresa que según Ratcliffe (1977) los criterios o principios utilizados en la evaluación de los valores de conservación deberían permitir evaluar las características intrínsecas de los sitios, de modo que se puedan comparar en términos de su calidad y cantidad (es decir, tamaño, naturalidad, diversidad, rareza, fragilidad, etc.).

Tabla 14. Métodos de cuantificación propuestos del valor de conservación en la literatura

Citación	Métricas de valor de conservación (CV)
Angermeier & Winston (1997)	El índice de centros de densidad (ICD) distingue áreas con concentraciones de poblaciones de origen. El ICD escala las densidades de especies en un área en relación con otras áreas de la región. Las especies raras tienen mayor peso que las comunes.
Drinan et al. (2013)	Las puntuaciones de calidad de especies (SQS) se basan en el número de parcelas donde se registraron especies y categorías de abundancia. El SQS asigna puntuaciones en una serie geométrica: 1 punto para las especies más comunes y 10 puntos para las menos comunes. También evalúa la riqueza acumulada y la ocurrencia de especies amenazadas.
Grundel et al. (2014)	Los valores de conservación medidos a través de la abundancia de aves, la riqueza de la comunidad, la presencia de especies de aves amenazadas en una comunidad, la frecuencia de uso del paisaje por las especies de aves y el mantenimiento de gradientes ecológicos. Luego, cada criterio se considera para un modelo final (regresión ponderada geográficamente) que muestra su importancia relativa.

Citación	Métricas de valor de conservación (CV)
Lu et al. (2007)	Valor de conservación = ΔQ + YN = ΔP + ΔB + ΔOM + YN. ΔQ: cambio en el almacenamiento de capital natural; YN: apoyo a grandes sistemas naturales; ΔP: sedimento de turba; ΔB: recursos vegetales; ΔOM: barro.
Nuttle et al. (2003)	Criterios para evaluar el valor de conservación: distribución reproductiva y no reproductiva, amenazas, abundancia relativa, tendencias poblacionales y áreas de importancia. Cada criterio se valora de 1 (prioridad baja) a 5 (prioridad alta). Categorías finales son 0 (especies introducidas) a 4 (gran preocupación).
Pinsky et al. (2009)	El valor de conservación medido como el número y la viabilidad de algunas especies objetivo en diferentes cuencas. El valor de conservación se basa en la riqueza del ciclo de vida de las especies, el número total de especies, la abundancia y el número total de cuencas.
Rapoport et al. (1986)	El valor de conservación depende del grado de ocupación de cada especie en la cuadrícula, el rango geográfico continental de cada especie y su abundancia. El valor de conservación de especies obtenido al multiplicar estos tres valores. El valor de conservación de cada celda es la suma del valor de conservación de las especies.
Reca et al. (1994)	El índice SUMIN es la suma de los valores asignados a 12 factores relevantes para la supervivencia de las especies: distribución continental y nacional, uso del hábitat, uso del espacio vertical, tamaño corporal, potencial reproductivo, amplitud trófica, abundancia, singularidad taxonómica, singularidad, extracción. acción y grado de protección. Cada criterio tiene tres o más categorías con valores asociados, que se suman para dar un total entre 0 y 30 (30 indica la mayor prioridad de conservación).
Reece & Noss (2014)	El valor de conservación viene dado por el nivel de endemismo, la población disyunta, las especies clave, el carácter distintivo filogenético, el valor económico, el estado de la lista federal y la probabilidad de recuperación. Los criterios tienen puntajes y luego, se estima un valor de conservación final como una combinación de cada componente.
Rosset et al. (2013)	Compara los índices de valores de conservación para ecosistemas de agua dulce: (1) clasificación de especies según su rareza en una progresión geométrica y suma de los valores de conservación por sitio según el ensamblaje de especies; (2) ídem (1) pero el valor de conservación de los sitios se divide por la riqueza; (3) distribución geográfica de las especies en el área investigada, estado de amenaza y sensibilidad de las especies a la alteración del hábitat; (4) rareza regional, rareza local y vulnerabilidad del hábitat.
Shokri & Gladstone (2013)	Se considera valor de conservación a la suma de la irremplazabilidad (la contribución de cada celda de la cuadrícula a un objetivo de conservación), la diversidad y el número de especies raras numérica y espacialmente (aquellas cuyo tamaño de rango se encuentra en el cuartil inferior de la distribución de frecuencia de tamaños de rango).
Tabeni et al. (2004)	Se aplican varias métricas: hotspots (5% de las celdas con mayor riqueza), peligro (libros rojos nacionales), rareza (el número de celdas ocupadas), índice SUMIN, áreas complementarias (las celdas con registros únicos de especies) y especies paraguas. .
Staus et al. (2010)	El valor de conservación terrestre basado en la presencia de especies de interés y áreas intactas de hábitats. El valor de conservación acuático basado en especies sensibles y condición de la cuenca. Cada criterio tiene valores de referencia. Los valores de conservación terrestres y acuáticos se suman para dar un valor de conservación general.
Wieringa & Sosef (2011)	El valor de conservación estimado mediante el método de "semejanza florística relativa" que busca concordancia en los datos de las muestras de herbario entre sitios. El valor máximo es 100% de coincidencia de especies.
Zapata & Robledano (2014)	El índice de valor de conservación es la suma de la abundancia promedio de cada especie registrada en un parche multiplicada por un valor numérico correspondiente a su categoría de protección. Existen índices florísticos y ornitológicos.

Fuente: Capmourteres & Anand (2016)

Si bien las métricas que consolida Capmourteres & Anand (2016) se basan netamente en parámetros biológicos, autores como Domroese & Sterling (2009) expresan que los valores de las personas y lo que consideran importante, influyen en la definición de un objeto o valor de conservación. Esta autora ejemplifica su punto a partir de investigación que adelanta con lobos, manifestando que las personas que valoran al lobo como un emblema de la naturaleza salvaje tendrán una perspectiva muy diferente sobre los planes de conservación del lobo, que aquellos que ven al lobo como una amenaza para su propiedad.

En este sentido, Domroese & Sterling (2009) propone la implementación de encuestas como un método para identificar valores de conservación y además informar si los mecanismos que se adopten para la protección del valor u objeto de conservación tiene viabilidad o no.

Un método que combina los componentes biológico y socioculturales para la identificación de objetos o valores de conservación, es dado por Montenegro-Muñoz et al. (2019) quien para identificar las especies emblemáticas para la conservación de ecosistemas en el departamento de Nariño-Colombia, propuso un marco metodológico de dos fase con 6 actividades (ver Figura 18).

Figura 18. Esquema metodológico para la selección de las especies emblemáticas



Fuente: Montenegro-Muñoz et al. (2019)

El marco propuesto por Montenegro-Muñoz et al. (2019) plantea en primera instancia la elaboración de una lista con especies de flora y fauna en el área de estudio. Luego a esas especies se les aplica criterios biológicos considerando el rol ecológico asignándole un valor del 40% el cual se subdivide en tres ítems, donde el mayor puntaje para cada ítem es 15 puntos y el menor 0 puntos, para un total de 40 puntos. La lista de especies con alto puntaje del criterio biológico, se le aplican los criterios socio culturales y estéticos considerando la importancia de la especie en la relación humano-biodiversidad. El criterio sociocultural tiene un valor del 30% y consta de un ítem, donde el puntaje mayor es 5 y el menor 0, para un total de 30 puntos, el criterio estético tiene un valor del 30% y consta de un ítem, donde el puntaje mayor es 3 puntos y el menor 0 puntos, para un total de 30 puntos. En ese sentido, la suma de los tres criterios son 100 puntos como el valor más alto que puede obtener una especie. En la Tabla 15 se presentan los criterios utilizados por este autor (ver Tabla 15).

Tabla 15. Criterios de evaluación propuestos

Criterio	Ítem	Descripción	Atributo	Valoración
COMPONENTE BIOLOGICO 40%	Grado de Amenaza 15%	Criterios IUCN, CITES, Libro rojo, A nivel regional y/o local	En peligro Crítico	15
			En peligro	15
			Vulnerable	10
			Casi amenazado	10
			Preocupación menor	5
			Datos insuficientes	0
			No evaluado	0
	Endemismos 15%	Especies propias y exclusivas del departamento	Endémica	15
			No endémica	5
			Migratoria	3
	Distribución geográfica 10%	Rangos de distribución en las eco-regiones del departamento	Rangos de distribución amplios	10
			Rangos de distribución limitados	5
ASPECTO SOCIOCULTURAL 30%	Importancia Sociocultural 30%		Asociado a Paisajes culturales y míticos	0 ó 5
			Ecoturismo	0 ó 2
			Control Biológico	0 ó 2
			Uso tradicional	0 ó 2
			Cosmovisión	0 ó 5
			Simbología	0 ó 2
			Ritualistica	0 ó 2
			Medicinal tradicional	0 ó 2
			Reconocimiento público	0 - 5
ESTÉTICO 30%	Por cada uno de los ítems cumplidos 30%	La especie es llamativa por	Color	0 ó 3
			Sonidos	0 ó 3
			Aroma	0 - 3
			Tamaño	0 - 3
			Forma	0 ó 3
			Armonía	0 ó 3
		Que sentimiento le genera la especie	Ternura	0 ó 3
			Fuerza	0 ó 3
			Recuerdos	0 ó 3
			Arraigo	0 ó 3

Fuente: Montenegro-Muñoz et al. (2019)

Otro de los enfoques que se logran identificar en la literatura es el de Alto Valor de Conservación (AVC). Este concepto fue desarrollado originalmente por el Forest Stewardship Council (FSC) para ser aplicado en la certificación forestal, sin embargo en los últimos años ha sido aplicado a diferentes contextos y a medida que el concepto de AVC ha ganado aplicación, la frecuencia anual de publicaciones y documentos de nivel de investigación en la evaluación de alto valor de conservación ha aumentado (Areendran et al., 2020).

La revisión realizada por Areendran et al. (2020) muestra que en la evaluación de AVC, se utilizan 8 dimensiones importantes, a saber: Bosque AVC (BAVC); VHC de aves; AVC Bosque y Agua Dulce; VHC de mariposas; AVC de pastizales; VHC de mamíferos; Paisaje de AVC y AVC de peces.

La Figura 19 ilustra varias metodologías, modelos asociados, datos primarios y secundarios que se utilizan para el análisis y la identificación de AVC. El hexágono representa la metodología, con diferentes colores que muestran las técnicas de modelado utilizadas. Los pequeños círculos concéntricos denotan la presencia o ausencia del uso de datos primarios, con verde y rojo respectivamente. El segundo círculo pequeño muestra varios tipos de datos secundarios que se utilizaron en el análisis de Areendran et al. (2020).

Figura 19. Metodologías, sus modelos asociados, datos primarios y secundarios que se utilizaron para el análisis y la identificación de AVC de manera detallada



Fuente: Areendran et al. (2020)

En esencia, el enfoque de Alto Valor de Conservación (AVC) reconocen que un objeto o valor de conservación puede estar inmerso en seis categorías, a saber (ver Figura 20): diversidad de especies, ecosistemas a nivel de paisaje, ecosistemas y hábitats, servicios ecosistémicos, necesidades de la comunidad y valores culturales que cubren las prioridades sociales y ambientales compartidas por una variedad de partes interesadas (Brown et al., 2013).

Figura 20. Categorías de Alto Valor de Conservación (AVC)

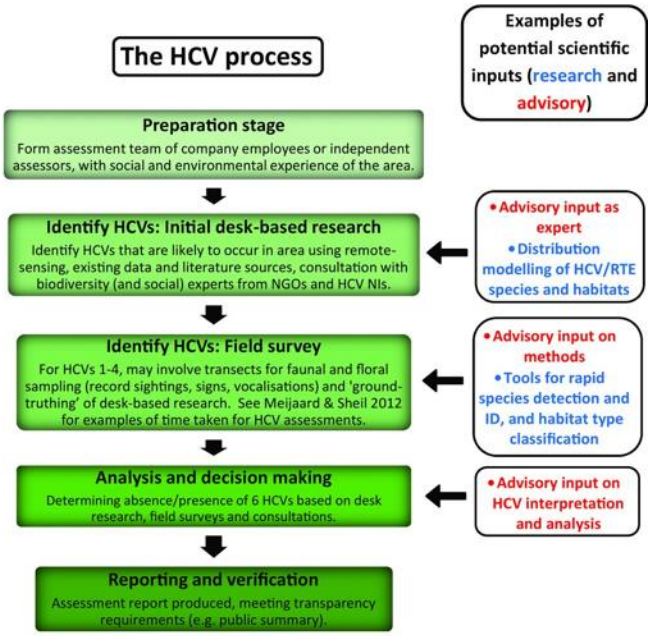


Fuente: https://hcvnetwork.org/how-it-works/

- **AVC 1 Diversidad de especies:** Concentraciones de diversidad biológica que contengan especies endémicas o especies raras, amenazadas o en peligro de extinción, y que son de importancia significativa a escala global, regional o nacional.
- **AVC 2 Ecosistemas y mosaicos a escala de paisaje, y Paisajes de Bosque Intactos**: Ecosistemas y mosaicos de ecosistemas de gran tamaño a escala de paisaje, y Paisajes de Bosque Intactos importantes a escala global, regional o nacional, que contienen poblaciones viables de la gran mayoría de las especies presentes de manera natural bajo patrones naturales de distribución y abundancia.
- **AVC 3 Ecosistemas y hábitats:** Ecosistemas, hábitats o refugios raros, amenazados o en peligro.
- **AVC 4 Servicios ecosistémicos:** Servicios básicos del ecosistema en situaciones críticas, como la protección de áreas de captación de agua y el control de la erosión de suelos y laderas vulnerables.
- **AVC 5 Necesidades de las comunidades:** Sitios y recursos fundamentales para satisfacer las necesidades básicas de las comunidades locales o grupos indígenas (para sus medios de vida, la salud, la nutrición, el agua, etc.), identificados mediante el diálogo con dichas comunidades o pueblos indígenas.
- **AVC 6 Valores culturales:** Sitios, recursos, hábitats y paisajes significativos por razones culturales, históricas o arqueológicas a escala global o nacional, o de importancia cultural, ecológica, económica, o religiosa o sagrada crítica para la cultura tradicional de las comunidades locales o pueblos indígenas.

En la Figura 21 se presenta el proceso para la identificación de Altos Valores de Conservación (AVC) adaptado de Senior et al. (2015)

Figura 21. Proceso para la identificación de Altos Valores de Conservación (AVC)



Fuente: Adaptado de Senior et al. (2015)

Tomando en cuenta los diferentes marcos metodológicos y enfoques que se presentan en la literatura, para los objetivo y alcance del estudio se considera que el marco propuesto por Montenegro-Muñoz et al. (2019) en conjunto con el de Altos Valores de Conservación sería el marco metodológico a utilizar en el proyecto.

Capítulo 4. Marcos técnicos para la definición de límites de sostenibilidad, identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos

Este capítulo describe los marcos técnicos para la definición de los límites de sostenibilidad (o capacidad de carga), definición de servicios ecosistémicos y objetos de conservación que serán utilizados para el desarrollo del proyecto. Para su definición se han revisado cuidadosamente las condiciones propias de las áreas de estudio y sus particularidades.

4.1 Marco técnico para la definición de límites de sostenibilidad (capacidad de carga)

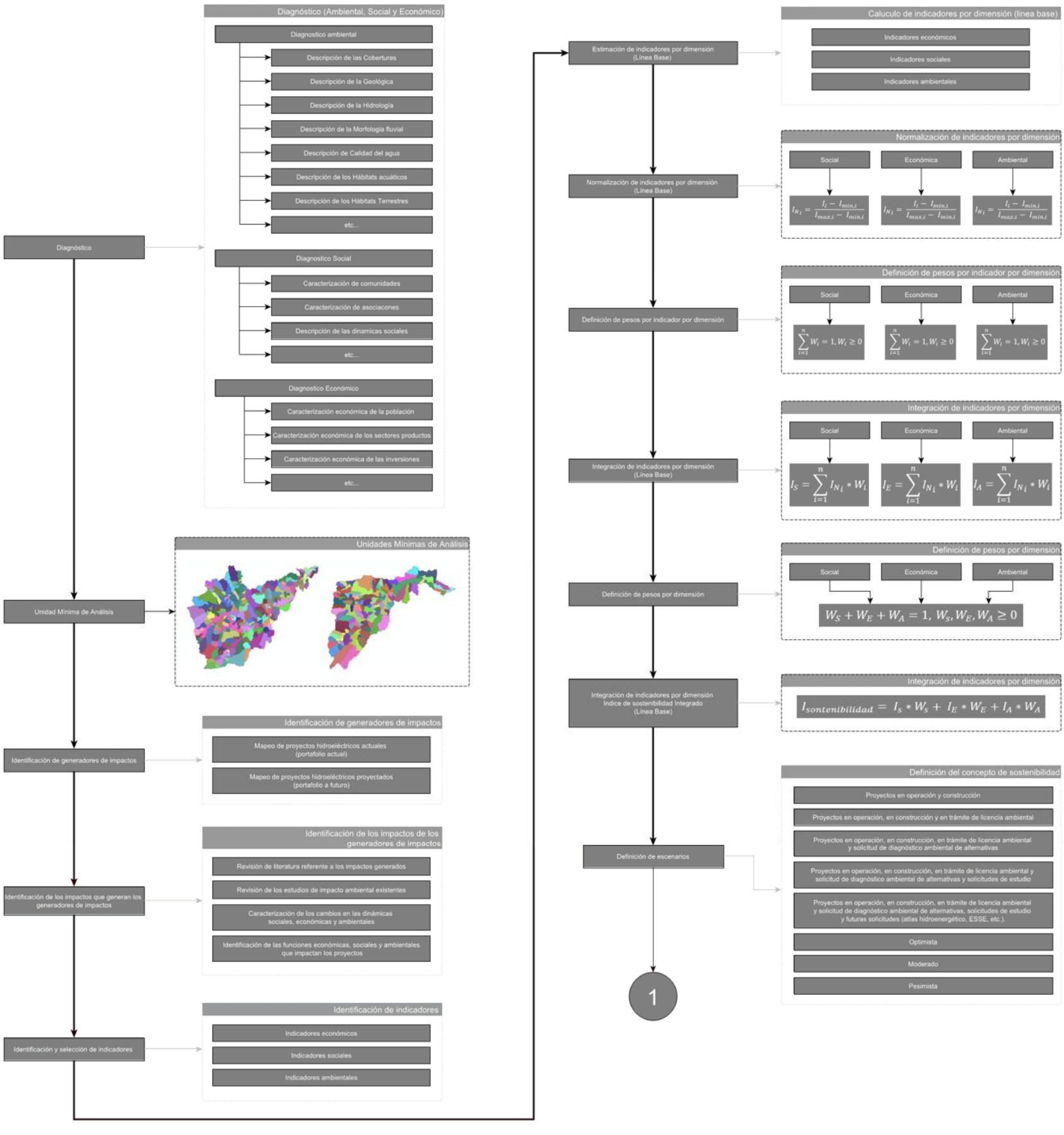
En el presente numeral se describe cada uno de los pasos que componen el marco técnico para la definición de límites de sostenibilidad (capacidad de carga) en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. El marco técnico fue estructurado para desarrollarse en 8 pasos, a saber:

- **Paso 1 - Diagnóstico ambiental, económico y social:** Consiste en realizar un diagnóstico completo de los componentes ambientales, económicos y sociales de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur
- **Paso 2 - Definición de unidad mínima de análisis:** Se aborda la segmentación espacial de las cuencas en unidades más pequeñas para llevar a cabo los análisis.
- **Paso 3 - Identificación y selección de subindicadores por dimensión ambiental, económica y social:** Identificar y seleccionar por dimensión (ambiental, social y económica) el grupo de indicadores que capturan de mejor forma las características y condiciones a las cuáles se ven sometidas las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Este paso se subdivide a su vez en 4 pasos:
    - Paso 3.1: Identificación de generadores de impacto
    - Paso 3.2: Identificación de los impactos ocasionados por los generadores de impacto
    - Paso 3.3: Identificación de indicadores potenciales por dimensión
    - Paso 3.4: Selección de indicadores por dimensión
- **Paso 4 - Calculo de indicadores integrados por dimensión ambiental, económica y social:** Aborda la construcción del indicador integrado para cada una de las dimensiones consideradas. El cual se subdivide en 3 pasos:
    - Paso 4.1: Normalización de subindicadores por dimensión ambiental, económica y social
    - Paso 4.2: Definición de pesos de indicadores por dimensión ambiental, económica y social
    - Paso 4.3: Integración de indicadores por dimensión ambiental, económica y social
- **Paso 5 - Estimación de indicador de sostenibilidad Integrada:** Contempla la aplicación de los pasos 1 a 4 para la condición historia o de línea base de ambas cuencas.
- **Paso 6 - Definición de escenarios:** Definir la cantidad de proyectos que a futuro podrían entrar en operación al interior de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. En línea con lo establecido en el convenio de asociación C507-2020, se ha acordado evaluar la sostenibilidad de ambas cuencas bajo 8 escenarios, a saber:
    - Escenario 1: Proyectos en operación

    - Escenario 2: Proyectos en operación y en construcción
    - Escenario 3: Proyectos en operación, en construcción y (licencia ambiental o concesión de agua)
    - Escenario 4: Proyectos en operación, en construcción, (licencia ambiental o concesión de agua) y (Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y Tramite de licencia ambiental)
    - Escenario 5: Proyectos en operación, en construcción, (licencia ambiental o concesión de agua), (Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o Tramite de licencia) y (Diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes)
    - Escenario 6: Optimista
    - Escenario 7: Moderado
    - Escenario 8: Pesimista
- **Paso 7 - Definición de rangos y categorías de sostenibilidad:** Establecer los rangos en los cuales el indicador de sostenibilidad expresa una condición buena, regular y mala.
- **Paso 8 - Definición de límites de sostenibilidad (Capacidad de carga):** Abordar la construcción de las curvas de sostenibilidad para la definición de los límites de sostenibilidad (Capacidad de carga).

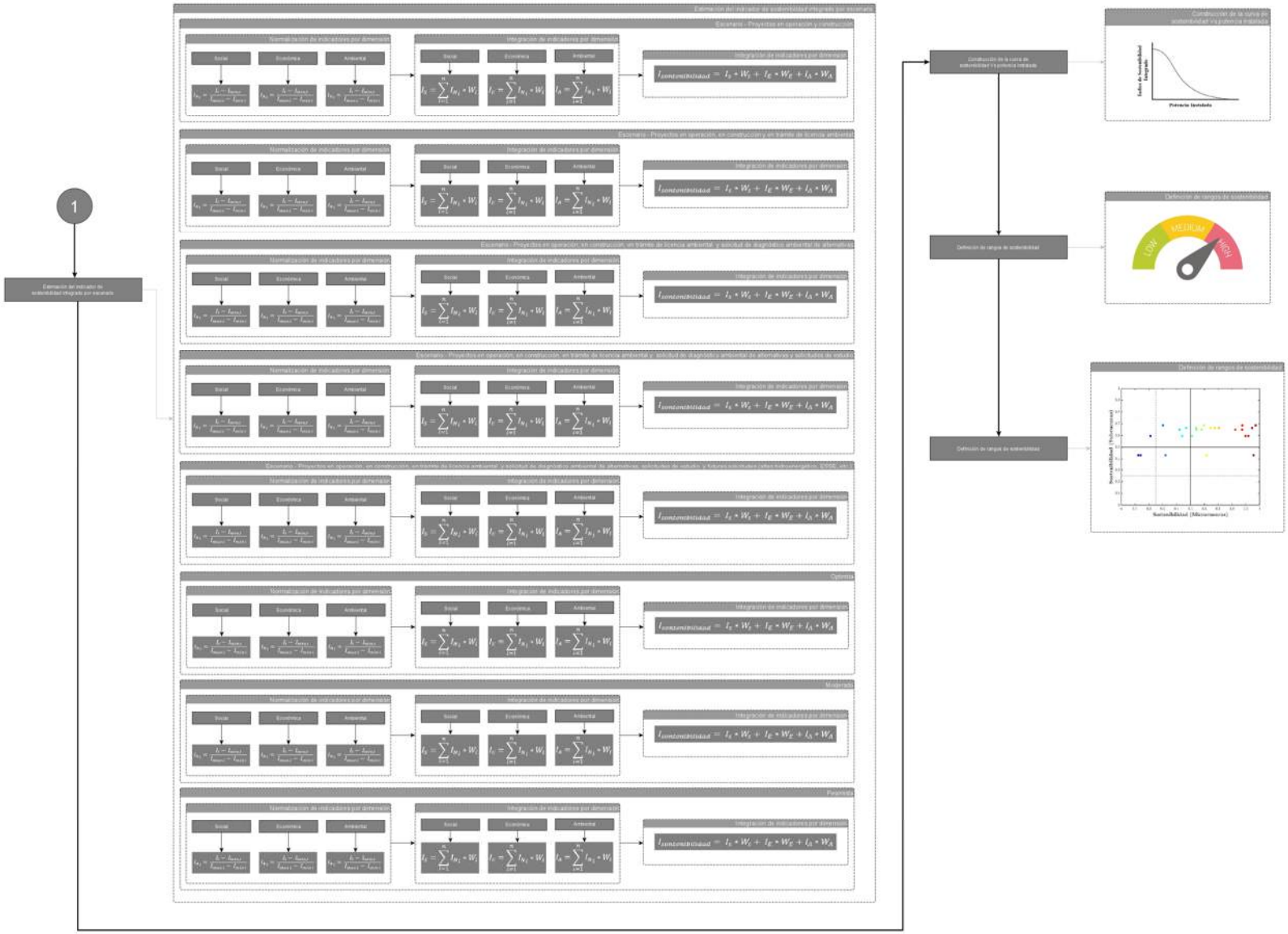
En la Figura 22 se presentan esquemáticamente los pasos que componen el marco técnico para la evaluación y definición de límites de sostenibilidad

Figura 22. Esquema del marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 23. Continuación de esquema del marco metodológico para la evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

4.1.1 *Paso 1: Diagnóstico ambiental, económico y social*

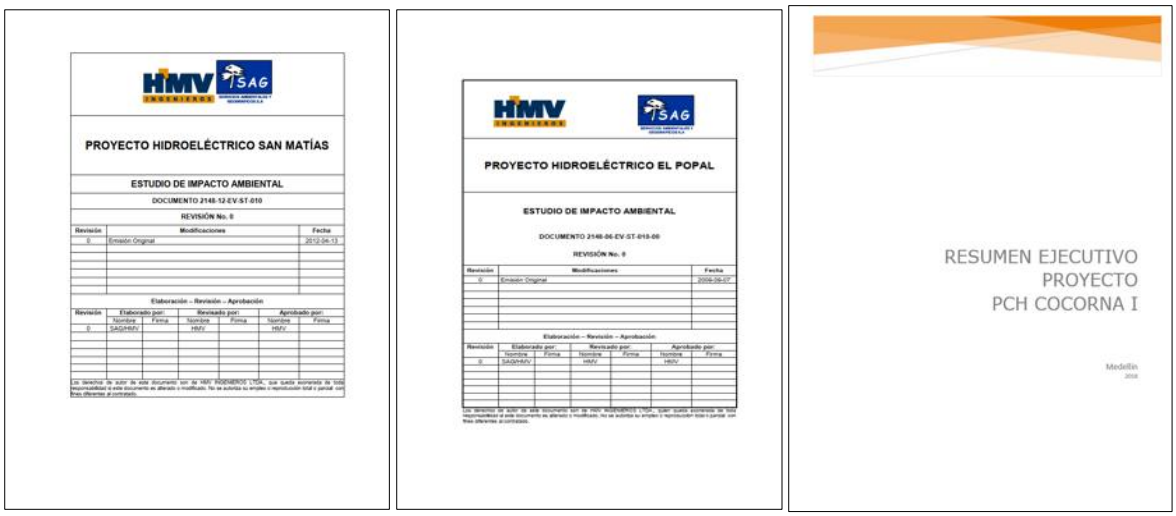
El primer paso del marco metodológico consiste en realizar un diagnóstico completo de los componentes ambientales, económicos y sociales de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Este paso tiene como objetivo lograr un entendimiento lo suficientemente completo de las dinámicas que tiene lugar en ambas cuencas, de tal forma que los indicadores que se seleccionen respondan a las condiciones particulares del área de estudio.

El diagnóstico prevé la revisión de estudios técnicos y científicos sobre las características ambientales, económicas y sociales en ambas cuencas (ver Figura 24). En este sentido, se revisarán los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes de Manejo y Ordenamiento de Cuencas (POMCAS)[1], Estudios de Impacto Ambiental (EIA) asociados a los proyectos hidroeléctricos, Los Planes de Turismo, Estudios y Evaluaciones de Riesgo, Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), entre otros documentos relevantes.

Figura 24. Ilustración de una fracción de los documentos a revisar en el diagnóstico



[1] Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2017b); Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2017a);



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

4.1.2 *Paso 2: Definición de unidad mínima de análisis*

La unidad mínima de análisis (UMA) constituye la entidad geográfica donde se realizarán los análisis de sostenibilidad. La idea detrás de las UMAs más allá de tener un análisis detallado es poder identificar patrones a nivel espacial en donde las cuencas experimentan una mayor o menor sostenibilidad. Este concepto permite que las instituciones puedan focalizar sus esfuerzos en la mejora o mantenimiento de la sostenibilidad en zonas específicas de la cuenca.

La definición de las UMAs puede orientarse bajo múltiples criterios, tales como: coberturas, cuencas, unidades de paisaje, unidades geomorfológicas, unidades administrativas, veredas, municipios, entre otros. Ahora bien, independiente del criterio o el conjunto de criterios seleccionados, la delimitación que se obtenga condicionará de manera directa los indicadores que puedan ser utilizados para explicar la sostenibilidad en cada dimensión (social, económica y ambiental). Además, la disponibilidad de información y el grado de representatividad juegan también un papel importante en la definición de las UMAs.

En este orden de ideas, el segundo paso del marco metodológico aborda la segmentación espacial de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, en unidades espaciales más pequeñas, basados en el criterio hidrológico de cuenca hidrográfica.

Una cuenca hidrográfica es un espacio físico definido por los límites que imponen las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales, convergiendo en un mismo punto (Dolores Garay & Gabriel Aguero, 2018). Al punto que recoge toda la escorrentía que se produce en una cuenca hidrográfica se denomina punto de cierre o punto de concentración de la cuenca (CVC, 2017).

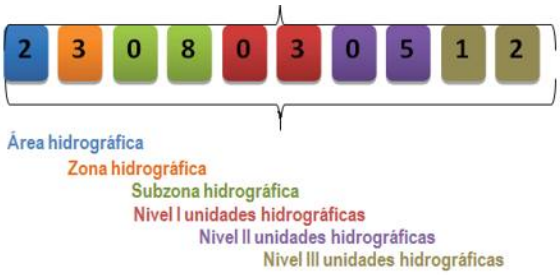
La delimitación de una cuenca hidrográfica consiste en definir la línea de *divortium aquarum* (divisoria de aguas), la cual se denomina como “fronteras del sistema” y son un requisito para establecer los modelos hidrológicos de toda la superficie de la cuenca (IDEAM, 2013). La línea de divisoria de aguas es una línea curva definida por las altitudes y que tiene su punto de cierre en la zona más baja de la cuenca. La longitud de la línea divisoria es el perímetro de la cuenca y la superficie que encierra dicha curva es el área (Dolores Garay & Gabriel Aguero, 2018). A nivel

general, la CVC (2017) presenta algunas reglas básicas que se deben seguir al delimitar una cuenca hidrográfica:

- Su delimitación comienza en el punto con líneas siempre perpendiculares a las curvas de nivel.
- La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras, cruzando los valles que éstas delimitan.
- La divisoria de aguas nunca debe interceptar los cauces naturales.

De acuerdo con el alcance definido para el proyecto, en el análisis de sostenibilidad se considerarán las subcuencas o cuencas del nivel subsiguiente 2 (NSS2) y sus microcuencas o cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS3) de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM, la cual propone la codificación de unidades hidrológicas a través de un compuesto numérico consecutivo de 10 dígitos. En la Figura 25 se muestra como está conformado el sistema de codificación.

Figura 25. Sistema de codificación de unidades hidrológicas de análisis



Fuente: IDEAM (2013)

La delimitación en nivel subsiguiente 3 ya ha sido adelantada por la Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare. Por cuanto, éstas serán las unidades mínimas de análisis adoptadas para la aplicación del marco metodológico (Ver Figura 363).

Figura 26. Cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS3) de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur



Cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS3) del río Samaná Sur **Cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS3) del río Samaná Sur**

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En total la cuenca del río Samaná Norte se encuentra dividida en 22 cuencas de nivel subsiguiente 2 y 220 cuencas de nivel subsiguiente 3 (ver Tabla 16). La cuenca del río Samaná Sur se encuentra dividida en 22 cuencas de nivel subsiguiente 2 y 140 cuencas de nivel subsiguiente 3 (ver Tabla 17).

Tabla 16. Áreas y Códigos Subcuencas (NSS2) Río Samaná Norte

CÓDIGO NSS2	NOM_NSS2	Área (ha)
2308-03-01	Río Samaná Norte Parte Baja	3.124,04
2308-03-02	Río Samaná Norte - Quebrada La Miranda	7.865,13
2308-03-03	Río Samaná Norte - Quebrada La Arabia	4.203,68
2308-03-04	Río San Miguel	9.754,63
2308-03-05	Quebrada Peñol Grande	2.168,01
2308-03-06	Río Dormilón	6.889,67
2308-03-07	Río Samaná Norte - Quebrada Quebradon Y Quebrada Rabiocadal	6.879,75
2308-03-08	Quebrada La Tebaida	5.266,25
2308-03-09	Río Samaná Norte - Quebrada La Miranda	5.757,90
2308-03-10	Río Calderas Parte Alta	13.922,52
2308-03-11	Río Samaná Norte - Río Áures	3.169,43
2308-03-12	Río Tafetanes	14.563,72
2308-03-13	Río Samaná Norte Sector La Mesa 1	134,17
2308-03-14	Río Cocorná	21.724,08
2308-03-15	Río Samaná Norte Sector La Mesa	3.334,95
2308-03-16	Río Santo Domingo	33.516,07
2308-03-17	Río Samaná Norte - Quebrada Buga - Quebrada Dos Quebradas	4.440,18
2308-03-18	Río Verde	33.869,82
2308-03-19	Río Calderas Parte Baja	8.967,15
2308-03-20	Río Chumurro	8.571,41
2308-03-21	Río Cocorná Parte Baja	1.274,31
2308-03-22	Río Verde Parte Baja	1.433,08

Fuente: Cornare (2021)

Tabla 17. Áreas y Códigos Subcuencas (NSS2) Río Samaná Sur

CÓDIGO NSS2	NOM_NSS2	Área (ha)
2305-01-01	Quebrada Mulatos Y Directos Al Río Samaná Sur 01	3.682,62
2305-01-02	Quebrada Chamberi	3.096,36
2305-01-03	Quebrada Mulatos Y Directos Al Río Samaná Sur 03	4.894,86
2305-01-04	Dos Quebradas (La Palma)	2.512,07
2305-01-05	Río San Lorenzo Y Directos Al Río Samaná Sur 05	15.826,98
2305-01-06	Río Paloma	11.834,08
2305-01-07	Directos Al Río Samaná Sur 07	1.727,79
2305-01-08	Río Negrito	7.329,44
2305-01-09	Río Hondo Y Directos Al Río Samaná Sur 09	5.507,41
2305-01-10	Quebrada Espíritu Santo	3.187,66
2305-01-11	Río Negrito Parte Baja	16,38
2305-01-12	Río San Pedro	10.465,41
2305-01-13	Río La Paloma Parte Baja	657,66
2305-01-14	Río Alto Samaná Sur	12.561,41
2305-01-15	Quebrada Santa Ulasia, Quebrada Santa Rita Y Directos Al Río Samaná Sur 15	7.115,95
2305-01-16	Río Dulce	4.596,30
2305-01-17	Río San Pedro Parte Baja	45,52
2305-01-18	Río Dulce	4.296,10
2305-01-19	Directos Al Río Samaná Sur 19	4.262,94
2305-01-20	Quebrada Riachuello	2.973,64
2305-01-21	Directos Al Río Samaná Sur 21	7.130,75
2305-01-22	Río Claro	2.910,62

Fuente: Cornare (2021)

4.1.3 *Paso 3: Identificación y selección de subindicadores por dimensión ambiental, económica y social*

La evaluación de la sostenibilidad basada en indicadores busca mediante uno o más indicadores medir la sostenibilidad de un sistema. En el caso particular de este estudio, la sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. De acuerdo con Juwana et al. (2012) para aplicar la evaluación de la sostenibilidad basada en indicadores, los elementos comunes a considerar incluyen la selección de componentes[2] e indicadores, la obtención de valores de subíndice de componentes e indicadores, la ponderación de componentes e indicadores, la agregación de componentes e indicadores y el análisis de robustez del índice.

De esta forma, el paso 3 tiene como objetivo identificar y seleccionar por dimensión (ambiental, social y económica) el grupo de indicadores (los cuales denominaremos de aquí en adelante como subindicadores) que capturan de mejor forma las características y condiciones a las cuáles se ven sometidas las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

La metodología de mayor uso para creación y selección de indicadores corresponde al modelo de Presión – Estado - Respuesta (PER). La idea de este modelo es considerar indicadores que expresen el estado en el cual se encuentra un sistema, así como también que indiquen el efecto que ejercen las intervenciones de carácter antrópico sobre el mismo (Sarandón & Flores, 2009). Un ejemplo claro de aplicación de esta metodología lo brinda Chaves & Alipaz (2007) en el desarrollo de su Índice de Sostenibilidad de Cuencas (WSI por sus siglas en ingles), así como también es sugerida por autores como Waas et al. (2014) y Petrosyan (2010).

Para la aplicación del modelo PER, es necesario conocer en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, cuáles son las intervenciones de carácter antrópico (generadores de impactos) que ejercen presión sobre las dimensiones ambiental, social y económicas de ambas cuencas. Luego, se deben identificar las presiones que generan dichas intervenciones y la respuesta que proporcionan ambas cuencas a éstas. Conociendo estos aspectos, es posible identificar los indicadores que capturan de mejor manera las perturbaciones (positivas o negativas) a las cuales se ven sometidas las dos cuencas de estudio.

En los siguientes numerales se describen cada uno de los pasos para la identificación y selección de indicadores por dimensión ambiental, económica y social. Sin embargo, antes de esto es necesario definir algunos conceptos que permitirán tener una mayor claridad sobre el marco adoptado.

- **Indicador**

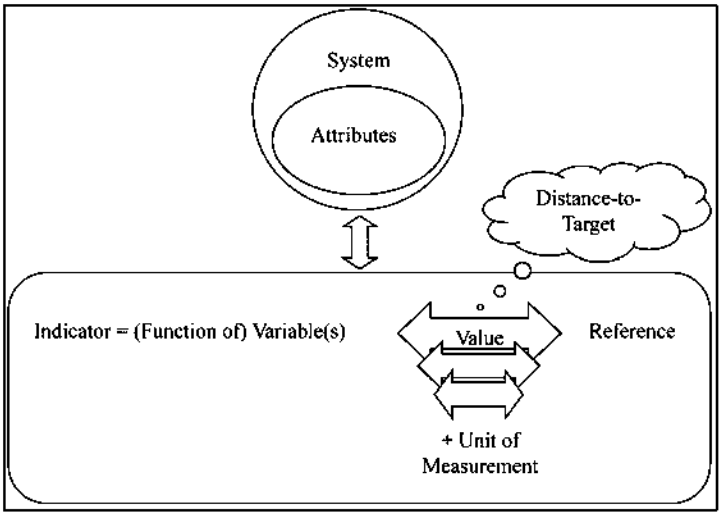
Un indicador o índice será entendido desde un enfoque de sistema tal como lo plantea Waas et al. (2014) en su versión ampliada de la definición de Gallopin (2005), como:

"La representación operativa de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema dado, mediante una variable cuantitativa o cualitativa (por ejemplo, números, gráficos, colores, símbolos) (o función de variables), incluido su valor, relacionado a un valor de referencia"

La definición anterior, puede ser esquematizada tal como se presenta en la Figura 27.

[2] conjunto o grupo de indicadores que dan lugar a un indicador compuesto

Figura 27. Presentación esquemática de la definición de indicador



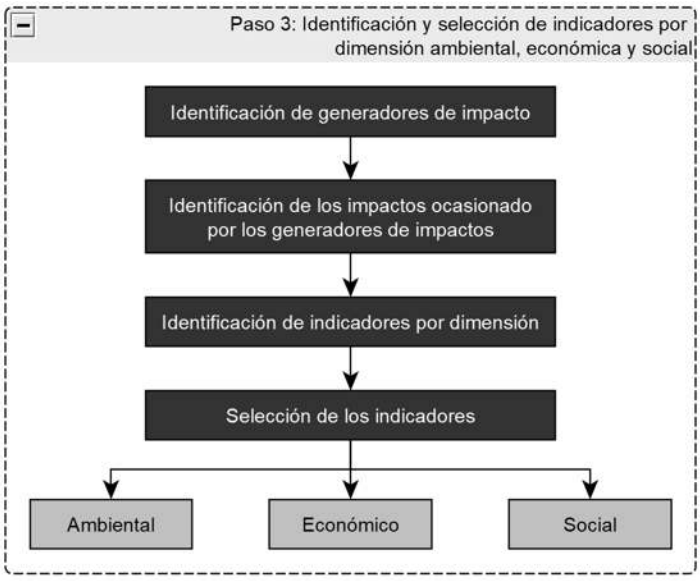
Fuente: Waas et al. (2014)

- **Generador de impacto**

Se entiende por generadores de impacto aquellas intervenciones de carácter antrópico que generan perturbaciones en las características físicas, biológicas, sociales o económicas de un hidrosistema como por ejemplo una central hidroeléctrica, vías, puentes, alcantarillas, distritos de riego, plantaciones forestales, etc.

La Figura 28 presenta un resumen de los pasos para la identificación y selección de indicadores por dimensión ambiental, económica y social.

Figura 28. Resumen de pasos para la identificación y selección de indicadores por dimensión ambiental, económica y social

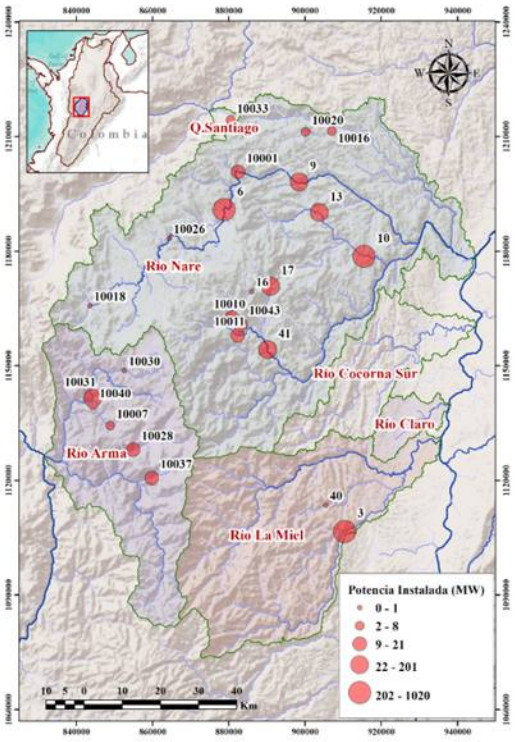


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

4.1.3.1 Paso 3.1: Identificación de generadores de impacto

El paso 3.1 del marco metodológico busca identificar aquellos factores de carácter antrópico que generan presión sobre los sistemas de análisis, orientado a la selección de los indicadores que serán utilizados en la estimación de la sostenibilidad del sistema. En concordancia con el alcance establecido para el proyecto, se considera como principal generador de impacto sobre las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, los proyectos hidroeléctricos de pequeña, mediana y gran escala. De acuerdo con el estudio desarrollado por TNC (2019) denominado "*Evaluación de impactos acumulativos del sector hidroeléctrico en la jurisdicción de Cornare*", se identifican más de 20 proyectos que actualmente se encuentran en operación y/o en proceso de construcción en el área de jurisdicción de Cornare (ver Figura 29). Adicionalmente, este estudio muestra más de 30 proyectos hidroeléctricos en el catálogo a futuro de acuerdo con estudios de potencial hidroenergético y de las solicitudes que a la fecha del estudio realizado por TNC (2019) se encontraban en proceso para análisis por Cornare (ver Figura 30).

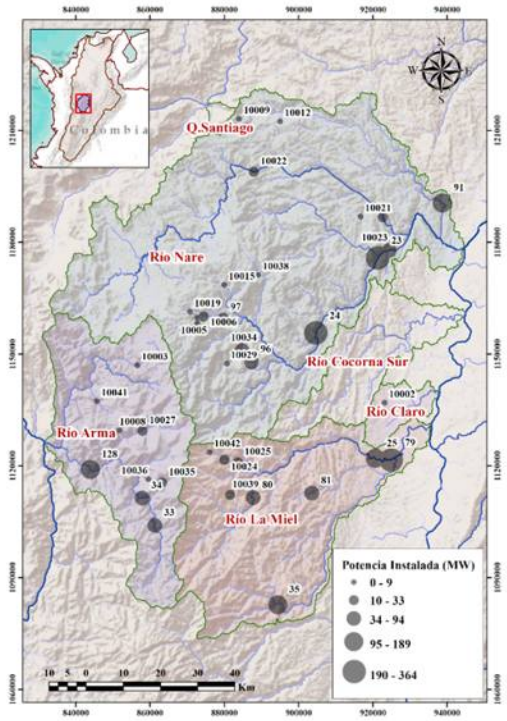
Figura 29. Proyectos hidroeléctricos construidos y/o en operación en las cuencas de los ríos Nare, Arma, Cocorná Sur, río Claro y Samaná Sur



Project-ID	Nombre	Potencia Instalada (MW)
3	La Miel I	396
6	Guatapé	560
9	San Lorenzo (Jaguas)	170
10	Punchiná (San Carlos)	1020
13	Playas	201
16	Tafetanes	0
17	Calderas	26
40	TR Manso	0
41	San Miguel	44
10001	Alejandría	19
10007	El Abejorral	1.5
10010	El Molino	20
10011	El Popal	21
10016	La Cascada II	2.3
10018	La Fé	0
10020	La Rebusca	1.3
10026	Río Abajo	0.9
10028	Río Aures II	17.17
10030	Río Piedras	0
10031	Sabaletas	25
10033	Santiago	1.5
10037	Sonsón I	12.5
10040	Yeguas I	8
10043	San Matías	21

Fuente: TNC (2019)

Figura 30. Proyectos hidroeléctricos proyectados en las cuencas donde la Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare – Cornare tiene jurisdicción



Project-ID	Nombre	Potencia Instalada (MW)
23	Porvenir 2	352
24	Porvenir 1	364
25	Samaná Medio	175

Project-ID	Nombre	Potencia Instalada (MW)
33	Encimadas	94
34	Cañaveral	80
35	La Miel II	120
79	Butantán	268
80	Puente Linda	52
81	San Diego	54
91	Nus	189
96	Santo Domingo	48
97	Pantagoras	33
128	Aguadas	124
10002	Alfaguara	0.4
10003	Chilsa	2
10004	Cocorna I	7.72
10005	Cocorna II	9
10006	Cocorna II	16
10008	El Cable	5.9
10009	El Limón	0.99
10012	El Trapiche II	8
10014	Hidronare	14
10015	La Cascada I	1.5
10019	La Hundida	8.18
10021	Llanadas	2.14
10022	Nare	20
10023	Palagua	89
10024	Paloma III	13.45
10025	Paloma IV	12.7
10027	Rio Aures I	24.9
10029	Rio Melcocho	2
10034	Santo Domingo	56
10035	Sirgues Alto	15
10036	Sirguas Bajo	8.5
10038	Tafetanes	4.3
10039	Uvital	9.48
10041	Yeguas II	5.43
10042	Paloma I	6.99

Fuente: TNC (2019)

Como parte de las actividades que se realizarán en el paso 1 - diagnóstico, se encuentra la revisión de las solicitudes correspondientes a permisos de estudio, diagnósticos ambientales de alternativas, solicitudes de licencias o estudios ambientales (incluyendo los procesos en Cornare, Corpocaldas, Corantioquia y ANLA), entre otros. Con esta información se actualizará la condición de proyectos hidroeléctricos actuales y futuros.

4.1.3.2 Paso 3.2: Identificación de los impactos ocasionados por los generadores de impactos

El paso 3.2 consiste en identificar a través de estudios técnicos y científicos los impactos que ocasionan los generadores de impactos (proyectos hidroeléctricos) sobre las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Como una primera aproximación, se realizó una revisión de referencias bibliográficas a nivel mundial relacionadas con los impactos que los proyectos hidroeléctricos generan en la dimensión social, económica y ambiental (principalmente pequeñas centrales hidroeléctricas).

Aunque los impactos de las pequeñas represas aún no han sido estudiados con la misma profundidad como se ha hecho para las represas de mayor tamaño (Fung et al., 2019), como parte

de la revisión de literatura realizada, se lograron identificar estudios que documentan los impactos asociados a pequeños embalses, aun cuando estos no necesariamente tengan como objetivo la producción de energía eléctrica. Principalmente en la literatura se identificaron impactos asociados a pequeños embalses de tipo agrícola, los cuales, dadas las características que presentan, hacen que algunos impactos sean homologables a las pequeñas centrales hidroeléctricas.

Apoyados en el diagnóstico de ambas cuencas, los reconocimientos de campo y el análisis experto de los profesionales, en la Fase III del proyecto se plantea ampliar y seleccionar de esta primera revisión los impactos que mejor se ajusten a las pequeñas centrales hidroeléctricas y además enfocar dichos impactos a las cuencas particulares de estudio (utilizando la información disponible en los Estudios de Impacto Ambiental de los proyectos actuales y/o en proceso de licenciamiento).

De esta forma, en la Tabla 18 se presenta un resumen de los impactos asociados a los proyectos hidroeléctricos que han sido reportados por diversos autores.

Tabla 18. Impactos asociados a proyectos hidroeléctricos

Referencia	Componente	Sub-Componente	Impacto
Poff & Zimmerman (2010)	Medio Ambiente	Biológico	Aumento de las especies no nativas o cobertura no leñosa en llanuras de inundación secas
	Medio Ambiente	Hidrológico	Alteración del flujo (frecuencia, duración, sincronización y la tasa de cambio) en términos de extracción o extracciones de agua para riego
	Medio Ambiente	Biológico	Alteración en las respuestas ecológicas de los peces
Nathan & Lowe (2012)	Medio Ambiente	Hidrológico	Reducción del flujo en arroyos y ríos
	Medio Ambiente	Hidrológico	El potencial del ecosistema de las represas agrícolas como refugios de la sequía.
Mbaka & Wanjiru Mwaniki (2015)	Medio Ambiente	Biológico	Disminución de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados
	Medio Ambiente	Fisicoquímico*	Aumentos en la temperatura media del agua, el nitrógeno inorgánico disuelto y las concentraciones de nutrientes
Berg et al. (2016)	Medio Ambiente	Sedimentos	Variaciones en los regímenes de sedimentos por atrapamiento de sedimentos
Alvarez et al. (2007)	Medio Ambiente	Hidrológico	Incremento en la recarga de agua subterránea
Xu et al. (2013)	Medio Ambiente	Hidrológico	Aumento de hasta un 14.3% en la descarga anual
	Medio Ambiente	Sedimentos	Problemas de erosión en los cauces
Ayalew et al. (2017)	Medio Ambiente	Hidrológico	Reducción de los flujos máximos entre un 20% y un 70%
Frickel (1972)	Medio Ambiente	Hidrológico	Reducción de la descarga máxima en hasta un 18%
K. . Kennon (1966)	Medio Ambiente	Hidrológico	Aumento de hasta un 12% en la descarga anual

Referencia	Componente	Sub-Componente	Impacto
Ramireddygari et al. (2000)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución de escorrentía y nivel piezométrico
Martínez Alvarez et al. (2008)	Medio Ambiente	Hidrológico	Aumento de tasas evapotranspirativas
Culler (1961)	Medio Ambiente	Hidrológico	Reducción del 26% en la descarga anual
Dubreuil & Girard (2013)	Medio Ambiente	Hidrológico	Variaciones del 11% a - 24% en la descarga anual
Galéa et al. (2005)	Medio Ambiente	Hidrológico	Reducción en los flujos de invierno del 31% al 42%
Schreider et al. (2002)	Medio Ambiente	Hidrológico	Reducción del 9,5% en descarga anual
Thompson (2012)	Medio Ambiente	Hidrológico	Cambio en el régimen de flujo y reducciones del −40% en descarga anual
Hughes & Mantel (2010)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución de hasta un −17% en la descarga anual
			Disminución de hasta un -21.5% en la descarga anual
			Aumentos de hasta un 27% en la descarga anual
			Aumentos de hasta un 18 % en la descarga anual
			Aumentos de hasta un 16% en la descarga anual
			Disminución de hasta un -35% en la descarga anual
Tarboton & Schulze (1991)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −6% en la descarga anual
F. Habets et al. (2014)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −9% en la descarga anual
Meigh (1995)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −25% en la descarga anual
	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −13% en la descarga anual
	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −0.2% en la descarga anual
O'Connor (2001)	Medio Ambiente	Biológico	Mortalidad en vegetación por variaciones en los regímenes de flujo
Cetin et al. (2009)	Medio Ambiente	Hidrológico	Reducción de la captación anual promedio de escorrentía en un 7%
Fowler et al. (2015)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −22% en la descarga anual
Güntner et al. (2004)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −21% en la descarga anual
Neal et al. (2000)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −0.7% en la descarga anual
			Disminución del -3.1% en la descarga anual
			Disminución del −4.8% en la descarga anual
			Aumentos del 0.6 % en la descarga anual
			Disminución del −1.5% en la descarga anual
Malveira et al. (2012)	Medio Ambiente	Hidrológico	Afectaciones en la disponibilidad de agua
Teoh (2003)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −8% en la descarga anual
Thompson (2012)	Medio Ambiente	Hidrológico	Disminución del −1.1% en la descarga anual
			Disminución del −0.9% en la descarga anual

Referencia	Componente	Sub-Componente	Impacto
Jumani et al. (2020)	Medio Ambiente	Biológico	Perdida en la conectividad fluvial
Ersado, 2005; Fung et al. (2019); Kumar Sharma & Thakur (2017)	Social y económico	Social y económico	Afectaciones en el sector primario y la industria pesquera
			desplazamiento de comunidades
			cambios en las dinámicas culturales (cambios de vocación)
			inequidad en la distribución de agua
			aumento del conflicto por el agua atribuido al robo de agua y el incumplimiento de los acuerdos para compartir el agua
Harlan et al. (2021)	Social y ambiental	Social y ambiental	Reducción de la disponibilidad de agua para riego, cambios en las prácticas agrícolas y efectos negativos en la salud de los ríos
Hennig et al. (2013); Kibler & Tullos (2013)	Social y ambiental	Social y ambiental	Afectaciones en la calidad del agua que incide en enfermedades

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Como parte de la revisión realizada se encontró que estudios en lugares del mundo como Etiopía, California, China, Tailandia, refieren que los impactos de muchos embalses pequeños pueden superar los impactos de proyectos de mayor tamaño (Gleick, 1992).

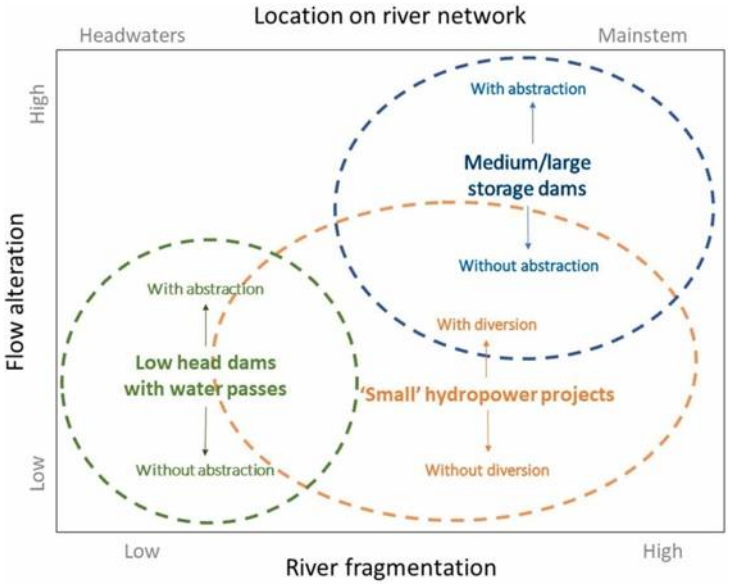
De acuerdo con Florence Habets et al. (2018) los impactos acumulativos de un conjunto de proyectos pequeños no necesariamente son la suma de los impactos individuales, pues estos pueden ser interdependientes, como embalses en cascada a lo largo del curso de un arroyo. Los impactos acumulativos no son la simple adición de impactos individuales: pueden desarrollarse a través de un proceso aditivo o incremental, un proceso supra-aditivo (donde el efecto acumulativo es mayor que la suma de los efectos individuales) o un proceso infra-aditivo (donde el efecto acumulativo es menor que la suma de los efectos individuales).

Carluer et al. (2016) por ejemplo, señala que cuando se consideran los impactos acumulativos de los embalses, tanto la tasa de filtración como el destino de la filtración son importantes. Se pueden dar casos en donde la infiltración en la pared de la presa puede influir aguas abajo en el río, sobre todo en las épocas de estiaje. Entre otros, Kennon (1966) observó que los ríos efímeros se han vuelto permanentes después de la implementación de presas construidas para prevenir la erosión y por aquellos estudios que incluyen la recarga de agua subterránea por filtración de presas (Carluer et al., 2016).

En el caso de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), aunque tienden a tener capacidades de almacenamiento más pequeñas en comparación con las presas grandes, su impacto en el alcance de la alteración del flujo puede variar según su ubicación, diseño y regímenes operativos. En términos de diseño, las PCH que almacenan y desvían agua de un vertedero a una central eléctrica aguas abajo dan como resultado la creación de tramos de ríos secos, que reducen la conectividad longitudinal, lateral y vertical. Además, comparativamente las PCH que no almacenan ni desvían agua del río, pueden tener un impacto menor en la alteración del flujo (Jumani et al., 2020). Sin embargo, en términos de la operación, se da como resultado flujos rápidos aguas abajo, los cuales generan afectaciones sobre la biota acuática y terrestre (Gallego-García & Castaño-Mora (2008); Poff & Zimmerman (2010).

Independientemente de la dimensión de un proyecto hidroeléctrico (ver Figura 31), uno de los impactos más significativos es la perdida de la conectividad longitudinal del río, producto del efecto barrera que genera. Jumani et al. (2020) menciona que la perdida de conectividad se ve agravada en cuencas con agrupación de numerosos proyectos sobre un mismo río, como ocurre en cuencas con presencia de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH). Este mismo autor además indica que el impacto de un solo proyecto hidroeléctrico sobre la fragmentación y la alteración del flujo puede variar considerablemente según los atributos de los proyectos individuales y su ubicación en la red fluvial.

Figura 31. Relación entre la ubicación y los impactos esperados sobre la fragmentación de la red fluvial y la alteración de los caudales, de un proyecto individual (represas de almacenamiento medianas / grandes, pequeños proyectos hidroeléctricos y represas de baja altura).



Fuente: Jumani et al. (2020)

Al igual que la fragmentación fluvial, el atrapamiento de sedimentos es un efecto inherente a los proyectos hidroeléctricos. Se ha registrado que estructuras grandes atrapan del 50% al 100% de la carga de sedimento entrante, generando una desconexión parcial del transporte de sedimentos entre las secciones aguas arriba y aguas abajo de la zona de captación. Algunos estudios que se centran en estructuras más pequeñas indican cifras similares que varían entre el 60% al 100% (Carluer et al., 2016).

Particularmente, para la cuenca del río Samaná Norte, estudios como el realizado por Gotta (2018) para las centrales hidroeléctricas El Popal, San Miguel y El Molino mostraron afectaciones en el cauce en términos de socavación de laderas, cambios morfológicos relacionados con la acumulación de depósitos a las márgenes de los ríos y modificaciones en la dinámica de sedimentos durante épocas de estiaje por retención de carga sólida (Ver Figura 390). Es importante señalar que la totalidad de la magnitud de estas afectaciones no se puede atribuir de manera directa a los proyectos, dado que estos coexisten con zonas de explotación minera informal que realizan las comunidades aledañas, las cuales también propician este tipo de afectaciones (Gotta, 2018).

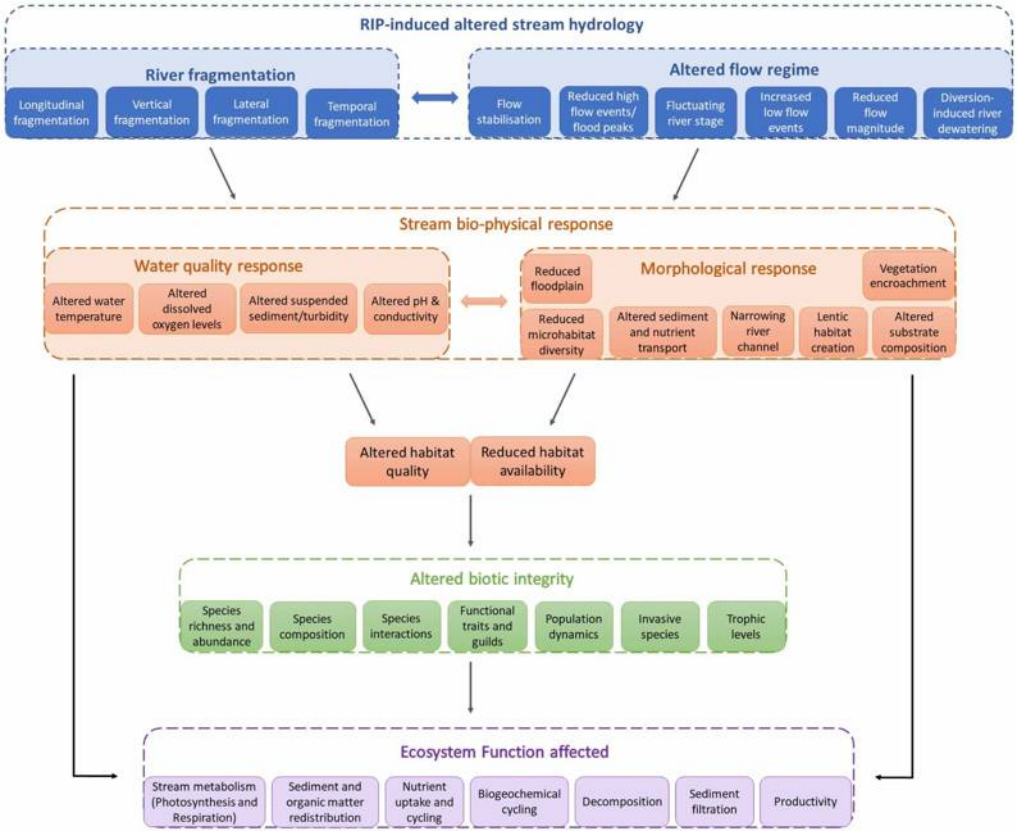
Figura 32. Afectaciones en el cauce en sitios con presencia de proyectos hidroeléctricos A) depósitos de arena en la margen izquierda del río Cocorná aguas arriba del proyecto El Popal, B) socavación de laderas en el río Caldera aguas arriba del proyecto San Miguel y C) retención de sedimentos del río San Matías en la zona de pondaje en el proyecto El Molino.



Fuente: Gotta (2018) tomado de TNC (2019)

A modo de síntesis, en la Figura 33 se presenta el diagrama de las alteraciones que generan los proyectos de infraestructura fluvial (RIP – Reservoir Infrastructure Project) adaptado por Jumani et al. (2020). En este esquema se ilustra las respuestas morfológicas y de calidad del agua (recuadros naranjas), de los cauces alterados (recuadros azules) por los RIP y su influencia en la integridad biótica (recuadros verdes) y la función del ecosistema (recuadros morados). Las flechas indican las vías o la direccionalidad de la influencia. Los recuadros discontinuos representan distintos niveles de impacto, y los recuadros de colores sólidos dentro de ellos representan los componentes principales relacionados con cada tema.

Figura 33. Alteraciones, respuestas y efectos inducidos por proyectos de infraestructura fluvial



Fuente: Jumani et al. (2020)

4.1.3.3 Paso 3.3: Identificación de indicadores potenciales por dimensión

El paso 3.3 del marco metodológico propuesto tiene como objetivo la consolidación de indicadores que potencialmente pueden ser usados en cada una de las dimensiones (ambiental, económica y social) para la estimación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

En este sentido, como parte de un primer ejercicio, se realizó una extensa revisión de estudios técnicos y científicos para logran un barrido completo de los indicadores de mayor uso en la definición de la sostenibilidad en cuencas hidrográficas. La información consolidada consultada se presenta en la Tabla 19.

Es de resaltar que, si bien esta revisión abarca un amplio espectro de indicadores, aún está abierta a la incorporación de nuevos indicadores, esto en función del refinamiento de los impactos que se realizará como parte de los hallazgos que se logren en el diagnóstico y los reconocimientos de campo.

Tabla 19. Indicadores potenciales para evaluación de la sostenibilidad

Cita	Componente	Indicador	Notas adicionales
Jager & McManamay (2014); Kumar & Katoch (2014); Goodland (1994)	Ambiental	Área de superficie del embalse	Área de superficie ribereño e inundado
Jager & McManamay (2014)	Social	Número de personas afectadas	Personas afectadas por el proyecto
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Canal del río inundado o deshidratado	Cantidad de hábitat acuático inundado o deshidratado
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Diversidad de hábitats ribereños y terrestres	Diversidad (número) de hábitats ribereños y terrestres inundados o deshidratados
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Conectividad a escala de cuenca	Porcentaje de la cuenca del río que contribuye a la represa
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Conectividad a escala de subcuenca	Porcentaje de subcuenca que contribuye a la presa
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Efectos directos sobre la conservación terrestre	Área terrestre de conservación inundada o deshidratada
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Efectos indirectos sobre la conservación terrestre	Proximidad de las áreas de conservación al sitio del proyecto
Jager & McManamay (2014); Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014)	Ambiental	Riesgo de deslizamiento de tierra	Áreas de alto y severo riesgo de deslizamientos de tierra inundadas o deshidratadas
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Potencial sísmico	Índice de profundidad, volumen y proximidad del yacimiento de fallas activas
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Potencial de modificación del flujo	Porcentaje de escorrentía anual almacenada en embalse o desviada del río
Jager & McManamay (2014); Klimpt et al. (2002); Kumar & Katoch (2014); BAKIS & DEMIRBAS (2004); Gallego Carrera & Mack (2010)	Ambiental	Potencial de modificación de sedimentos, deposición de sedimentos	Eficiencia de la trampa del reservorio
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Severidad de la deshidratación del canal (espacial)	Longitud del canal deshidratado
Jager & McManamay (2014)	Ambiental	Severidad de la deshidratación del canal (temporal)	Porcentaje de tiempo en que permanece el canal deshidratado
Jager & McManamay (2014); Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014); Klimpt et al. (2002); Vera & Langlois (2007); Evans et al. (2009); Nautiyal et al. (2011); IHA (2020b, 2020a); Liu et al. (2013), Morimoto (2013)	Social	Cambio de residencia, efecto en las actividades culturales, desplazamiento de la población, participación pública, oportunidades laborales, pobreza, beneficios del proyecto y estilo o calidad de vida de las comunidades locales	Efectos de desplazamiento
George et al. (2021)	Ambiental	Flujo diario medio	Caudal medio diario de la cuenca
George et al. (2021)	Ambiental	Variabilidad en los flujos diarios	Variabilidad en los flujos diarios
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Ali et al. (2019); Zhang et al. (2015); Gorla & Perona (2013)	Ambiental	Flujo mensual medio	Flujo mensual medio para todos los meses
George et al. (2021); Tharme (2003)	Ambiental	Escorrentía media anual	Escorrentía
George et al. (2021); Tharme (2003); Richter et al. (1998); Ali et al. (2019); Zhang et al. (2015)	Ambiental	Caudal base 1	Caudal mínimo de siete días dividido por los caudales diarios medios anuales promediados en todos los años.
George et al. (2021)	Ambiental	Caudal base 2	Media de la relación entre el caudal diario anual más bajo y el caudal diario anual medio multiplicado por 100 promediados todos los años
George et al. (2021)	Ambiental	Caudales máximos anuales medios	Caudales máximos anuales medios divididos por área de captación
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Ali et al. (2019); Zhang et al. (2015); Gorla & Perona (2013)	Ambiental	Magnitud del flujo anual mínimo para medias de 1/3/7/30/90 días	Magnitud del flujo anual mínimo para medias de 1/3/7/30/90 días
George et al. (2021)	Ambiental	Número de días de flujo cero	Número de días de flujo cero
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Ali et al. (2019); Zhang et al. (2015); Gorla & Perona (2013)	Ambiental	Máximos anuales de medios de descarga diaria de 1/3/7/30/90 días	Máximos anuales de medios de descarga diaria de 1/3/7/30/90 días
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Zhang et al. (2015); Gorla & Perona (2013); Ali et al. (2019)	Ambiental	Recuento de pulsos de inundación bajo	Número de ocurrencias anuales durante las cuales la magnitud del flujo permanece por debajo de un umbral más bajo
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Zhang et al. (2015); Gorla & Perona (2013); Ali et al. (2019)	Ambiental	Recuento de pulsos de alta inundación	Número de ocurrencias anuales durante las cuales la magnitud del flujo permanece por encima de un umbral más alto
George et al. (2021)	Ambiental	Frecuencia de inundaciones	Número medio de eventos de alto flujo por año utilizando 3 veces la mediana del flujo anual
George et al. (2021)	Ambiental	Frecuencia de inundaciones	Número medio de eventos de alto flujo por año utilizando 7 veces la mediana del flujo anual
George et al. (2021)	Ambiental	Constancia	Tiempos de duración del evento de flujo
George et al. (2021)	Ambiental	Previsibilidad	Tiempos de previsibilidad del evento de flujo
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Zhang et al. (2015)	Ambiental	Tasa de subida.	Tasa media de cambios positivos en el flujo de un día a otro.
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Zhang et al. (2015)	Ambiental	Tasa de caída.	Tasa media de cambios negativos en el flujo de un día para el siguiente.
George et al. (2021)	Ambiental	Área de contribución	Área de la cuenca
George et al. (2021)	Ambiental	Extracciones anuales totales	Volumen de agua demandado
George et al. (2021)	Ambiental	Almacenamiento de embalses estandarizado por escorrentía anual total	
George et al. (2021)	Ambiental	Densidad de presas	presas por km2 de canal de río humedecido
George et al. (2021)	Ambiental	Índice de estrés hídrico	extracciones anuales totales estandarizadas por escorrentía anual promedio
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Ali et al. (2019); Zhang et al. (2015); Gorla & Perona (2013)	Ambiental	Duración media de los pulsos altos dentro de cada año	
George et al. (2021); Richter et al. (1998); Ali et al. (2019); Zhang et al. (2015); Gorla & Perona (2013)	Ambiental	Duración media de los pulsos bajos dentro de cada año	

Tharme (2003)	Ambiental	Esfuerzo cortante bentónico	
Tharme (2003)	Ambiental	Duración del flujo	
Tharme (2003)	Ambiental	Descarga natural anual	
Richter et al. (1998); Gorla & Perona (2013)	Ambiental	Fecha juliana de cada día anual de máxima descarga	
Richter et al. (1998); Gorla & Perona (2013)	Ambiental	Fecha juliana de cada día anual de mínima descarga	
Richter et al. (1998)	Ambiental	Número de días con flujo cero	
Tharme (2003); Ali et al. (2019); Zhang et al. (2015); Gorla & Perona (2013); Cakir et al. (2020)	Ambiental	Indicador de alteración hidrológica (IHA)	Grado de alteración del caudal posterior a la construcción del embalse en comparación con el anterior a la construcción
Latrubesse et al. (2017)	Ambiental	Vulnerabilidad ambiental de las presas	Compuesto por los subíndices Dinámica fluvial, impacto de presas e Integridad de la cuenca
Latrubesse et al. (2017)	Ambiental	Dinámica fluvial	Mide la influencia de los flujos de sedimentos transportados por los ríos, la actividad morfodinámica de los ríos y el rango de etapas del pulso de la crecida
Latrubesse et al. (2017)	Ambiental	Impacto de presas	Cuantifica cómo gran parte del sistema fluvial se verá afectado por las presas planificadas y construidas
Latrubesse et al. (2017); Morimoto (2013)	Ambiental	Integridad de la cuenca	Vulnerabilidad del rio principal de una cuenca al cambio de uso de la tierra existente y potencial, erosión potencial y contaminación por escorrentías
Zhang et al. (2015)	Ambiental	Duración del caudal	
Zhang et al. (2015); Klimpt et al. (2002)	Ambiental	Flujo ecológico, ecoexcedente y ecodéficit	Umbrales diarios percentiles de 25% y 75%
J. Li, Dong, Peng, et al. (2013)	Ambiental	Similitud de Jaccard	Pérdida de diversidad de peces y la homogeneización biótica
J. Li, Dong, Liu, et al. (2013); J. Li, Dong, Peng, et al. (2013)	Ambiental	Integridad biológica (IBI)	Evaluación de conjuntos de peces como indicador de la salud del ecosistema acuático
J. Li, Dong, Peng, et al. (2013)	Ambiental	Integridad biológica de los peces modificado (F-IBI)	Evaluación de las condiciones ambientales acuáticas para uso local debido a la fauna ictiológica distintiva de diferentes regiones
J. Li, Dong, Peng, et al. (2013)	Ambiental	European Fish Index (EFI)	Índice Específico de la región, dependiente de la fauna de peces, el clima, el hábitat y las condiciones ecológicas locales
J. Li, Dong, Liu, et al. (2013)	Ambiental	Integridad biótica del fitoplancton (P-IBI)	Variación en la integridad biológica y la degradación del ecosistema acuático antes y después de la construcción de presas en cascada
J. Li, Dong, Liu, et al. (2013); Shannon (1948)	Ambiental	Índice de Shannon	Mide la biodiversidad específica
J. Li, Dong, Liu, et al. (2013)	Ambiental	Índice de Margalef	Estima la biodiversidad
Gorla & Perona (2013); Vera & Langlois (2007)	Económico	Producción de energía, productividad industrial	
Goodland (1994) ;Kumar & Katoch (2014)	Social	Reasentamiento involuntario	
Goodland (1994); Kumar & Katoch (2014)	Social	Cooperación de los desalojados y participación de todos los interesados	
Goodland (1994); Kumar & Katoch (2014); Onat & Bayar (2010)	Económico	Pérdida de agricultura	
Kumar & Katoch (2014); Sarkar & Karagöz (1995)	Social	Reubicación de personas	
Kumar & Katoch (2014); Sarkar & Karagöz (1995)	Social	Enfermedades relacionadas con el agua y patrimonio cultural	
Kumar & Katoch (2014); Sarkar & Karagöz (1995); Klimpt et al. (2002)	Ambiental	Pérdida de biodiversidad	
Kumar & Katoch (2014); Sarkar & Karagöz (1995)	Ambiental	Mal impacto en la pesca, efecto en los recursos forestales y tierras adquiridas para el proyecto.	
Kumar & Katoch (2014); Vera & Langlois (2007); Nautiyal et al. (2011); Sarkar & Karagöz (1995)	Económico/social	Recreación, turismo y navegación, desarrollo de las principales actividades económicas	
Afgan et al. (2000); Kumar & Katoch (2014); BAKIS & DEMIRBAS (2004); Vera & Langlois (2007); Maxim (2014); Dombi et al. (2014); Scannapieco et al. (2014)	Social	Generación de empleo, nivel de vida y beneficios comunitarios	
Afgan et al. (2000); Kumar & Katoch (2014); Vera & Langlois (2007); Onat & Bayar (2010); Maxim (2014)	Ambiental	Contaminación del aire, agua y el suelo.	Emisión de CO_2, NO_x y SO_2
Evans et al. (2009); Nautiyal et al. (2011)	Económico	Eficiencia energética	Inversión por unidad de potencia y costo de energía por unidad de kW.
Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014)	Social	Efecto de las comunidades indígenas.	
Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014)	Social	Enfermedades relacionadas con el agua,	
Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014)	Social	Construcción de nuevas carreteras, colonización, tráfico indeseable e inmigración	
Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014); Klimpt et al. (2002); Evans et al. (2009); Nautiyal et al. (2011)	Ambiental	Inundación de áreas inmobiliarias y escénicas,	
Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014); Klimpt et al. (2002)	Ambiental	Extinción de especies vegetales o animales, efecto sobre especies vulnerables y sus hábitats	
Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014); Vera & Langlois (2007); K. Kaygusuz (2009)	Ambiental	Peces migratorios, deforestación, cambio climático	
Kamil Kaygusuz (2002); Kumar & Katoch (2014); Vučijak et al. (2013)	Económico	Costo de construcción	

Klimpt et al. (2002); Kumar & Katoch (2014); Vera & Langlois (2007); Gallego Carrera & Mack (2010); IHA (2020b, 2020a); Liu et al. (2013); Onat & Bayar (2010); Maxim (2014); Scannapieco et al. (2014); Morimoto (2013)	Social	Salud pública, aceptabilidad, educación y efecto en los sitios del patrimonio.	
Klimpt et al. (2002); Kumar & Katoch (2014); Gallego Carrera & Mack (2010); IHA (2020b, 2020a); Liu et al. (2013); Onat & Bayar (2010); Vučijak et al. (2013); Rosso et al. (2014)	Ambiental	Pérdida de biodiversidad, calidad y cantidad del agua.	Temperaturas del agua más altas, niveles más bajos de oxígeno disuelto, niveles alterados de pH, hábitat y especies reducidos, diversidad y poblaciones reducidas de macroinvertebrados y peces nativos y productividad
BAKIS & DEMIRBAS (2004); Kumar & Katoch (2014); Evans et al. (2009); Nautiyal et al. (2011); Kumar & Katoch (2014); Scannapieco et al. (2014); Morimoto (2013)	Económico	Costo unitario, mantenimiento y costo de capital. VPN y EPBT	Costo de generación de electricidad, mantenimiento. Tiempo de recuperación de energía
Kumar & Katoch (2014); Evans et al. (2009); Nautiyal et al. (2011); Dombi et al. (2014)	Ambiental	Gases de efecto invernadero	Cuantificación de las emisiones de GEI
Kumar & Katoch (2014); Evans et al. (2009); Nautiyal et al. (2011)	Social	Acceso al agua	Acceso al agua de riego regular
K. Kaygusuz (2009); Kumar & Katoch (2014); Rosso et al. (2014)	Económico	Mitigación de inundaciones y sequias	
IHA (2020b, 2020a); Kumar & Katoch (2014); Liu et al. (2013); Morimoto (2013)	Ambiental	Especies raras en peligro de extinción, paso de especies de peces, especies de plagas dentro del embalse (flora y fauna), impactos de las actividades de construcción en el medio ambiente terrestre y acuático. y adopción de sistemas de gestión ambiental auditados independientemente	
IHA (2020b, 2020a); Kumar & Katoch (2014); Liu et al. (2013)	Económico	Emisiones de GEI y mejor calidad del aire y período de recuperación	Ahorros en emisiones de GEI y mejor calidad del aire y tiempo de recuperación
Kumar & Katoch (2014); Vučijak et al. (2013); Scannapieco et al. (2014)	Ambiental	Indicadores biológicos, condiciones morfológicas, hábitats terrestres y calidad del agua y fauna de peces	
Kumar & Katoch (2014); Vučijak et al. (2013)	Económico	Capacidad instalada (MW) y capacidad de producción (GWh / a)	
Kumar & Katoch (2014); Maxim (2014); Dombi et al. (2014); Kumar & Katoch (2014); Scannapieco et al. (2014)	Económico	Costo nivelado de energía (LCOE), capacidad para responder a la demanda, eficiencia y factor de capacidad (los últimos tres clasificados bajo factores tecnológicos)	
Kumar & Katoch (2014); Scannapieco et al. (2014)	Ambiental	GWP100	Potencial de calentamiento global durante 100 años
Kumar & Katoch (2014); Rosso et al. (2014)	Social	Tarifas de compensación / número de habitantes, tarifas de compensación / ingreso promedio pro-cápita, impacto en usos múltiples, actividades de empresas locales, área marginal, empleo local y preferencia directa de los grupos de interés	
Kumar & Katoch (2014); Rosso et al. (2014)	Ambiental	Calidad del paisaje y áreas protegidas, riesgo hidrológico, EF / Q_{media}, $Q_{max\ der}$ / Q_{media} , $Q_{mean\ der}$ / Q_{mean}.	EF / Q_{media} (relación entre el caudal ambiental y el caudal medio del río). $Q_{max\ der}$ / Q_{media} (relación entre el caudal máximo que puede derivar la planta y el caudal medio del río). $Q_{mean\ der}$ / Q_{mean} (relación entre el caudal promedio que puede derivarse de la planta y el caudal promedio del río)
(Kumar & Katoch, 2014; Rosso et al., 2014)	Económico	Costos operativos, incentivos, costos de inversión, tarifas de compensación, beneficios anuales promedio, ganancia anual promedio, período de recuperación y TIR (Tasa Interna de Retorno).	
Shaad et al. (2018)	Ambiental	Índice de conectividad dendrítica (DCI)	Examina el impacto en la conectividad al proporcionar paso de peces en presas actuales, en construcción y planificadas en los afluentes
Rinaldi et al. (2013)	Ambiental	Índice de calidad morfológica (MQI)	Necesita condiciones de referencia contra las cuales se miden las desviaciones de las condiciones actuales del alcance geomórfico
De La Mora-Orozco et al. (2017)	Ambiental	Índice de calidad del agua (WQI)	Los parámetros utilizados para el WQI fueron seleccionados por su importancia para riego y cultivos regionales
Ollero Ojeda et al. (2015)	Ambiental	Índice hidro geomorfológico (IHG)	Los parámetros utilizados para el WQI fueron seleccionados por su importancia para riego y cultivos regionales

Juwana et al. (2012)	Ambiental	índice de pobreza hídrica (WPI)	Mide la sostenibilidad
Juwana et al. (2012)	Ambiental	índice canadiense de sostenibilidad del agua (CWSI)	Mide la sostenibilidad
Juwana et al. (2012)	Ambiental	índice de sostenibilidad de las cuencas hidrográficas (WSI)	Mide la sostenibilidad
Juwana et al. (2012)	Ambiental	Índice de sostenibilidad del agua (WJWSI)	Mide la sostenibilidad
Freeman (1977); Jumani et al. (2005)	Ambiental	Entre centralidad	Refleja la importancia de cada tramo de arroyos para mantener las conexiones entre todos los demás pares de tramos de arroyos en un paisaje fluvial.
Jumani et al. (2005); Amoros et al. (1987)	Ambiental	Clases de conectividad lateral.	Clases descriptivas de conectividad lateral (0–5) entre el canal principal y los canales laterales. Modalidades de conexión entre cuerpos de agua / canales laterales y el canal principal (es decir, extensión de la conexión durante eventos de flujo alto y bajo)
Jumani et al. (2005); Nilsson et al. (2005)	Ambiental	Clases de fragmentación	Una medida descriptiva basada en la longitud sin presa más larga del canal principal del río en relación con la longitud total del canal.
Jumani et al. (2005); Park et al. (2008)	Ambiental	Densidad de barrera	Una medida descriptiva calculada como el número total de barreras por longitud total del río.
Jumani et al. (2005); Pini Prato et al. (2011)	Ambiental	Índice de continuidad	Una medida descriptiva calculada como la relación entre la longitud total del río y el número de obstáculos
Jumani et al. (2005); Fuller et al. (2015)	Ambiental	Longitud total restante del núcleo	La longitud del hábitat del núcleo no afectado para una especie o gremio específico, calculada como la diferencia entre la longitud total de la red y la longitud del río afectado por la fragmentación (suma de aguas arriba y aguas abajo - matriz de arroyos y hábitats de borde creados por cada barrera en la red). Información requerida: • Red fluvial longitudes • Ubicaciones de presas • Longitud de la matriz dañada y hábitats de borde • Requisitos de hábitat de las especies de destino o gremios.
Jumani et al. (2005); Latrubesse et al. (2017)	Ambiental	Índice de impacto de presas	Un índice calculado a partir de (i) la proporción de la longitud del río afectada por las presas, (ii) la proporción del número de afluentes principales afectados por represas, y (iii) número de represas por cuenca / subcuenca. Información requerida: • Red fluvial longitudes • Ubicaciones de presas • Longitud del río afectado alcanza
Jumani et al. (2005), H. Li et al. (2018)	Ambiental	Índice de conectividad del canal fluvial	Cuantifica el grado sin obstáculos del caudal del río basándose en el concepto de accesibilidad temporal. Se calcula como la relación entre el tiempo de accesibilidad de un determinado volumen de caudal sin barreras y el que tiene barreras de un lugar a otro en el cauce del río. Información requerida: • Longitud de la red fluvial • Ubicaciones de presas • Clasificación de barrera y pesos de bloqueo estimados (basados en la pasabilidad del flujo natural) • Canal de sección transversal para flujo con y sin barreras.
Jumani et al. (2005); Pascual-Hortal & Saura (2006)	Ambiental	Métricas de conectividad potencial Índice integral de conectividad (IIC)	Un índice de accesibilidad al hábitat basado en la disponibilidad del hábitat y los valores de conectividad binaria para un taxón o gremio objetivo. Evalúa la posibilidad de dispersión entre todos los pares de tramos de arroyos según las distancias topológicas. Información requerida: • Longitudes de la red fluvial o área de parche • Ubicaciones de presas • Estimación de la distancia de dispersión del umbral

Jumani et al. (2005); Saura & Pascual-Hortal (2007)	Ambiental	Probabilidad de conectividad (PC)	Un índice de accesibilidad al hábitat, como el IIC, que evalúa las probabilidades de dispersión entre todos los pares de parches o tramos de arroyos. La conectividad no está restringida a valores binarios. Información requerida: • Red fluvial longitudes • Ubicaciones de presas • Estimaciones de dispersión probabilidades • Presa direccional valores de pasabilidad
Jumani et al. (2005); Paillex et al. (2007)	Ambiental	Métrica de conectividad lateral PCA basada en variables ambientales (PCA-LC)	Una medida sustituta de conectividad lateral. Se resumen cinco variables ambientales con un análisis centrado de componentes principales para producir un eje factorial que se utiliza como variable sintética para el nivel de conectividad entre el cauce principal del río y los cauces de corte. Información requerida: • Sitios emparejados a lo largo del río principal y canales de corte • Datos medidos sobre 5 variables ambientales (conducción del agua, cobertura de vegetación acuática, contenido orgánico de la capa sedimentaria superior, diversidad de tamaño de grano del sedimento, concentración de NH3-N)
Jumani et al. (2005); Cote et al. (2009)	Ambiental	Índice de conectividad dendrítica: potádromo	Un índice de conectividad calculado a partir de la longitud del arroyo, que evalúa el potencial de un pez potádromo para viajar entre dos puntos elegidos en una red fluvial. Basado en probabilidad de coincidencia. Información requerida: • Red fluvial longitudes • Ubicaciones de presas • Valores de pasabilidad de presa direccional • Ubicaciones de las cascadas
Jumani et al. (2005); Cote et al. (2009)	Ambiental	Índice de conectividad dendrítica: diádromo	Un índice de conectividad calculado a partir de la longitud del arroyo, que evalúa la proporción de la longitud del río accesible a un pez diádromo desde la desembocadura de un río. Información requerida: • Red fluvial longitudes • Ubicaciones de presas • Valores de pasabilidad de presas aguas arriba y aguas abajo • Ubicaciones de las cascadas
Jumani et al. (2005); Crook et al. (2009)	Ambiental	Índice de conectividad fluvial longitudinal	Evalúa los efectos aguas arriba y aguas abajo de las presas y las extracciones de agua sobre la conectividad longitudinal en los arroyos tropicales evaluar los efectos aguas arriba y aguas abajo de las represas y las extracciones de agua sobre la conectividad longitudinal en los arroyos tropicales evaluar los efectos de las represas aguas arriba y aguas abajo y extracciones de agua en la conectividad longitudinal en arroyos tropicales- icos Estima la probabilidad de que una larva de camarón individual pueda migrar río abajo hasta el estuario (según la proporción del caudal medio que queda en el arroyo después de la extracción) y regresar al tramo donde estaba liberado como larva (basado en la proporción de días con flujo sobre el embalse) Información requerida: • Ubicación de presas y estructuras de toma de agua • Datos de caudal diario a largo plazo • Datos de volumen de extracción de agua real o estimado
Jumani et al. (2005); Bodin & Saura (2010)	Ambiental	Entre centralidad — k	Una métrica BC modificada que pondera cada tramo de corriente por su área de parche y las probabilidades máximas de dispersión o distancias topográficas (según si se usa la métrica PC o IIC). Información requerida: • Longitudes de la red fluvial • Área o volumen del hábitat • Ubicación de las presas • Estimaciones de las probabilidades de dispersión
Jumani et al. (2005); Padgham & Webb (2010)	Ambiental	Modelo de conectividad DEN	Representa la capacidad de un pez para acceder a diferentes partes de una red fluvial. Modelo basado en la longitud del hábitat, la calidad y las probabilidades de transición direccional. Información requerida: • Calidad del hábitat (0-1) • Alcance la longitud • Ubicaciones de presas • Conectividad ascendente y descendente valores (0-1) • Volumen de hábitat

Jumani et al. (2005); Nunn & Cowx (2012)	Ambiental	Puntuación de la barrera	Cada barrera se puntúa según una matriz de priorización del estado de la población de peces, la eficiencia del paso, la probabilidad de acceso, la cantidad de hábitat y la calidad del hábitat. Información requerida: Puntajes (1–5) para: • Estado de la población de peces de la especie objetivo • Eficiencia de paso de especies objetivo • Probabilidad de acceso basado en upstream paso • Cantidad de hábitat • Calidad del hábitat
Jumani et al. (2005); Kyle McKay et al. (2013)	Ambiental	Índice de conectividad de hábitat del paso río arriba (HCIUP)	Evalúa la conectividad del paso de peces río arriba como una tasa de paso acumulativa ponderada por el hábitat. Al sumar todos los tramos, el HCIUP se calcula como la relación entre el hábitat accesible y el hábitat total en la red fluvial. Información requerida: • Métrica de disponibilidad de hábitat (longitud, área, volumen de la red fluvial, etc.) • Valores de conectividad ascendente (0–1) • Ubicaciones de presas • Ubicaciones de las cascadas
Jumani et al. (2005); Grill et al. (2014)	Ambiental	Índice de conectividad fluvial (RCI)	índice de conectividad calculado a partir del volumen del caudal del río; como DCI, evalúa el potencial de un pez para viajar entre dos puntos elegidos en una red fluvial. Información requerida: • Longitudes de la red fluvial • Alcance anchos y alturas húmedas • Ubicaciones de presas • Valores de pasabilidad de presas • Ubicaciones de cascadas
Jumani et al. (2005); Grill et al. (2014)	Ambiental	Índice ponderado de conectividad fluvial	Un índice de conectividad calculado a partir del volumen de flujo del río y ponderado por variables ecológicamente significativas como clase de río / e-coregión (RCIclass) o rangos de migración específicos de especies (RCIrange). Información requerida: • Longitudes de la red fluvial • Alcance anchos y alturas mojados • Ubicaciones de presas • Información sobre las variables clave que se utilizarán en la ponderación. • Valores de pasabilidad de la presa • Ubicaciones de las cascadas
Jumani et al. (2005); Diebel et al. (2015)	Ambiental	Métrica C	Define la conectividad del tramo de un arroyo en función del grado de acceso hacia y desde el rango de tipos de hábitats estacionales que utilizan los peces. Los valores "C" para todos los segmentos de una cuenca se pueden agregar para describir la conectividad a escala de la cuenca. Información requerida: • Longitud de la red fluvial • Tipos de hábitat • Valores de pasabilidad de la barrera • Métricas de calidad del hábitat • Ubicaciones de presas • Ubicaciones de las cascadas • Límite de dispersión ponderado por distancia
Jumani et al. (2005); Diáz et al. (2019)	Ambiental	Índice de fragmentación	Un índice de fragmentación calculado a partir de la longitud de la corriente y el orden de la corriente de Strahler Información requerida: • Longitudes de los fragmentos de los ríos • Orden de las corrientes de los fragmentos de los ríos • Ubicación de las presas
Jumani et al. (2005)	Ambiental	Modelos de metapoblación de conectividad dirigida	Un modelo de migración para la conectividad de la metapoblación del salmón (o cualquier otra especie diádroma). Información requerida: • Longitud de la red fluvial • Ubicaciones de presas • Ubicaciones de grupos y tamaños de población • Matriz de distancias entre todas las poblaciones • Matriz de probabilidad de dispersión basada en la distancia

			• Estructura del sumidero de la fuente de población como un diagrama
Jumani et al. (2005); Reckendorfer et al. (2006)	Ambiental	Métricas de conectividad reales Parámetro de conectividad lateral (Cd)	Un parámetro de conectividad (Cd) definido como la duración media anual (días por año) de la conexión superficial de los cuerpos de agua de la llanura aluvial con el cauce principal del río. Información requerida: • Relación etapa-descarga en el extremo aguas arriba de cada canal lateral • Distribución de frecuencia de la descarga del río • Etapa en la que el agua fluye hacia el canal lateral
Jumani et al. (2005)	Ambiental	Observaciones humanas del movimiento	Ubicación de las especies / taxones objetivo en el área de estudio. Información requerida: • Variable, según los objetivos del estudio y el diseño (snorkel, filmación)
Jumani et al. (2005)	Ambiental	Sonar bioacústico / hidroacústico	Medición de la ubicación, la densidad y el movimiento de los peces mediante sensores acústicos fijos o móviles.
Jumani et al. (2005)	Ambiental	Telemetría	Información de movimiento de personas etiquetadas en el espacio y el tiempo. Información requerida: • Datos de telemetría (generalmente de PTI, etiquetas de radio o acústicas)
Jumani et al. (2005)	Ambiental	Muestreo directo (electrochoque, cerco o captura)	Captura de peces in situ. Información espacialmente explícita sobre: • Riqueza • Presencia ausencia • Abundancia • Densidad • Composición de especies
Jumani et al. (2005)	Ambiental	Marcadores moleculares o genéticos (como microsatélites de ADN)	Material genético extraído de muestras de tejido
Jumani et al. (2005); Gehrke et al. (1995)	Ambiental	Desviación de flujo proporcional anual (APFD)	Comparación de los flujos mensuales de referencia posteriores al impacto y no impactados, calculados como la suma de las relaciones de cambio en el flujo mensual (real - natural) al flujo mensual natural
Jumani et al. (2005); Richter et al. (1996)	Ambiental	Indicadores de alteración hidrológica (IHA)	Cuantifica los efectos ecohidrológicos de la regulación del flujo midiendo los cambios en 33 estadísticas de flujo, organizadas dentro de los cinco componentes principales del régimen de flujo (magnitud del flujo, frecuencia, duración, tiempo y tasa de cambio).
Jumani et al. (2005); RICHTER et al. (1997)	Ambiental	Enfoque de rango de variabilidad (RVA	Cuantifica el cambio en el rango de variación de 33 parámetros de IHA desde el período anterior al impacto hasta el período posterior al impacto. Cada parámetro se clasifica en categorías alta, media o baja según los objetivos definidos por el usuario, y se calcula una categoría de alteración hidrológica en función de la frecuencia relativa del rango objetivo del RVA no alcanzado.
Jumani et al. (2005); Lehner et al. (2011)	Ambiental	Grado de regulación (FOR)	Calcula la proporción del caudal anual de un río que puede ser retenido por un embalse o un grupo de embalses para un tramo de río.
Jumani et al. (2005); Black et al. (2005)	Ambiental	Método de alteración del régimen hidrológico de Dundee (DHRAM)	Aplica el enfoque de la IHA para clasificar el riesgo de daños a la ecología de las corrientes de agua por alteraciones del caudal utilizando un esquema de cinco clases compatible con los requisitos de la Directiva Marco del Agua de la CE.
Jumani et al. (2005); Black et al. (2005)	Ambiental	Proceso de evaluación de la integridad hidroecológica (HIAP)	Utiliza una herramienta de índice hidrológico para calcular 171 estadísticas de caudal y una herramienta de evaluación hidrológica para determinar el grado de desviación de las condiciones de referencia.
Jumani et al. (2005); Henriksen et al. (2006)	Ambiental	Componentes de caudal ambiental (EFC)	Cuantifica los cambios en 34 estadísticas de flujo organizadas dentro de cinco componentes de flujo importantes ecológicamente importantes: flujos bajos, flujos extremadamente bajos, pulsos de flujo alto, pequeñas inundaciones y grandes inundaciones.
Jumani et al. (2005); Shiau & Wu (2007)	Ambiental	Grado general de alteración hidrológica	Un índice de regulación general del flujo basado en la integración del grado individual de alteración hidrológica para cada uno de los 33 parámetros hidrológicos de la IHA.
Jumani et al. (2005); Vogel et al. (2007)	Ambiental	Concepto de ecodeficit / ecosurplus	Métrica no dimensional, basada en una curva de duración del caudal (FDC), que representa el caudal deficitario o excedente resultante de la alteración del caudal, como una fracción del caudal medio en un año típico o mediano.
Jumani et al. (2005); Poff et al. (2010)	Ambiental	Curvas de respuesta de ecología de flujo (parte de numerosas evaluaciones de flujo como ELOHA, DRIFT)	Combina hidrología, hidráulica de canales, ecología y procesos sociales para construir vínculos mecánicos entre hidrología y ecología a través de curvas de respuesta de flujo-ecología basadas en el tipo de río.
Jumani et al. (2005); Grill et al. (2014)	Ambiental	Índice de regulación fluvial (RRI)	Cuantifica la intensidad con la que un río puede verse afectado por las alteraciones del flujo de las presas aguas arriba
Jumani et al. (2005); Ehsani et al. (2017)	Ambiental	Grado efectivo de regulación (EDOR)	Relación del volumen de agua que es desplazada (almacenada o liberada) por la operación de una presa o un grupo de presas, con el flujo naturalizado del río sin presas

Jumani et al. (2005); Valle & Kaplan (2019)	Ambiental	Modelos estadísticos del contrafactual	Evaluación basada en modelos de cómo la hidrología posterior a la represa difiere de "lo que hubiera sucedido" en ausencia del impacto

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

4.1.3.4 Paso 3.4: Selección de indicadores por dimensión

La selección de un indicador no es una tarea fácil (Liverman et al., 1988), pues los indicadores que se seleccionen en este paso deben estar en la capacidad de capturar el estado de sostenibilidad del sistema en análisis. Para este caso, las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte.

Por ejemplo, Liverman et al. (1988) plantea que un indicador debe ser sensible a los cambios en el tiempo y a las distribuciones en el espacio, predictivo, acotado en rangos o niveles de umbral, libre de sesgos y capaz de decir algo de la probabilidad y los costos de revertir o controlar los cambios. Desde una perspectiva institucional y de formulación de políticas, un indicador debe ser fácil de recopilar e interpretar. A continuación, se indican algunas características deseables para los indicadores:

- **Sensible al cambio en el tiempo**: El indicador debe ser observable a lo largo de la serie de datos en particular.
- **Sensible al cambio en el espacio o dentro de grupos**: El indicador debe reflejar los cambios ocurridos en el espacio o dentro de los grupos. De lo contrario, el indicador será menos útil para medir una condición.
- **Predictivo o anticipatorio**: El indicador debe poder predecir o anticipar los signos de condiciones insostenibles.
- **Valores de referencia o umbral disponibles**: Un indicador será menos útil cuando no se disponga de valores de referencia o umbral para evaluar los indicadores.
- **Disponibilidad de información**: Se debe garantizar que se cuente con la información necesaria para estimar el indicador
- **Transformación de datos adecuada**: El indicador debe sufrir transformaciones o cálculos de datos apropiados.
- **Integrador**: El indicador debe incorporar varios elementos para proporcionar de mejor manera las condiciones de sostenibilidad.

De esta forma, el paso 3.4 busca identificar de acuerdo con el modelo PER, los indicadores económicos, ambientales y sociales que permitan medir de la mejor forma los impactos (identificados en el paso 3.2) de los generadores de impacto (centrales hidroeléctricas). Además, se busca que los indicadores cumplan con criterios como los sugeridos por Liverman et al. (1988).

Haciendo uso del consolidado preliminar de indicadores presentado en el paso 3.3, se realizó la selección de los indicadores sociales, económicos y ambientales a ser utilizados en el marco de este estudio. Para esto, se identificaron los impactos más relevantes del paso 3.2 y de acuerdo con ellos, se seleccionaron, del consolidado de la Tabla 19, los indicadores más robustos en cada una de las dimensiones. Los criterios sugeridos por Liverman et al. (1988) también fueron utilizados en el proceso de selección.

Un aspecto importante que se tomó a consideración en el proceso de selección de los indicadores fue la disponibilidad de información con la cual se cuenta hasta el momento. Cabe resaltar que en el marco metodológico propuesto se contempla una fase de diagnóstico para consolidar una línea base de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, los indicadores preseleccionados estarían sujetos a modificaciones de acuerdo con la información disponible. No obstante, de ser necesario la modificación inclusión o eliminación de alguno de los indicadores previamente

seleccionados, se seguirán los criterios anteriormente establecidos. A continuación, se describen los indicadores ambientales, sociales y económicos seleccionados.

- *Indicadores Ambientales*

Para el componente ambiental se seleccionaron un total de 9 indicadores, los cuales capturan impactos como pérdida de conectividad, variaciones en los regímenes hidrológicos, cambios en el régimen de sedimentos, cambios morfológicos, cambios en los hábitats, condiciones de cambio climático y riesgo. Seguidamente se describen cada uno de ellos.

- *Morphological Quality Index (MQI)*

Para capturar los impactos relacionados con las modificaciones de conectividad, régimen hidrológico y principalmente cambios en régimen de sedimentos y cambios morfológicos, se plantea hacer uso del indicador de calidad morfológica (MQI), el cual es un indicador basado en criterio experto (es decir, una selección de variables, subindicadores, clases y puntajes relativos) derivado del conocimiento específico y la experiencia, el cual permite evaluar la desviación que presenta un río, de sus condiciones inalteradas, a través de tres componentes (Rinaldi et al., 2013):

- Funcionalidad geomorfológica de los procesos y formas de los ríos
- Artificialidad
- Ajustes de canal

A continuación, se describe su método de cálculo de acuerdo con lo descrito por Rinaldi et al. (2013).

La primera fase del cálculo del MQI tiene como objetivo subdividir la red fluvial en tramos relativamente homogéneos, definidos como secciones de río a lo largo de los cuales las condiciones limítrofes actuales son suficientemente uniformes (es decir, sin cambios significativos en la configuración del valle, pendiente del canal, flujo y carga de sedimentos). Si bien los tramos de río identificados serán la unidad espacial básica para la aplicación del procedimiento de evaluación, en esta fase no se intenta caracterizar los tramos en función de sus condiciones 'naturales' o 'de referencia'.

La segmentación se basa en información existente (por ejemplo, datos topográficos y geológicos) y datos de teledetección analizados por GIS, y representa un procedimiento guiado, suficientemente flexible y adaptativo en lugar de un conjunto rígido de reglas.

- **Paso 1:** Consiste en llevar a cabo una investigación básica de geología, geomorfología, clima y uso del suelo de toda la cuenca. El resultado es la identificación de unidades fisiográficas (equivalente a las 'unidades de paisaje' de Brierly & Fryirs (2005)). La red fluvial se divide en segmentos, que son macro alcances definidos por la intersección de la red de canales con unidades fisiográficas y por posibles factores adicionales (por ejemplo, macro-diferencias en la configuración del valle).

- **Paso 2:** En este paso se analiza el confinamiento lateral con más detalle y se diferencian tres entornos de valle (Brierly & Fryirs, 2005): canales confinados, parcialmente confinados y lateralmente inconfinados. Estos términos se utilizan en el sentido de confinamiento natural del ancho del valle causado por laderas o terrazas antiguas, mientras que los elementos artificiales (por ejemplo, protecciones de riberas, terraplenes, áreas urbanas) no se consideran elementos de confinamiento.

El confinamiento lateral se define midiendo el "grado de confinamiento", es decir, el porcentaje de bancas que no están en contacto directo con la llanura aluvial sino con laderas o terrazas antiguas (Brierly & Fryirs, 2005), y "un índice de confinamiento", que es definido por la relación entre el ancho de la llanura aluvial y el ancho del canal. Por lo tanto, la clasificación del confinamiento lateral en conjunto toma en cuenta la extensión longitudinal a lo largo de la cual el canal incide en los márgenes del valle y la extensión lateral de la llanura aluvial.

- **Paso 3:** Se analiza en detalle la morfología del canal. Los canales de los arroyos se clasifican en una serie de tipologías, de acuerdo con las clasificaciones tradicionales de las morfologías de los ríos (por ejemplo, Montgomery & Buffington (1997)).

  Los canales parcialmente confinados y no confinados se clasifican según su patrón planimétrico y se dividen en siete morfologías de río (rectos, sinuosos, serpenteantes, sinuosos con barras alternas, errantes, trenzados, anastomosados). Los canales confinados se clasifican, en un primer nivel, en función de su forma en planta solo, en errantes, trenzados y anastomosados. Se requiere una clasificación más detallada (segundo nivel) solo para canales confinados, que también deben caracterizarse en términos de configuración del lecho siguiendo una versión simplificada de la clasificación de Montgomery & Buffington (1997). Sin embargo, este segundo nivel de clasificación se usa solo durante el procedimiento de evaluación y no afecta la segmentación del río.

- **Paso 4:** En este paso se considera discontinuidades adicionales para subdividir aún más los tramos del cuerpo hídrico, incluidas las discontinuidades hidrológicas (por ejemplo, afluentes o presas), pendiente del lecho (particularmente para tramos confinados) o cambios relevantes en el ancho del canal, ancho de la llanura aluvial o sedimento del lecho. El producto final de esta fase es la subdivisión de la red fluvial en tramos relativamente homogéneos en términos de morfología del canal, confinamiento lateral, hidrología y otras características, que no reflejan cambios significativos en el flujo o la carga de sedimentos (Brierly & Fryirs, 2005). Estos tramos, que suelen tener unos pocos kilómetros de longitud, representan las unidades espaciales elementales para la evaluación de las condiciones morfológicas.

La segunda fase de cálculo del MQI tiene como objetivo la selección de los indicadores asociados a los componentes de funcionalidad, artificialidad y ajuste de canal. A continuación, se describen los aspectos que evalúan los indicadores en cada componente y como intervienen en el MQI:

- **Los indicadores de funcionalidad geomorfológica**: Evalúan si los procesos y formas relacionadas responsables del correcto funcionamiento del río son impedidos o alterados por elementos artificiales o por ajustes de cauce (estos procesos incluyen, entre otros, la continuidad del flujo de sedimentos y madera, la erosión de las bancas, la inundación periódica de la llanura aluvial, la diversidad morfológica en planta y sección transversal, la movilidad de los sedimentos del lecho y los procesos de interacción con la vegetación).

- **Los indicadores de artificialidad**: Evalúan la presencia y frecuencia de elementos artificiales o de intervenciones, independientemente de sus efectos sobre los procesos. De esa manera, en el MQI los elementos artificiales se contabilizan de forma doble, es decir,

considerando su función o sus efectos según lo señalado por los indicadores de funcionalidad (como elementos que impiden procesos naturales, por ejemplo, una protección de talud que previene la erosión lateral) y en función de su presencia y densidad (elementos artificiales que no se esperan en ríos inalterados, independientemente de sus efectos). En otros términos, algunos elementos tienen efectos múltiples sobre los diversos componentes de la evaluación (funcionalidad y artificialidad) y las evaluaciones repetidas aparentes son realmente útiles para discernir el impacto de estos elementos en los diferentes componentes.

- **Los indicadores de ajustes de canal**: Deben evaluar los ajustes causados por perturbaciones humanas los cuales pueden cambiar dentro de un sistema fluvial en el espacio y el tiempo, de modo que una alteración en la forma y el proceso del canal puede estar relacionada con perturbaciones que ocurrieron en el pasado y / o en una ubicación diferente de la cuenca.

Para le cálculo del MQI, Rinaldi et al. (2013) propone un total de 28 indicadores (ver Tabla 20). El MQI es flexible en el sentido de incluir menos indicadores o incluir indicadores adicionales. Para efectos del estudio en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, se prevé utilizar indicadores adicionales para el componente de artificialidad relacionados con:

- Longitud de tramo seco o con reducción de caudal
- Longitud de tramos con variaciones abruptas de velocidad producto de descargas de generación.
- Hectáreas de área inundada

Como se mencionó anteriormente, dependiendo de la disponibilidad de información que será consolidada en el diagnóstico, se pueden incluir, modificar o eliminar sub-indicadores seleccionados para la construcción del MQI.

Las puntuaciones de cada indicador (ver Tabla 21) para computar numéricamente el MQI, se tomarán de las establecidas por Rinaldi et al. (2013). Por otra parte, las puntaciones de los indicadores adicionales se realizarán de acuerdo con el criterio experto del equipo técnico del proyecto.

Definidos los tramos y los sub-indicadores, se calcula una puntuación total como la suma de las puntuaciones de todos los componentes y aspectos. El indicador de alteración morfológica (MAI) se define primero de la siguiente manera:

$$MAI = \frac{Stot}{Smax}$$

Donde *Stot* es la suma de los puntajes y *Smax* es el puntaje máximo que se puede alcanzar cuando todos los sub-indicadores tienen su valor máximo. Por lo tanto, MAI varía de 0 (sin alteración) a 1 (alteración máxima). En este sentido, el indicador de calidad morfológica se define como:

$$MQI = 1 - MAI$$

Así pues, el MQI es directamente proporcional a la calidad del tramo e inversamente proporcional a las alteraciones, variando de 0 (calidad mínima) a 1 (calidad máxima).

De acuerdo con esta estructura, las condiciones de referencia (correspondientes a MQI = 1) se identifican con lo siguiente: (i) la funcionalidad completa de los procesos geomorfológicos a lo largo

del tramo; (ii) la ausencia o presencia insignificante de elementos artificiales a lo largo del tramo y en cierta medida (en términos de caudal y flujo de sedimentos) en la cuenca; y (iii) la ausencia de ajustes significativos del canal (configuración, ancho, elevación del lecho) en un marco temporal de aproximadamente 100 años.

Como valores de referencia para el MQI se plantea tomar los propuestos por Rinaldi et al. (2013), los cuales se presentan en la **Tabla 22**.

Tabla 20. Indicadores utilizados por (Rinaldi et al., 2013) para el cálculo del MQI

Indicators and assessed parameters	Assessment methods	Ranges of application
F1—Longitudinal continuity in sediment and wood flux *Presence of crossing structures (weirs, check-dams, bridges, etc.) that potentially may alter natural flux of sediment and wood along the reach*	*Remote sensing and/or database of interventions: identification of crossing structures; field survey: visual assessment of partial or complete interruption (qualitative)*	All typologies
F2—Presence of a modern floodplain *Width and longitudinal length of a modern floodplain*	*Remote sensing–GIS: measurement of width and longitudinal length (quantitative); field survey: identification/checking of modern floodplain (qualitative)*	*FC–U: not evaluated in the case of mountain streams along steep (>3%) alluvial fans*
F3—Hillslope–river corridor connectivity *Presence and length of elements of disconnection (e.g. roads) within a buffer 50-m wide for each river side*	*Remote sensing–GIS: identification and measurement of length of disconnecting elements (quantitative); field survey: checking disconnecting elements (qualitative)*	*C*
F4—Processes of bank retreat *Presence/absence of retreating banks*	*Remote sensing and/or field survey: identification of eroding banks (qualitative)*	*FC–U: not evaluated in the case of straight—sinuous channels of low energy (lowland rivers, low gradients and/or bedload)*
F5—Presence of a potentially erodible corridor *Width and longitudinal length of an erodible corridor (i.e., area without relevant structures (e.g., bank protections, levees) or infrastructures (e.g., houses, roads)*	*Remote sensing–GIS: measurement of width and longitudinal length (quantitative)*	*FC–U*
F6—Bed configuration–valley slope *Identification of bed configuration (i.e., cascade, step pool, etc.) in case of presence of transversal structures and comparison with expected bed configuration based on valley slope*	*Topographic maps: mean valley slope (quantitative); field survey: identification of bed configuration (qualitative)*	*single-thread C: not evaluated for bedrock streams, and for deep streams when observation of the bed is not possible*
F7—Forms and processes typical of the channel pattern *Percentage of the reach length with alteration of the natural heterogeneity of forms expected for that river type caused by human factors*	*Remote sensing–GIS: identification and measurement of length of altered portions (quantitative); field survey: identification/checking (qualitative)*	*FC–U; wandering or multi-thread C*
F8—Presence of typical fluvial forms in the alluvial plain *Presence/absence of fluvial forms in the alluvial plain (e.g., oxbow lakes, secondary channels, etc.)*	*Remote sensing and/or field survey: identification and checking of fluvial forms (qualitative)*	*FC–U: evaluated only in the case of meandering rivers within a lowland plain physiographic unit*
F9—Variability of the cross section *Percentage of the reach length with alteration of the natural heterogeneity of cross section expected for that river type caused by human factors*	*Field survey: identification/checking (qualitative); remote sensing–GIS: identification and measurement of length of altered portions (quantitative)*	*All typologies; not evaluated in the case of straight, sinuous or meandering channels with natural absence of bars (lowland rivers, low gradients and/or low bedload)*
F10—Structure of the channel bed *Presence/absence of alterations of bed sediment (armouring, clogging, bedrock outcrop, bed pavements)*	*Field survey: visual assessment (qualitative)*	*All typologies; not evaluated for bedrock or sand bed rivers and for deep channels when observation of the bed is not possible*
F11—Presence of in-channel large wood *Presence/absence of large wood*	*Field survey: visual assessment (qualitative)*	*All typologies; not evaluated above the tree-line and in streams with natural absence of riparian vegetation*
F12—Width of functional vegetation *Mean width of areal extension of functional vegetation in the fluvial corridor potentially connected to channel processes*	*Remote sensing–GIS: identification and measurement of mean width of functional vegetation (quantitative)*	*All typologies; not evaluated above the tree—line and in streams with natural absence of riparian vegetation*
F13—Linear extension of functional vegetation *Longitudinal length of functional vegetation along the banks with direct connection to the channel*	*Remote sensing–GIS: identification and measurement of longitudinal length of functional vegetation (quantitative)*	*All typologies; not evaluated above the tree—line and in streams with natural absence of riparian vegetation*
A1—Upstream alteration of flows *Amount of changes in discharge caused by interventions upstream (dams, diversions, spillways, retention basins, etc.)*	*Hydrological data: evaluation of reduced/increased discharge caused by interventions (quantitative). In absence of available data, the assessment is based on presence of intervention and its use (qualitative)*	*All typologies*
A2—Upstream alteration of sediment discharges *Presence, type, and location (drainage area) of relevant structures responsible for bedload interception (dams, check-dams, weirs)*	*Remote sensing–GIS and/or database of interventions: identification of structures and relative drainage area (quantitative)*	*All typologies*
A3—Alteration of flows in the reach *Amount of alterations of discharge caused by interventions within the reach*	*See A1*	*All typologies*
A4—Alteration of sediment discharge in the reach *Typology and spatial density of structures intercepting bedload (check dams, weirs) along the reach*	*Remote sensing–GIS and/or database of interventions: identification and number of structures (quantitative)*	*All typologies*
A5—Crossing structures *Spatial density of crossings structures (bridges, fords, culverts)*	*Remote sensing–GIS and/or database of interventions: identification and number of structures (quantitative)*	*All typologies*
A6—Bank protections *Length of protected banks (walls, rip-raps, gabions, groynes, bioengineering measures)*	*Remote sensing–GIS and/or database of interventions: length of structures (quantitative)*	*All typologies*
A7—Artificial levees *Length and distance from the channel of artificial levees*	*Remote sensing–GIS and/or database of interventions: length and distance of structures (quantitative)*	*FC–U*
A8—Artificial changes of river course *Percentage of the reach length with documented artificial modifications of the river course (meander cutoff, relocation of river channel, etc.)*	*Historical/bibliographic information and/or database of interventions (quantitative)*	*FC–U*
A9—Other bed stabilization structures *Presence, spatial density and typology of other bed-stabilizing structures (sills, ramps) and revetments*	*Remote sensing–GIS and/or database of interventions: identification number or length of structures (quantitative)*	*All typologies*
A10—Sediment removal *Existence and relative intensity of past sediment mining activity (from the 1950s, with particular focus on the last 20 years)*	*Database of interventions and/or information available by public agencies; field survey and/or remote sensing:*	*All typologies; not evaluated in the case of bedrock streams*
A11—Wood removal *Existence and relative intensity (partial or total) of in-channel wood removal during the last 20 years*	*Database of interventions and/or information available by public agencies; field survey: additional evidence (qualitative)*	*All typologies; not evaluated above the tree—line and in streams with natural absence of riparian vegetation*
A12—Vegetation management *Existence and relative intensity (selective or total) of riparian vegetation cuts during the last 20 years*	*Database of interventions and/or information available by public agencies; field survey: additional evidence (qualitative)*	*All typologies; not evaluated above the tree—line and in streams with natural absence of riparian vegetation*
CA1—Adjustments in channel pattern *Changes in channel pattern from 1950s based on changes in sinuosity, braiding, and anastomosing indices*	*Remote sensing–GIS (quantitative)*	*All typologies; evaluated only for large channels (W > 30 m)*
CA2—Adjustments in channel width *Changes in channel width from 1950s*	*Remote sensing–GIS (quantitative)*	*All typologies; evaluated only for large channels (W > 30 m)*
CA3—Bed level adjustments	*Cross sections/longitudinal profiles (if available); field*	*All typologies; evaluated only for large channels*

Fuente: Rinaldi et al. (2013)

Tabla 21. Descripción de clases y definición de puntuaciones para indicadores

Indicator	Classes	Score
F1	A—absence of alteration in the continuity of sediment and wood	0
	B—slight alteration (obstacles to the flux but with no interception)	3
	C—significant alteration (complete interception of sediment and wood)	5
F2	A—presence of a continuous (>66% of the reach) and wide floodplain (>nW, where $n=1$ or 2 for wandering–braided or for single thread channels, respectively, and W—channel width)	0
	B—presence of a discontinuous (10÷66%) floodplain of any width or >66% but narrow	3
	C—absence of a floodplain or negligible presence (≤10% of any width)	5
F3	A—full connectivity between hillslopes and river corridor (>90%)	0
	B—connectivity for a significant portion of the reach (33÷90%)	3
	C—connectivity for a small portion of the reach (≤33%)	5
F4	A—presence of frequent retreating banks particularly along outer banks of bends	0
	B—infrequent retreating banks because impeded by bank protections and/or scarce channel dynamics	2
	C—complete absence of retreating banks, or widespread presence of unstable banks by mass failures	3
F5	A—presence of a potentially erodible corridor (EC) for a length >66% of the reach and wide (>nW, where $n=1$ or 2 for wandering–braided or for single thread channels, respectively, and W=channel width)	0
	B—presence of a narrow (≤nW) potentially EC for >66%, or wide but for 33÷66% of the reach	2
	C—presence of a potentially EC of any width but for ≤33% of the reach	3
F6	A—bed forms consistent with the mean valley slope	0
	B—bed forms not consistent with the mean valley slope	3
	C—complete alteration of bed forms for the presence of an artificial bed	5
F7	A—absence (≤5%) of alteration of the natural heterogeneity of forms expected for that river type	0
	B—alteration for a limited portion of the reach (≤33%)	3
	C—consistent alteration for a significant portion of the reach (>33%)	5
F8	A—presence of alluvial plain forms (oxbow lakes, secondary channels, etc.)	0
	B—presence of traces of alluvial plain forms (abandoned after the 1950s) but with possible reactivation	2
	C—complete absence of alluvial plain forms	3
F9	A—absence (≤5%) of alteration of the cross-section natural heterogeneity (width and depth)	0
	B—presence of alteration for a limited portion of the reach (≤33%)	3
	C—presence of alteration for a significant portion of the reach (>33%)	5
F10	A—natural heterogeneity of bed sediments and no significant clogging	0
	B—evident armouring (*PC–U* only) or clogging in various portions of the site	2
	C1—evident and widespread (>90%) armouring (*PC–U* only) or clogging, or occasional substrate outcrops (*PC–U* only)	5
	C2 - widespread substrate outcrops (>33% of the reach) (*PC–U* only) or widespread substrate alteration by bed revetments (>33% of the reach)	6
F11	A—presence of large wood	0
	C—absence or negligible presence of large wood	3
F12	A—wide connected functional vegetation (>nW, where $n=1$ or 2 for wandering—braided or for single thread channels, respectively, and W=channel width)	0
	B—intermediate width of connected functional vegetation (0.5W÷nW)	2
	C—narrow connected functional vegetation (≤0.5 W)	3
F13	A—linear extension of functional vegetation >90% of maximum available length	0
	B—linear extension of functional vegetation 33÷90% of maximum available length	3
	C—linear extension of functional vegetation ≤33% of maximum	5

Indicator	Classes	Score
A1	A—no significant alteration (≤10%) of channel-forming discharges and Q with return interval >10 years	0
	B—significant alteration (>10%) of Q with return interval >10 years	3
	C—significant alteration (>10%) of channel-forming discharges	6
A2	A—absence or negligible presence of structures of interception of sediment fluxes	0
	B1—presence of dams for drainage area 5÷33%, and/or weirs or check dams with total interception of bedload and drainage areas 33÷66%, and/or weirs or check dams with partial interception of bedload and drainage areas >33% (*plain/hills areas*) or >66% (*mountain areas*)	3
	B2—presence of dams for drainage area 33÷66%, and/or weirs or check dams with total interception of bedload and drainage areas >66%	6
	C1—presence of dams for drainage area >66%	9
	C2—presence of a dam at the upstream boundary of the reach	12
A3	A—no significant alteration (≤10%) of channel-forming discharges and Q with return interval >10 years	0
	B—significant alteration (>10%) of Q with return interval >10 years	3
	C—significant alteration (>10%) of channel-forming discharges	6
A4	A—absence of structures of sediment flux interception (dams, check dams, weirs)	0
	B—presence of open or consolidation check dams with relatively low density (≤1 every n, where $n=200$ m in *mountain areas*, $n=1000$ m in *hilly–plain areas*)	4
	C—presence of retention or consolidation check dams with relatively high density (>1 every n)	6
If the total density of transversal structures, including bed sills and ramps (see A9) is very high, i.e., >1 every 100 m in mountain areas, or >1 every 500 m in hilly–plain areas, add		12
A5	A—absence of crossing structures (bridges, fords culverts)	0
	B—presence of some crossing structure (≤1 every 1000 m on average in the reach)	2
	C—presence of numerous crossing structures (>1 every 1000 m on average in the reach)	3
A6	A—absence or localized presence of bank protections (≤5% total length of the banks)	0
	B—presence of protections for ≤33% total length of the banks (sum of both banks)	3
	C—presence of protections for >33% total length of the banks (sum of both banks)	6
In case of extremely extended bank protections (>80%) add		12
A7	A—levees absent or distant, or presence of levees close or in contact ≤10% total length of the banks	0
	B—medium presence of levees close and/or in contact (in contact ≤50% bank length)	3
	C—high presence of levees close and/or in contact (in contact >50% bank length)	6
In the case of extremely extended levees in contact (>80%) add		12
A8	A—absence of artificial changes of river course in the past (meanders cut-off, channel diversions, etc.):	0
	B—presence of changes for ≤10% of the reach length	2
	C—presence of changes for >10% of the reach length	3
A9	A—absence of structures (bed sills/ramps) and absent or localised (≤5%) revetments	0
	B—limited presence of structures (≤1 every n, where $n=200$ m for *mountain areas*, $n=1000$ m for *plain/hills areas*) and or revetments (≤15% impermeable and/or ≤25% permeable)	3
	C1—presence of many structures (>1 every n) and/or significant bed revetments (≤33% impermeable and/or ≤50% permeable)	6
	C2—presence of impermeable bed revetments >33% and/or permeable revetments >50%	8
In the case of widespread bed revetment (>80%) add		12
A10	*PC–U*:	0
	A—absence of recent (last 20 years) and past (from 1950s) significant sediment removal activities	
	B—moderate activities in the past (from 1950s) but absent during last 20 years, or absent in the past but present recently (last 20 years)	3
	C—intense activities in the past, or moderate in the past but present during last 20 years	6
		0

Indicator	Classes	Score
	C:	
	A—absence of significant sediment removal activities during the last 20 years	
	B—localized sediment removal activities during the last 20 years	3
	C—widespread sediment removal activities during the last 20 years	6
A11	A—absence of removal of woody material at least during the last 20 years	0
	B—selective cuts and/or clear cuts over ≤50% of the reach during the last 20 years	2
	C—total removal of woody material during the last 20 years	5
A12	A—no cutting interventions on riparian vegetation during the last 20 years	0
	B—selective cuts and/or clear cuts over ≤50% of the reach during the last 20 years	2
	C—clear cuts over >50% of the reach during the last 20 years	5

Indicator	Classes	Score
CA1	A—absence of changes in channel pattern from 1950s	0
	B—change to a similar channel pattern from 1950s (*PC–U*) or change of channel pattern from 1950s (*C*)	3
	C—change to a different channel pattern from 1950s (only *PC–U*)	6
CA2	A—absent or limited changes (≤15%) from 1950s	0
	B—moderate changes (15 ÷ 35%) from 1950s (*PC–U*) or changes >15% from 1950s (*C*)	3
	C—intense changes (>35%) from 1950s (only *PC–U*)	6
CA3	A—negligible bed-level changes (≤0.5 m)	0
	B—limited or moderate bed-level changes (0.5÷3 m)	4
	C1—intense bed-level changes (>3 m)	8
	C2—very intense bed-level changes (>6 m)	12

Fuente: Rinaldi et al. (2013)

Tabla 22. Categorías de calidad morfológica (MQI)

Categoría de calidad morfológica	Rango
Alta	0.85 ≤ MQI ≤ 1
Buena	0.7 ≤ MQI < 0,85
Modera	0.5 ≤ MQI < 0,7
Pobre	0,3 ≤ MQI < 0,5
Mala	0 ≤ MQI < 0.3

Fuente: Rinaldi et al. (2013)

- *Ramping Indicator (HP1)*

Para describir las fluctuaciones a nivel subdiario que sufren los caudales producto de la operación de las centrales hidroeléctricas, se toma como indicador el HP1 propuesto por Meile et al. (2011) y reinterpretado por Punys et al. (2015). Este indicador brinda una medida adimensional de la magnitud de la hidroalimentación que experimenta un río con presencia de centrales hidroeléctricas. Matemáticamente este indicador se expresa como:

$$HP1_i = \frac{Q^T_{max,i} - Q^T_{min}}{Q_{mean,i}}, \qquad i\epsilon[1, N]$$

$$HP1 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} HP1_i$$

Donde $HP1_i$ es el indicador en el día *i*, $Q^T_{max,i}$ corresponde al caudal máximo de operación en el día *i*, Q^T_{min} es el caudal mínimo de operación de la turbina, $Q_{mean,i}$ es el caudal medio del día *i*, N es número de días de caudal registrados y $HP1$ es el indicador de magnitud de la hidroalimentación.

Como lo exige el indicador, es necesario contar con series de caudales medios diarios ($Q_{mean,i}$) para su estimación. Dado que las unidades de análisis no se encuentran instrumentalizadas en su totalidad, para la estimación de los caudales medios diarios ($Q_{mean,i}$) se plantea utilizar un modelo matemático hidrológico, de tal forma que se pueda tener valores de caudales medios diarios en la totalidad de las unidades. Inicialmente se ha planteado utilizar el modelo hidrológico conceptual denominado LU3 (ver Anexo – Fase I -).

Como el HP1 requiere conocer además el $Q^T_{max,i}$ y Q^T_{min} para cada unidad de análisis, en el caso en el cual no se cuente con series de caudales turbinados (principalmente para proyectos sin estudio ambiental o proyectos a futuro), se plantea inferir estos parámetros haciendo uso de las siguientes expresiones matemáticas:

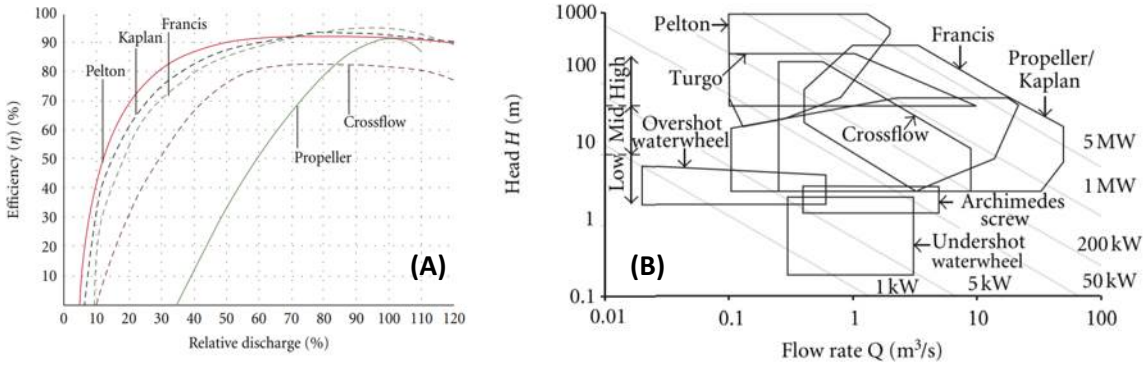
$$Q^T_{\max\ _T} = W_{max} * QD$$

$$Q^T_{min} = W_{min} * QD$$

Donde $Q^T_{\max\ _T}$ es el caudal de la turbina en su máxima eficiencia, W_{min} y W_{max} corresponden a la proporción del caudal de diseño QD para el Q^T_{max} y Q^T_{min}. En el caso donde no se tenga conocimiento del QD, se hará uso del software K-Hidro, el cual es un conjunto de herramientas para la estimación de potencial hidroeléctrico. Con esta herramienta se pueden obtener variables como: Caudal de diseño, potencia instalada, diferencia de alturas entre captación y casa de máquinas, longitud de conducciones, potencia vs longitud de túnel, entre otras.

Dado que los factores W_{min} y W_{max} se encuentran asociados a el tipo de turbina que posea la hidroeléctrica, en los casos donde no se cuente con esta información, se plantea estimar haciendo uso de curvas como las presentadas en la Figura 366 (B). La información para poder ingresar a las curvas se obtiene del software K-Hidro.

Figura 34. (A) Curva de eficiencias típicas para diferentes tipos de turbinas y (B) rangos de carga de turbinas



Fuente: (A) IPCC (2007) y (B) Williamson et al. (2011)

Conociendo el tipo de turbina, Penche (1998) sugiere los siguientes valores de W_{min} para calcular el caudal mínimo turbinado (ver Tabla 173):

Tabla 23. Porcentaje del caudal de operación mínimo para operación de turbinas

Tipo de Turbina	W_{min}
Francis	30
Kaplan	15
Pelton	10
Turgo	20
Propeller	65

Fuente: Penche, 1998; Sakulphan & Bohez (2018)

En principio, W_{max} puede ser entendido como la eficiencia de funcionamiento de la turbina. Por tal razón, el W_{max} puede calcularse a través de curvas como la presentada en la Figura 366 (A). A estas curvas se ingresa con el tipo de turbina y con la descarga relativa (DR) de la turbina al caudal de diseño (QD), la cual se expresa de la siguiente manera:

$$DR = \frac{QD}{Q^T_{max,i}} * 100$$

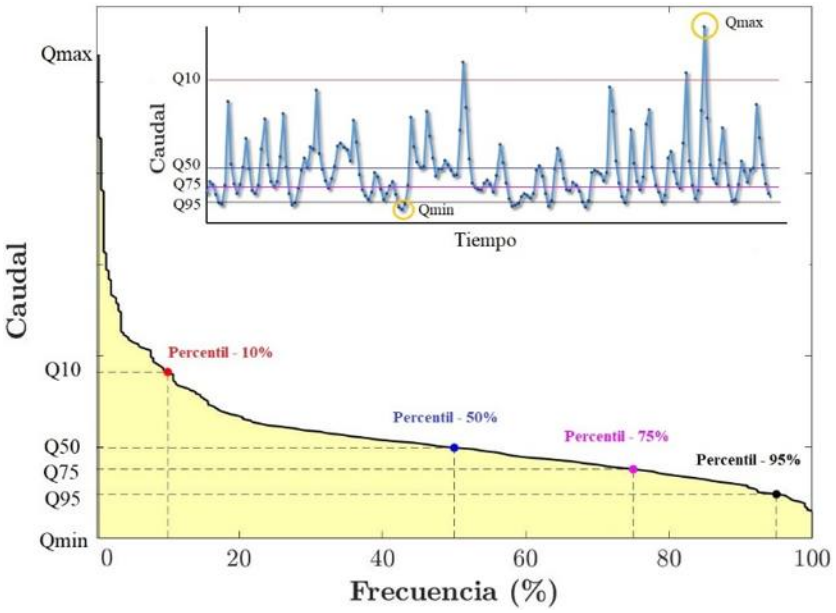
El valor de $Q^T_{max,i}$ puede conocerse mediante una serie de reglas simples que involucran la serie de caudales medios diarios (Q) y el valor de caudal ambiental (Q_{amb}). Así pues, matemáticamente Q_T se expresa como:

$$Q^T_{max,i} = \begin{cases} 0 & if \quad (Q - Q_{amb}) < Q^T_{min} \\ (Q - Q_{amb}) & if \quad Q^T_{min} \leq (Q - Q_{amb}) \leq Q^T_{\max_T} \\ Q^T_{\max_T} & if \quad (Q_i - Q_{amb}) > Q^T_{\max_T} \end{cases}$$

En los casos donde no se cuente con el valor de caudal ambiental, la estimación se realizará mediante el método propuesto por la Northern Great Plains Resource Program (NGPRP, 1974). Este método consiste en construir las curvas de duración de caudal (Searcy, 1959) para cada uno de los meses y estimar el Q95%, el cual se asocia como caudal ambiental. Es de resaltar que el valor de Q_{amb} estimados no deben ser considerados para otros fines más que los aquí mencionados, pues

para la obtención de un régimen de caudales ambientales adecuado deben considerarse los múltiples atributos de los componentes ambientales del caudal (no solo los caudales mínimos).

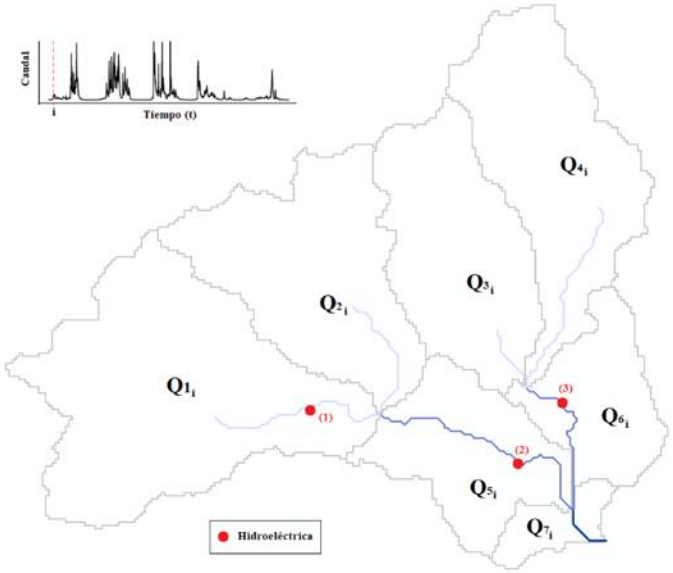
Figura 35. Esquematización de la curva de duración de caudales



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Para ejemplificar el método de cálculo del HP1 bajo un esquema acumulativo, se describe el procedimiento para un caso de análisis hipotético. Sea la Figura 36 la cuenca objeto de análisis, la cual se encuentra subdividida en 7 unidades.

Figura 36. Esquematización de cuenca hipotéticas para estimación de HP1



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Considerando que en cada unidad se dispone de la serie de caudales medios diarios que produce cada una de manera individual (ver Figura 36). Conociendo que para el t = 1, el caudal generado en cada unidad es igual a 1m^3/s, se tiene que los caudales acumulados de cada unidad son:

Q_1 = 1 m^3/s; Q_2 = 1 m^3/s; Q_3 = 1 m^3/s; Q_4 = 1 m^3/s; Q_5 = 3 m^3/s; Q_6 = 3 m^3/s; Q_7 = 7 m^3/s

Así pues, para el tiempo t = 1, el caudal total que produce la cuenca es de 7 m^3/s. Tomando como especificaciones hipotéticas para los 3 proyectos hidroeléctricos los listados en la Tabla 24, el cálculo del HP1 para t = 1, se presenta en la Tabla 25.

Tabla 24. Valores hipotéticos de caudales máximos y mínimos turbinados

Hidroeléctrica	$Q^T_{max,1}$	$Q^T_{min,1}$
1	0.8	0.5
2	0.9	0.2
3	0.6	0.4

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 25. HP1 para las 7 cuencas hipotéticas planteadas

Cuenca	$Q^T_{max,1}$	$Q^T_{min,1}$	$Q_{mean,1}$	Ecuación	HP1
Basin-1	0.8	0.5	1	$HP1_i = \frac{0.8 - 0.5}{1}$	0.3
Basin-2	0	0	1	$HP1_i = \frac{0 - 0}{1}$	1
Basin-3	0	0	1	$HP1_i = \frac{0 - 0}{1}$	0
Basin-4	0	0	1	$HP1_i = \frac{0 - 0}{1}$	0
Basin-5	0.9	0.2	3	$HP1_i = \frac{0.9 - 0.2}{3}$	0.233
Basin-6	0.6	0.4	3	$HP1_i = \frac{0.6 - 0.2}{3}$	0.066
Basin-7	0	0	7	$HP1_i = \frac{0.6 - 0.4}{7}$	0.028

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

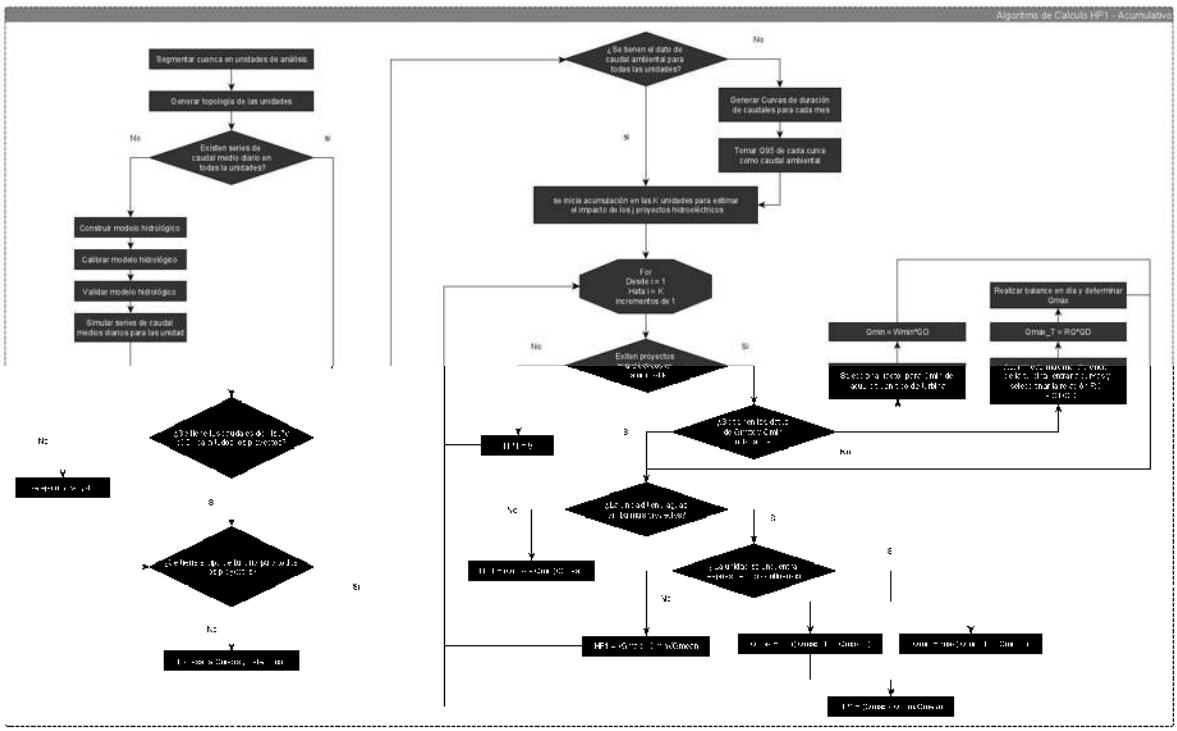
Se tiene entonces que, las unidades con ausencia de proyectos hidroeléctricos (2, 3 y 4) tendrán un HP1 = 0. Por el contrario, las unidades con presencia de proyectos hidroeléctricos en su interior o aguas arriba presentan un valor mayor que cero. Para el cálculo acumulativo se tiene 3 reglas.

- Si la unidad de análisis presenta proyectos hidroeléctricos en su interior, pero no cuenta con proyectos hidroeléctricos en las unidades aguas arriba, entonces los parámetros de $Q^T_{max,i}$ y $Q^T_{min,i}$ para el cálculo del HP1 corresponde a los de la hidroeléctrica al interior de la unidad. Este es el caso de la unidad 1 y 6.
- Si la unidad de análisis presenta proyectos hidroeléctricos en su interior y además hay presencia de proyectos hidroeléctricos en las unidades aguas arriba de esta, se considera que los efectos de hidroalimentación se acaban cuando hay presencia de un pondaje o embalse. En ese sentido, los parámetros de $Q^T_{max,i}$ y $Q^T_{min,i}$ corresponde a los de la hidroeléctrica al interior de la unidad. Este es el caso de la unidad 5.
- Si la unidad de análisis corresponde a una confluencia y no tiene presencia de proyectos hidroeléctricos en su interior, pero cuenta con proyectos hidroeléctricos en las dos o más

unidades aguas arriba, se considera como $Q^T_{max,i}$ al mínimo de los $Q^T_{max,i}$ y el $Q^T_{min,i}$ es el máximo de los $Q^T_{max,i}$ de los proyectos hidroeléctricos inmediatamente aguas arriba de la unidad. Este es el caso de la unidad 7.

A continuación, se presenta el algoritmo para el cálculo del HP1 bajo un esquema acumulativo.

Figura 37. Esquema de cálculo acumulativo del HP1



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- *Grado de Regulación (DOR – Degree of Regulation)*

Para medir la regulación hídrica que pueden generar proyectos hidroeléctricos que embalsan grandes volúmenes de agua, se contempla utilizar el grado de regulación o DOR (por sus siglas en inglés: Degree of Regulation) el cual permite cuantificar de manera porcentual, la alteración que sufre el régimen de caudales bajo la presencia de un embalse (Opperman et al., 2015) (Lehner et al., 2011). Matemáticamente este indicador se define como la relación entre el volumen de almacenamiento disponible aguas arriba de un tramo fluvial *k* y el volumen de escorrentía media anual en el tramo *k*. Por lo tanto, corresponde al porcentaje de la oferta hídrica anual que es retenida en embalses localizados aguas arriba del tramo analizado *k*:

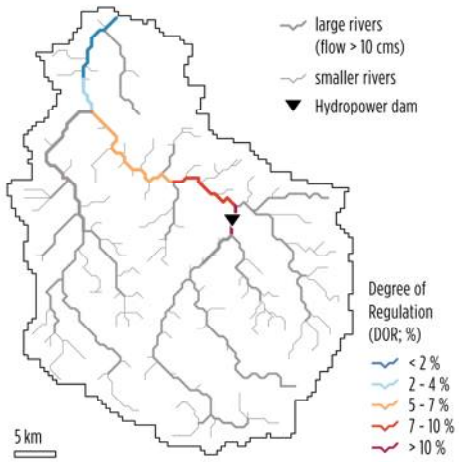
$$DOR_k = \frac{Capacidad\ de\ almenamiento\ aguas\ arriba\ del\ tramo_k\ [m^3]}{Escorrentía\ media\ anual\ en\ el\ tramo_k\ [\frac{m^3}{\text{año}}]} * 100\ [\%_{\text{año}}]$$

El DOR es útil como una aproximación de la extensión y magnitud de los impactos acumulativos en el régimen de caudales. A mayores valores del DOR indican una mayor alteración de la estacionalidad del régimen de flujo natural por el efecto regulador de los embalses. Por ejemplo, un

valor de DOR igual al 100% significa que aguas arriba de un tramo fluvial *k* es posible almacenar un volumen de agua equivalente a un año de escorrentía media.

Dado que este indicador se estima a nivel de tramo de río, para una configuración dada de embalses en la cuenca, el indicador permite establecer la longitud de ríos afectados con diferentes grados de regulación (ver Figura 38).

Figura 38. Esquema de la representación espacial del indicador de Grado de Regulación - DOR, asociado a un proyecto hidroeléctrico



Fuente: Opperman et al. (2015)

El DOR también provee una estimación inicial de los tramos fluviales más alterados en la dinámica de sedimentos y geomorfológica por la presencia de embalses aguas arriba, pues es una medida del tiempo de retención hidráulica acumulado aguas arriba de cada tramo de la red fluvial, que a su vez guarda relación con la capacidad de retención total de sedimentos de los embalses.

Una característica muy importante del indicador DOR es que permite establecer el efecto de atenuación de la regulación que ocurre cuando se incrementa el caudal por aportes de escorrentía aguas abajo de los embalses y/o confluencia de ríos con bajos niveles de regulación. De la misma forma, permite identificar los tramos afectados por efectos sinérgicos aguas abajo, entre ellos, cuando confluyen dos o más ríos con altos niveles de regulación. Esta característica permite evaluar de manera objetiva la extensión de impactos regionales acumulados.

Como se logra evidenciar más adelante, la modelación del rendimiento hídrico hace parte del marco técnico propuesto para identificación de los servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. En este sentido, los resultados de esta modelación, así como también la información de línea base que se consolide del diagnóstico para ambas cuencas, será utilizada para la estimación de este indicador.

- *Indicador de Alternación de Sedimentos (SAI – Sediment Alteration Index)*

Para cuantificar el grado de alteración del régimen de sedimentos que generan los proyectos hidroeléctricos por su condición propia de barrera, se incorpora el SAI, el cual permite cuantificar

las alteraciones relacionadas con el cambio en la carga de sedimentos suspendidos totales (SST) considerando los efectos acumulativos de captura de sedimentos de los embalses. Matemáticamente se expresa como:

$$P_s = \left(1 - \frac{Q_{s,e}}{Q_{s0}}\right) * 100$$

Donde:

P_s Porcentaje de perdida acumulativa de caudal solido medio en un tramo fluvial

$Q_{s,e}$ Carga media de sedimentos suspendidos en el escenario analizado considerando la retención acumulada aguas arriba.

$Q_{s,o}$ Carga media de sedimentos suspendidos en el escenario de referencia (sin embalses).

Como se logra evidenciar más adelante, la modelación de exportación y retención de sedimentos hace parte del marco técnico propuesto para identificación de los servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. En este sentido, los resultados de esta modelación, así como también la información de línea base que se consolide del diagnóstico para ambas cuencas, será utilizada para la estimación de este indicador.

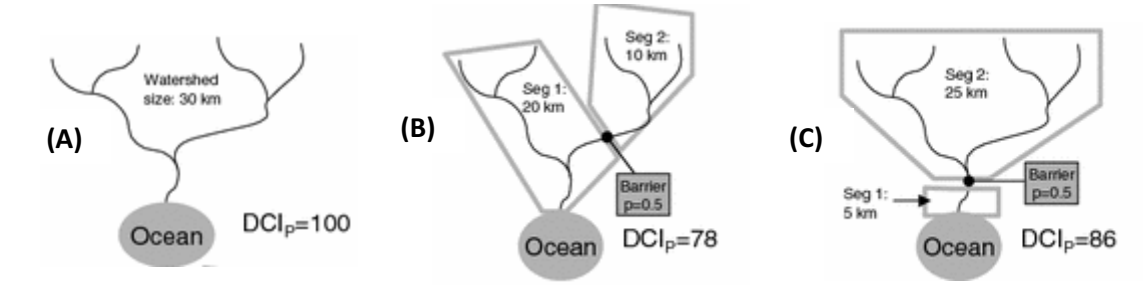
- *Indicador de Conectividad Dendrítica (DCI – Dendritic Connectivity Index)*

Como se identificó en el paso 3.3, la fragmentación longitudinal del sistema fluvial al interior de una cuenca es uno de los impactos intrínsecos de los proyectos hidroeléctricos. Por tal razón, la cuantificación de este impacto se plantea realizar a través del Indicador de Conectividad Dendrítica (DCI) (Cote et al., 2009).

Este indicador evalúa la conectividad en términos de probabilidad de coincidencia, es decir, la probabilidad de que los peces puedan moverse entre dos puntos elegidos al azar en una red fluvial. Por lo tanto, la conectividad depende de cuántas barreras haya entre dos puntos y de la viabilidad de estas barreras (probabilidad de que los peces puedan cruzar una barrera tanto en la dirección aguas arriba como aguas abajo).

Por consiguiente, en un sistema sin barreras, existe una conectividad completa de la red fluvial, por lo que el DCI tiene un valor máximo de 100 (ver Figura 367 - A). La introducción de una sola barrera crea dos secciones de corriente (ver Figura 367 - B), y el DCI se basa en los tamaños (longitudes totales del canal) de las secciones resultantes y la permeabilidad de la barrera en ambas direcciones, aguas arriba y aguas abajo (en este caso, el producto de las dos permeabilidades = 0.5). Cambiar la ubicación de la barrera (ver Figura 367 - C) para crear una mayor desigualdad en el tamaño de la sección de río da como resultado un sistema más conectado (DCI más alto) (Cote et al., 2009).

Figura 39. Representación esquemática de la variación del DCI



Fuente: Cote et al. (2009)

En principio, el DCI consta de dos componentes: el DCI_p, el cual mide la conectividad de las especies de peces residentes en el sistema fluvial, y el DCI_d, que mide la conectividad de los peces que migran desde el tallo principal del río hacia los afluentes de la cuenca. Para el caso particular del marco, se hará uso del componente DCI_p, el cual se nombra de aquí en adelante como DCI

Para el cálculo del DCI se divide el sistema fluvial en secciones según la ubicación de las barreras. Luego, se calculan los componentes en función de la probabilidad de movilidad entre las secciones expresada como (Shaad et al., 2018):

$$DCI = 100 * \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{l_i}{L}\right)\left(\frac{l_j}{L}\right)\left(\prod_{m=1}^{M} p_m^u p_m^d\right)\right]$$

Donde L es la longitud total de la sección del río y (l_i, l_j) son las longitudes de las secciones *i* y *j*. *M* es el número total de barreras entre las secciones *i* y *j* (para DCI_p). p_m^u y p_m^dson la transitabilidad aguas arriba y aguas abajo, respectivamente, de la $m - ésima$ barrera entre las secciones y la transitabilidad general de una barrera $p_m = p_m^u * p_m^d$ (Shaad et al., 2018).

El DCI intenta dar cuenta de la modificación de cada barrera a la conectividad con un parámetro de "pasabilidad" (p_m) que varía de 0 a 1, donde 0 indica que no hay paso de peces a través de la barrera, y 1 indica que no hay bloqueo (es decir, todos los peces que intentan pasar la barrera en cualquier dirección pueden hacerlo con éxito). Los valores de transitabilidad entre 0 y 1 indican pasadas de peces construidas de diferentes eficiencias, con valores más altos que representan pasadas más eficientes que valores más bajos (Shaad et al., 2018).

Si la transitabilidad se evalúa como un resultado binario, esto es, una barrera cumple con los criterios de transitabilidad de los peces designados ($p_m^u = 1\ y\ p_m^d = 1$) entonces el indicador se simplifica a:

$$DCI = 100 * \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{{l_i}^2}{L^2}\right)$$

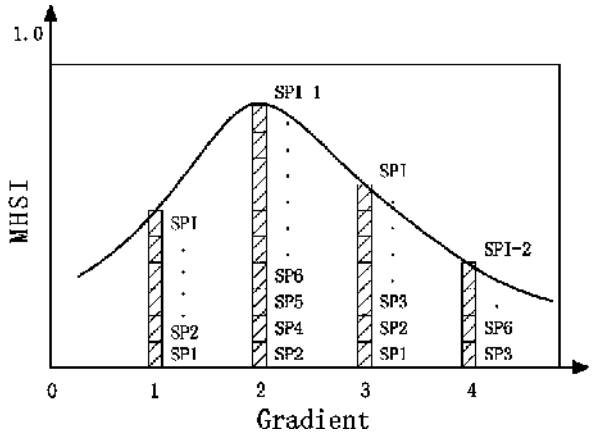
- *Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI - Multi-species-based Habitat Suitability Index)*

El índice de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI), se ha previsto usar para evaluar las afectaciones que soportan los hábitats acuáticos como resultado de las variaciones de

caudal a nivel subdiario que experimenta un río como consecuencia de la hidrolimentación de las centrales hidroeléctricas.

El MHSI es un indicador basado en el indicador de idoneidad de hábitat (HSI) el cual permite estimar las respuestas de múltiples especies a un factor ambiental del hábitat (Figura 40).

Figura 40. HSI de múltiples especies para estimar el efecto integrado de un factor de hábitat en una comunidad representada por especies dominantes



Fuente: *Zhao et al. (2015)*.

Matemáticamente el MHSI se expresa como:

$$MHSI_k = \sum_{i=1}^{I} \frac{P_{ki}}{I} \;\; donde \;\; P_{ki} = \frac{n_{ki}}{N_i}$$

Donde k representa el $k-ésimo$ gradiente de un determinado hábitat (factor ambiental de parámetros hidrológicos, físicos y químicos como la velocidad del flujo, el oxígeno disuelto, la transparencia, la demanda química de oxígeno), $k = 1, \dots, K$ donde k es el número total de gradientes a lo largo del factor hábitat; i representa la $i-ésimo$ especie dominante ($i = 1, \dots, I$) e I es la abundancia total de la especie dominante; n_{ki} es la abundancia de la $i-ésimo$ especie en el $k-ésimo$ gradiente del factor hábitat; N_i es la abundancia de la $i-ésimo$ especie en todos los gradientes del factor hábitat; $N_i = \sum_{k=1}^{K} n_{ki}$ es la probabilidad adecuada de la $i-ésimo$ especie en el $k-ésimo$ gradiente; $MHSI_k$ es el HSI basado en múltiples especies, es decir, la probabilidad adecuada de que todas las especies dominantes en el $k-ésimo$ gradiente (Zhao et al., 2015).

- *Indicador de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)*

El indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH) mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas – como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño) – podría generar riesgos de desabastecimiento. El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del indicador de regulación hídrica (IRH) y el indicador de uso de agua (IUA). Las categorías de este indicador se presentan en la Figura 41 (IDEAM, 2015).

Figura 41. Categorías del indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)

Vulnerabilidad del recurso hídricorelación IRH – IUA					
IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda)		Índice de regulación			
Rango	Categoría	Alta	Moderado	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 - 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 - 20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20 -50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
50 - 100	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: IDEAM (2015)

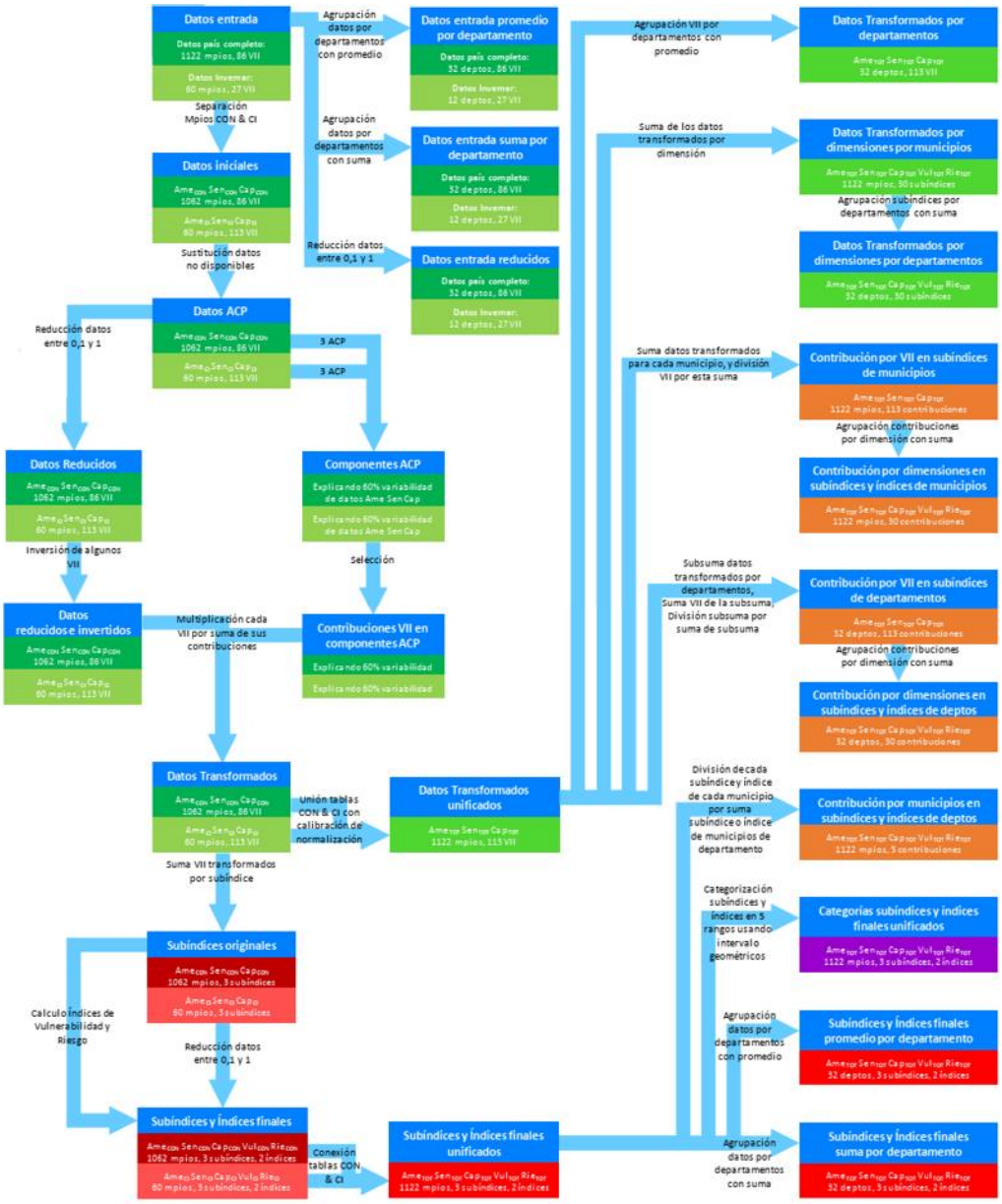
Dado que este es un indicador categórico, la asignación numérica a cada categoría se asumirá en rangos iguales en un intervalo de 0 a 1 siendo 0.2 Muy Baja, 0.4 Baja, 0.6 Media, 0.8 Alta y 1 Muy Alta.

- *Indicador de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático (IVRCC)*

Este indicador permite evaluar la vulnerabilidad y el riesgo de un sistema frente al cambio climático. A nivel de Colombia este indicador se desarrolló en un esfuerzo conjunto entre los integrantes del equipo de vulnerabilidad y adaptación de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC). El indicador de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático se desarrolla bajo un proceso riguroso de selección de las Variables Indicadores e Índices (VII), de tal forma que sea posible evaluar la trazabilidad de la vulnerabilidad y el riesgo por cambio climático en Colombia. En la Figura 42 presenta el esquema metodológico para el cálculo los indicadores de Vulnerabilidad y Riesgo por cambio climático ().

La descripción detallada del esquema de cálculo de este indicador puede ser consultada en IDEAM et al. (2017)

Figura 42. Esquema metodológico del cálculo de los indicadores de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático para Colombia



Fuente: IDEAM et al. (2017)

- *Indicadores de gestión del riesgo de desastres (IGRD)*

Este indicador mide el riesgo a nivel municipal ante eventos hidrometeorológicos y las capacidades de las entidades territoriales para gestionarlo. Este indicador reconoce las particularidades del territorio en términos de riesgo y capacidades, orienta prioridades de política pública de forma diferenciada, se enfoca en eventos hidrometeorológicos, por ser los más frecuentes y ocasionar el 74% de la afectación de la población. A nivel de Colombia de Colombia este indicador se encuentra estimado a nivel municipal bajo los siguientes componentes.

Figura 43. Compontes del Indicador de gestión del riesgo de desastres



Fuente: DNP (2018)

La descripción detallada del esquema de cálculo de este indicador puede ser consultada en DNP (2018).

- *Indicadores económicos*

Desde la dimensión económica se ha propuesto el uso de 3 indicadores, con los cuales se espera capturar los beneficios o afectaciones a nivel económico que generan los proyectos hidroeléctricos. Seguidamente, se describen los indicadores seleccionados.

- *Generación de empleos directos (GED)*

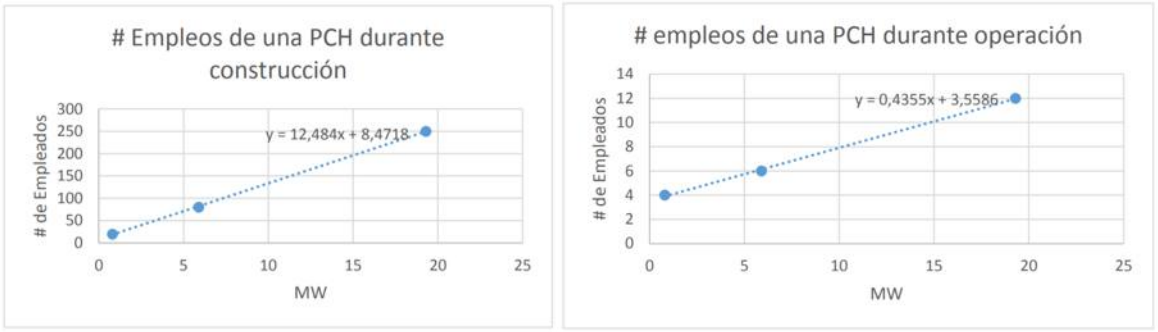
La construcción y operación de una central hidroeléctrica implica la participación de un gran número de personas, por lo que la generación de empleos es uno de los impactos económicos más notables de los proyectos hidroeléctricos. El número de empleos (principalmente de carácter no calificado) que puede generar una hidroeléctrica en su etapa de construcción y de operación, se traduce en la mejora en la calidad de vida de la población la cual se refleja en aspectos como la posibilidad de acceder a los servicios públicos básicos, la disminución en los tiempos de traslados de un lugar a otro por la construcción de una vía, contar con servicios de salud, acceder a programas recreativos y de capacitación, y, sobre todo, en la transformación de la percepción de una población frente a su región de residencia (I. Osorio, 2017).

Para capturar esta inyección de capital hacia la población, se ha propuesto usar como Indicador la suma de la cantidad de empleos generados (incluyendo los empleos no calificados) en la fase de construcción (F_c) y operación (F_o).

$$GED = F_c + F_o$$

Dependiendo del tamaño del proyecto hidroeléctrico, la cantidad de personas que se puedan emplear será mayor. Para el caso en donde no se conozca la cantidad de personas empleadas en las dos fases mencionadas, se plantea inferir estos valores de la información de los proyectos que actualmente se encuentran en operación o haciendo uso de curvas como las generadas por Osorio (2017).

Figura 44. Curvas de número de empleados que requiere una PCH en las etapas de construcción y operación



Fuente: Osorio (2017)

- *Contribuciones económicas anuales por ley (CEAL)*

Entre los costos operativos en las cuales tiene que incurrir un proyecto hidroeléctrico, se encuentran los costos de ley que deberán ser cancelados por el ente generador al Estado.

Según Gallego (2015) la unidad de planeación minero energética en su texto "Costos Indicativos de Generación Eléctrica en Colombia" establece que, "según el artículo 45 de la Ley 99 de 1993 – Creación del medio ambiente–, se debe destinar un valor por tasa de utilización del agua equivalente a COP 1550/L/s-mes (USD 0.62/L/s/mes), para una capacidad instalada menor de 10 MW; el valor de Industria y Comercio equivale a COP 294.85/kW instalado al año (predial operativo, Ley 56 de 1981), que corresponde al 150 % del impuesto predial vigente para todos los predios del proyecto y se aplica un 0.6 a 1.5 veces el avalúo catastral. La sobretasa ambiental es un gravamen establecido por la Ley 99 de 1993, que permite a los municipios aplicar, como tope, hasta un 2.5 % del avalúo catastral de los predios, y cada año un 0,25 % al avalúo catastral (I. Osorio, 2017).

De acuerdo con lo anterior, Osorio (2017) expone que las pequeñas centrales hidroeléctricas que tengan una capacidad instalada inferior a 20 MW generan la mayor cantidad de transferencias del sector eléctrico a los municipios del área de influencia y a la respectiva corporación regional, sin que se vea afectada su viabilidad económica por los cargos de ley, tomando en cuenta que, el costo de ley por transferencia es el más importante, significando el 6 % del valor total de la energía generada, donde el 3% va al municipio y el otro 3% va a la corporación autónoma regional.

En razón a lo anterior, se ha propuesto usar como indicador la sumatoria de las contribuciones anuales (C_i) a las cuales están obligas por ley las hidroeléctricas ($CEAL$).

$$CEAL = \sum_{i=1}^{n} C_i$$

Donde n es la cantidad de contribuciones económicas por ley. Vale la pena resaltar que, para los proyectos hidroeléctricos en los cuales no se tengas acceso o conocimiento de esta información, se prevé hacer estimaciones indirectas de generación a partir de la potencia instalada del proyecto y de estas extraer las contribuciones anuales a las cuales están obligados por ley.

- *Dinamización de la economía local (DEL)*

Este indicador considera el efecto multiplicador que genera la construcción de la obra civil de los proyectos hidroeléctricos sobre la economía local, al estimular la demanda de bienes y servicios en la zona, relacionados con otros sectores como vivienda, alimentación, transporte, combustible, entre otros; demanda que usualmente genera empleos indirectos adicionales, al ser atendida por contratistas y proveedores locales, lo cual deriva en un aumento de los ingresos de la población local y por tanto en un incremento de su bienestar. La estimación considera los multiplicadores de Leontief calculados por el DANE (2013)[3], los cuales permiten identificar diferentes tipos de encadenamientos (hacia adelante y hacia atrás), derivados de la inversión del proyecto.

Sobre las inversiones realizadas por los proyectos de generación de energía, se estima que desencadenarán variaciones positivas en la función de bienestar de la población local, dado que los beneficios son absorbidos directamente por la población local que se encuentra vinculada a los diferentes sectores económicos, así como los bienes y servicios potencializados por el proyecto en la zona.

El cálculo de la matriz y de los multiplicadores se encuentra en: Matrices complementarias (dane.gov.co). con base en la información de inversión del proyecto (posiblemente disponible en los EIA) y los multiplicadores de Leontief (matriz insumo producto), se establece el impacto sobre la dinamización de la economía.

- *Indicadores sociales*

Para el componente social se seleccionaron un total de 5 indicadores, los cuales capturan impactos como cambio en los valores sociales y cambios en la capacidad de ingreso, bienestar de la comunidad y conectividad vial. A continuación, se describen cada uno de ellos.

- *Indicador de pobreza de ingreso (IPI)*

La generación de empleos durante las diferentes etapas que presenta un proyecto hidroeléctrico (construcción y operación) afecta de manera directa a las comunidades en la esfera de influencia del proyecto. Así pues, para medir esto, se ha propuesto calcular el indicador de pobreza de ingreso, como la medida de este tipo de impactos. El primer paso para calcular este indicador es identificar a la población en situación de pobreza y fijar una línea de pobreza que separe a la población que es pobre de la que no lo es. En este sentido, se establece un nivel de bienestar mínimo, que generalmente se define como el ingreso que permite al hogar cubrir sus necesidades básicas, tales como una alimentación y una vivienda elemental. Una vez que se tiene la línea de pobreza se procede a obtener una medida de su agregación (Cárdenas-Rodríguez & López-Feldman, 2015). Matemáticamente se ha propuesto estimar la pobreza como:

$$FGT_{\alpha}(x,y) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{q}\left(\frac{z - y_i}{z}\right)^{\alpha}$$

[3] DANE (2013). Metodología de la Matriz Insumo-Producto (MIP). Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales. Disponible en: TÉRMINOS DE REFERENCIA (dane.gov.co)

Donde z representa la línea de pobreza, y_i es el ingreso del individuo, n es el tamaño de la población y q es el número de hogares pobres (para los cuales y $i \leq z$).

En este indicador, α es una medida de la aversión a la pobreza; esto es, a un α mayor el indicador FGT_α da un mayor peso a los individuos que son más pobres de entre los pobres. Comúnmente el indicador FGT_α se reporta como medida de pobreza para $\alpha = 0, 1\ y\ 2$. Cuando $\alpha = 0$, FGT_o calcula la proporción de personas por debajo de la línea de pobreza. Cuando $\alpha = 1$, FGT_1 calcula la brecha de pobreza normalizada, que refleja qué tan alejado se encuentra el ingreso del pobre promedio de la línea de pobreza. De esta manera, FGT_1 es sensible a cambios en el ingreso de los pobres. Finalmente, cuando $\alpha = 2$, FGT_2 es una medida de la severidad de la pobreza, pues los individuos cuyo ingreso está más alejado de la línea de pobreza tienen una mayor ponderación en el indicador. Hasta la fecha esta es la medida de pobreza unidimensional más comúnmente utilizada a nivel internacional (Cárdenas-Rodríguez & López-Feldman, 2015).

- *Indicador de Pobreza Multidimensional (IPM)*

Tal y como lo indica el CONPES 150 de 2012 (DNP, 2012)[4], el Indicador de Pobreza Multidimensional (IPM) es un indicador que refleja la privación de los hogares en distintas dimensiones, que permite observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria al reflejar diversos conjuntos de privaciones. Está conformado por cinco dimensiones: i) condiciones educativas del hogar; ii) condiciones de la niñez y la juventud; iii) trabajo; iv) salud y acceso a servicios públicos domiciliarios y, v) condiciones de la vivienda; medidas a través de indicadores, donde cada dimensión tiene el mismo peso y cada variable tiene el mismo peso al interior de cada dimensión, tal y como se indica en la Tabla 26.

Tabla 26. Dimensiones y variables del IPM de Colombia

Dimensión	Variables
Condiciones educativas del hogar (0.2)	Bajo logro educativo (0.1) Analfabetismo (0.1)
Condiciones de la niñez y juventud (0.2)	Inasistencia escolar (0.05) Rezago escolar (0.05) Barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia (0.05) Trabajo infantil (0.05)
Trabajo (0.2)	Desempleo de larga duración (0.1) Empleo informal (0.1)
Salud (0.2)	Sin aseguramiento en salud (0.1) Barreras de acceso a servicio de salud (0.1)
Servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda (0.2)	Sin acceso a fuente de agua mejorada (0.04) Inadecuada eliminación de excretas (0.04) Pisos inadecuados (0.04) Paredes exteriores inadecuadas (0.04) Hacinamiento crítico (0.04)

Fuente: DNP (2012)

Para el cálculo del IPM se utiliza al hogar como unidad de análisis. Esto quiere decir que las personas al interior de un hogar experimentan simultáneamente las privaciones y no cada persona de forma aislada. Se considera que un hogar, y todas las personas que lo componen, es

[4] Departamento Nacional de Planeación -DNP (2012). Consejo Nacional de Política Económica y Social. Documento Conpes Social 150. Disponible en: Microsoft Word - CONPES SOCIAL 150 METODOLOGIA POBREZA (dnp.gov.co)

multidimensionalmente pobre si tiene privaciones en al menos el 33% de las 15 variables seleccionadas, teniendo en cuenta la ponderación asignada a cada una de ellas.

- *Indicador de bienestar (IB)*

El concepto de bienestar se define como la valoración positiva que la persona hace de su vida en general, o de aspectos particulares de ésta (familia, estudios, trabajo, salud, amigos, tiempo libre) (Diener, 1995). Se dice que un sujeto posee un alto bienestar subjetivo si expresa satisfacción con su vida y frecuentes emociones positivas, y sólo infrecuentemente, emociones negativas. Si por el contrario, el individuo expresa insatisfacción con su vida y experimenta pocas emociones positivas y frecuentes negativas, su bienestar se considera bajo (Moyano Díaz & Ramos Alvarado, 2007).

Cuando se incorpora un proyecto hidroeléctrico a una región, los cambios que genera en el territorio hacen que el bienestar de algunas comunidades aumente y en otras disminuya. Para capturar este impacto social, se ha considerado hacer uso del indicador de bienestar (Cárdenas-Rodríguez & López-Feldman, 2015).

Este indicador considera la evaluación del bienestar desde diferentes ámbitos: bienestar material (situación económica o financiera, ingreso), salud, trabajo, intimidad (relación con la familia, amigos y pareja), seguridad, comunidad y bienestar emocional (recreación y tiempo libre).

Para estimar el indicador, el primer paso es realizar encuestas a la comunidad en los diferentes ámbitos de la comunidad. En la Tabla 27 se presentan las preguntas para la evaluación del bienestar.

Tabla 27. Preguntas para a la evaluación de bienestar desde diferentes ámbitos

Dimensión	Términos de la Pregunta para el instrumento de recolección de información
Salud /educación	Acceso a estos servicios
Económico	Ocupación/ nivel ingresos
Recreación	Preferencias Oferta del territorio
Hábitat	Vivienda (tenencia, legalidad)
	Servicios públicos (acceso). Incluir telecomunicaciones, transporte
	Agua (Acceso de forma legal y organizada)
Organización comunitaria	Tipo de organizaciones Funcionamiento /apropiación/participación comunitaria

Fuente: Basado en Cárdenas-Rodríguez & López-Feldman (2015)

Luego, se realiza un análisis econométrico de la importancia de la satisfacción económica en la satisfacción de vida de una persona. Cárdenas-Rodríguez & López-Feldman (2015) proponen hacer este análisis mediante la estimación de modelos probit ordenados, siguiendo la metodología de Rojas (2008) la cual propone la siguiente relación:

$$S_i = f(Se_i, E_i, R_i, H_i, Oc_i)$$

Donde S_i es la satisfacción de la vida en general para el individuo i y Sa_i (salud/educación), E_i (económico), R_i (recreación), H_i (Hábitat), Oc_i (Organización comuna tira), se refieren a la satisfacción en estos ámbitos para ese mismo individuo. Seguidamente, se presentan las escalas de valoración para los diferentes ámbitos del bienestar.

Tabla 28. Esta de valoración ordinal de los ámbitos de bienestar

Ámbito	Escala de valoración
Salud / educación	0-100
Económico	0-100
Recreación	0-100
Hábitat	0-100
Organización comunitaria	0-100

Fuente: Rojas (2008)

En este orden e ideas, se dice que el individuo i tendrá bienestar máximo si el $S_i = 5$, y su bienestar sería mínimo si $S_i = 0$.

- *Retorno Social de Inversión (SROI)*

El Retorno Social de Inversión (SROI) consiste en un enfoque cuantitativo para entender y gestionar los impactos de un proyecto o programa, recogiendo las valoraciones de los distintos grupos de interés y asignando un valor económico a todos los impactos identificados (esto incluye componentes de belleza escénica, turismo, recreación, conectividad vial, zonas de importancia cultural, entre otros). No obstante, el SROI trata de valor, en lugar de dinero. El dinero es simplemente una unidad común y, como tal, es la forma más útil y comúnmente aceptada de expresar valor (Nicholls et al., 2014).

Para Calcular el SROI se deben llevar acabo cinco etapas, a saber (Nicholls et al., 2014):

- **Etapa 1 - Establecimiento del alcance e identificación de stakeholders clave:** Busca tener los límites claros acerca de qué cubrirá SROI, quién estará involucrado en el proceso y cómo.

- **Etapa 2 - Construcción del mapa de outcomes:** Consiste en elaborar un mapa de impacto, o teoría del cambio, que muestra la relación entre inputs, outputs y outcomes.

- **Etapa 3 - Identificación y valoración de outcomes:** Encontrar la información para mostrar si los outcomes han sucedido y luego valorarlos.

- **Etapa 4 - Establecimiento de impactos:** Contando con la información sobre los outcomes, y una vez monetizada, la etapa 4 tiene como objetivo establecer si los aspectos de cambio habrían sucedido de todos modos o son consecuencia de otros factores se dejan fuera de consideración.

- **Etapa 5 -** Calcular el SROI: Esta etapa supone añadir todos los beneficios, sustrayendo lo negativo y comparando el resultado con la inversión. Matemáticamente el SROI se expresa como:

$$SROI = \frac{VPN}{VT}$$

Donde VPN corresponde al valor presente neto (o valor actual neto del impacto) y VT hace referencia al valor de la inversión total (o valor de los inputs). Para el caso particular de este estudio, si el $SROI > 0$, se dice que el impacto de los proyectos hidroeléctricos sobre las comunidades es positivo, mientras que si $SROI < 0$ se dice que el impacto sobre las comunidades es negativo.

- *Indicador de conectividad beta (Iβ)*

Para cuantificar el desarrollo vial que propician los proyecto hidroenergéticos, se a previsto hacer uso el Indicador de conectividad beta (Iβ), el cual describe el grado de conexión de una red a través del número de arcos sobre el número de nodos. Cuando su valor es equivalente a 0, indica una red nula. Si su valor es igual a 1, la red es de un solo circuito, y de 1 a 3 significa que son redes complejas; puede decirse que, a mayor número de arcos, mayor es la conexión que representa. Matemáticamente este indicador se expresa como:

$$\mathrm{I}\beta = \frac{N°Arcos}{N°Nodos}$$

Donde el $N°Arcos$ hace referencia a los transeptos de vía y el $N°Nodos$ a las conexiones entre las mismas.

4.1.4 *Paso 4: Calculo de índices integrados por dimensión ambiental, económica y social*

Seleccionados los indicadores por dimensión (ambiental, social y económica), se procede a realizar la construcción del índice integrado para cada una de las dimensiones consideradas. De acuerdo con Juwana et al. (2012) el proceso de creación de un índice integrado se realiza en 3 etapas:

- Normalización
- Definición de pesos
- Ponderación

Nardo et al. (2005) plantea que, con este método, se produce una perfecta sustituibilidad y compensabilidad entre todos los indicadores seleccionados. En este sentido, a continuación, se describen cada uno de los pasos anteriormente mencionados.

4.1.4.1 Paso 4.1: Normalización de indicadores por dimensión ambiental, económica y social

Dado que no todos los indicadores que se han identifican en el paso 3 poseen las mismas unidades ni el mismo rango de valores, no es posible agregarlos o compararlos directamente. Por tal razón, es necesario realizar un proceso de normalización de tal forma que los indicadores sean adimensionales y tengan el mismo rango.

Existen diferentes métodos para realizar este procedimiento como el método de cambio de escala continuo, método de clasificación, método de diferencias anuales, método de escalas categóricas y método de distancia a una referencia. Para el marco metodológico propuesto, se ha previsto hacer uso del método de cambio de escala continuo en el rango de 0 – 1. A continuación se describe el método de normalización seleccionado.

- **Método de cambio de escala continuo**

El método de cambio de escala continuo se utiliza para producir un rango idéntico para los valores de los indicadores, por ejemplo, 0–1 o 0–100. La ecuación general para calcular los valores de los indicadores utilizando este método es la siguiente (Juwana et al., 2012):

$$S_i = \frac{I_i - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

Donde S_i es el valor del índice para el indicador *i*, $I_i$es el valor real para el indicador *i*, y I_{min} y I_{max} son los valores umbral mínimo y máximo del indicador. La ecuación calcula el valor del índice en una escala de 0 a 1. La ecuación anterior se utiliza cuando I_{min} es el valor menos preferido y I_{max} es el valor más preferido. Si I_{min} y I_{max} son los valores más y menos preferidos respectivamente, la ecuación se modifica a (Juwana et al., 2012):

$$S_i = 1 - \frac{I_i - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

4.1.4.2 Paso 4.2: Definición de pesos de indicadores por dimensión ambiental, económica y social

Normalizados los indicadores por dimensión, se procede a realizar la agrupación de estos de acuerdo con su importancia. Para esto, se hace necesario definir los pesos o grado de aporte de cada indicador, a la construcción del índice en la dimensión de análisis. Por lo general, los pesos deben cumplir la siguiente condición

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1, W_i \geq 0$$

Donde W_i es el peso del indicador i y n es la cantidad de indicadores en la dimensión de análisis (ambiental, económica o social). De acuerdo con Nardo et al. (2005) existen diferentes técnicas para estimar los pesos o equivalencia de un grupo de indicadores. Según (Nardo et al., 2005), las técnicas de ponderación se clasifican en dos categorías: Métodos basados en estadísticas y métodos basados en la participación (ver Anexo – Fase I -). En el primer método, las ponderaciones se asignan en función del análisis de los datos de los indicadores mientras que en el segundo caso las ponderaciones se dan en función de la opinión de expertos o del público en general.

Dado que las metodologías que integran el criterio experto pueden generar juicios subjetivos dependiendo del experto que se seleccione, para el marco propuesto se adoptó el método basado en estadística denominado modelo de componentes no observados (MCU). Este método asume que los indicadores de un índice integrado dependen de factores desconocidos. Estos factores se etiquetan como componentes no observados. La dependencia de los componentes no observados, así como los errores asociados con cada indicador de un índice integrado, se muestran mediante la varianza de cada indicador. Para utilizar este método, el primer paso es calcular la varianza de cada indicador. Luego, se calcula la suma de la varianza de los otros indicadores y se aplica la siguiente expresión (Juwana et al., 2012; Nardo et al., 2005).

$$W = \frac{\sigma^{-2}}{1 + \sum_{i=1}^{n} {\sigma_i}^{-2}}$$

Donde W es el peso del indicador, σ^2 es la variancia del indicador de análisis, ${\sigma_i}^2$ es la varianza de los indicadores i. De acuerdo con esta expresión, el peso de un indicador aumenta a medida que disminuye su varianza y a medida que aumenta la suma de la varianza de otros indicadores. Si consideramos que todos los indicadores presentan la misma varianza, los pesos preliminares para cada indicador por dimensión serían los presentados en la Tabla 190.

Tabla 29. Pesos preliminares para los indicadores por dimensión

Indicadores ambiéntales	*W*	Indicadores económicos	*W*	Indicadores sociales	*W*
MQI	1/9	GED	1/3	IPI	1/5
HP1	1/9	CEAL	1/3	IB	1/5
DOR	1/9	DEL	1/3	SROI	1/5
SAI	1/9			Iβ	1/5
DCI	1/9			IPM	1/5
MHSI	1/9				
IVRCC	1/9				
IGRD	1/9				

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC.

Dependiendo de los valores particulares que arroje cada indicador por dimensión en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, los pesos asignados sufrirían modificaciones. De lo contrario, se asignarán equitativamente los pesos a cada indicador por dimensión.

4.1.4.3 Paso 4.3: Integración de indicadores por dimensión ambiental, económica y social

Normalizados los indicadores de cada dimensión y definidos los pesos, el paso final para construir el índice integrado de cada dimensión es realizar la integración o agregación de los indicadores. Según (Nardo et al., 2005) los dos métodos más comunes para la agregación de índices son los métodos aritmético y geométrico. Para efectos del marco metodológico, se propone el uso del método aritmético, el cual se describe a continuación.

- **Método aritmético**

El método aritmético consiste en realizar una suma de los indicadores, ponderados por los pesos de cada índice. Matemáticamente el método se expresa de la siguiente manera:

$$I_E = \sum_{i=1}^{n} I_{N\,i,k} * W_i$$

Donde I_E es el indicador integrado, I_{N_i} es el indicador normalizado i de la dimensión k (social, ambiental y económico) y W_i es el peso asignado al indicador i.

4.1.5 *Paso 5: Estimación del índice de sostenibilidad Integrado*

La construcción del índice de sostenibilidad integrado se efectúa replicando el paso 4.3. Para efectos de este marco metodológico, se considera que tanto la dimensión ambiental, como la economía y la social poseen la misma importancia en la evaluación de la sostenibilidad. Como consecuencia, los pesos asignados a cada subíndice integrado serán iguales. Matemáticamente, el índice de sostenibilidad integrado estaría dado de la siguiente manera:

$$I_{SI} = I_S * W_S + I_E * W_E + I_A * W_A$$

$$W_s = W_E = W_A = 1/3$$

Donde I_{SI} es el índice de sostenibilidad integrado, I_S es el subíndice integrado de la dimensión social, I_E es el subíndice integrado de la dimensión económica y I_A es el subíndice integrado de la dimensión ambiental. W_S, W_E y W_A son pesos de la dimensión social, económica y ambiental respectivamente.

Dado que el marco metodológico pretende realizar una evaluación de sostenibilidad a múltiples escalas, a continuación, se presentan las ecuaciones del paso 4 expresadas en términos espaciales.

Sea n el número de unidades mínimas de análisis de la cuenca Ω, la normalización del subíndice i para la unidad j, en la dimensión k, puede ser expresado de la siguiente manera:

$$I_{min,k} = \min(I_{i,1,k}, I_{i,2,k}, I_{i,3,k}, \dots, I_{i,j,k})$$

$$I_{max,k} = \max(I_{i,1,k}, I_{i,2,k}, I_{i,3,k}, \dots, I_{i,j,k})$$

$$I_{N\,i,j,k} = \frac{I_{i,j,k} - I_{min,k}}{I_{max,k} - I_{min,k}};\ para\ I_{N\,i,k} = 1\ como\ mejor$$

$$I_{N\,i,j,k} = 1 - \frac{I_{i,j,k} - I_{min,k}}{I_{max,k} - I_{min,k}};\ ;\ para\ I_{N\,i,k} = 0\ como\ mejor$$

La definición de pesos para cada subíndice i de la unidad j, en la dimensión k, se encuentran dados por la expresión:

$$\mu_{N_{i,k}} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} I_{N\,i,j,k}$$

$$\sigma_{N_{i,k}}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(I_{N\,i,j,k} - \mu_{N_{i,k}}\right)^2$$

$$W_{i,k} = \frac{\sigma_{N_{i,k}}{}^2}{1 + \sum_{i=1}^{n}\sigma_{N_{i,k}}{}^2}$$

Finalmente, el índice de sostenibilidad integrado para la unidad j estará dado como:

$$I_{S,j} = \sum_{k=1}^{3} I_{N\,i,S,j} * W_{i,S}\ ;\ I_{E,j} = \sum_{k=1}^{3} I_{N\,i,E,j} * W_{i,E}\ ;\ I_{A,j} = \sum_{k=1}^{6} I_{N\,i,A,j} * W_{i,A}$$

$$I_{SI_j} = \frac{I_{S_j} + I_{E_j} + I_{A_j}}{3}$$

Seguidamente, se presenta el esquema de cálculo general para la estimación del indicador integrado de sostenibilidad.

- Normalización de indicador ambiental – MQI

$$MQI_{min} = \min(MQI_1, MQI_2, MQI_3, \dots, MQI_j)$$

$$MQI_{max} = \max(MQI_1, MQI_2, MQI_3, \dots, MQI_j)$$

$$MQI_{N,j} = \frac{MQI_j - MQI_{min}}{MQI_{max} - MQI_{min}}$$

- Normalización de indicador ambiental – $HP1$

$$HP1_{min} = \min(HP1_1, HP1_2, HP1_3, \dots, HP1_j)$$

$$HP1_{max} = \max(HP1_1, HP1_2, HP1_3, \dots, HP1_j)$$

$$HP1_{N,j} = 1 - \frac{HP1_j - HP1_{min}}{HP1_{max} - HP1_{min}}$$

- Normalización de indicador ambiental - DOR

$$DOR_{min} = \min(DOR_1, DOR_2, DOR_3, \dots, DOR_j)$$

$$DOR_{max} = \max(DOR_1, DOR_2, DOR_3, \dots, DOR_j)$$

$$DOR_{N,j} = 1 - \frac{DOR_j - DOR_{min}}{DOR_{max} - DOR_{min}}$$

- Normalización de indicador ambiental - SAI

$$SAI_{min} = \min(SAI_1, SAI_2, SAI_3, \dots, SAI_j)$$

$$SAI_{max} = \max(SAI_1, SAI_2, SAI_3, \dots, SAI_j)$$

$$SAI_{N,j} = 1 - \frac{SAI_j - SAI_{min}}{SAI_{max} - SAI_{min}}$$

- Normalización de indicador ambiental - DCI

$$DCI_{min} = \min(DCI_1, DCI_2, DCI_3, \dots, DCI_j)$$

$$DCI_{max} = \max(DCI_1, DCI_2, DCI_3, \dots, DCI_j)$$

$$DCI_{N,j} = \frac{DCI_j - DCI_{min}}{DCI_{max} - DCI_{min}}$$

- Normalización de indicador ambiental - $MHSI$

$$MHSI_{min} = \min(MHSI_1, MHSI_2, MHSI_3, \dots, MHSI_j)$$

$$MHSI_{max} = \max(MHSI_1, MHSI_2, MHSI_3, \dots, MHSI_j)$$

$$MHSI_{N,j} = \frac{MHSI_j - MHSI_{min}}{MHSI_{max} - MHSI_{min}}$$

- Normalización de indicador ambiental - IVH

$$IVH_{min} = \min(IVH_1, IVH_2, IVH_3, \dots, IVH_j)$$

$$IVH_{max} = \max(IVH_1, IVH_2, IVH_3, \dots, IVH_j)$$

$$IVH_{N,j} = 1 - \frac{IVH_j - IVH_{min}}{IVH_{max} - IVH_{min}}$$

- Normalización de indicador ambiental - $IVRCC$

$$IVRCC_{min} = \min(IVRCC_1, IVRCC_2, IVRCC_3, \dots, IVRCC_j)$$

$$IVRCC_{max} = \max(IVRCC_1, IVRCC_2, IVRCC_3, \dots, IVRCC_j)$$

$$IVRCC_{N,j} = 1 - \frac{IVRCC_j - IVRCC_{min}}{IVRCC_{max} - IVRCC_{min}}$$

- Normalización de indicador ambiental - $IGRD$

$$IGRD_{min} = \min(IGRD_1, IGRD_2, IGRD_3, \dots, IGRD_j)$$

$$IGRD_{max} = \max(IGRD_1, IGRD_2, IGRD_3, \dots, IGRD_j)$$

$$IGRD_{N,j} = 1 - \frac{IGRD_j - IGRD_{min}}{IGRD_{max} - IGRD_{min}}$$

- Normalización de indicador económico - GED

$$GED_{min} = \min(GED_1, GED_2, GED_3, \dots, GED_j)$$

$$GED_{max} = \max(GED_1, GED_2, GED_3, \dots, GED_j)$$

$$GED_{N,j} = \frac{GED_j - GED_{min}}{GED_{max} - GED_{min}}$$

- Normalización de indicador económico - $CFAL$

$$CFAL_{min} = \min(CFAL_1, CFAL_2, CFAL_3, \dots, CFAL_j)$$

$$CFAL_{max} = \max(CFAL_1, CFAL_2, CFAL_3, \dots, CFAL_j)$$

$$CFAL_{N,j} = \frac{CFAL_j - CFAL_{min}}{CFAL_{max} - CFAL_{min}}$$

- Normalización de indicador económico - DEL

$$DEL_{min} = \min(DEL_1, DEL_2, DEL_3, \dots, DEL_j)$$

$$DEL_{max} = \max(DEL_1, DEL_2, DEL_3, \dots, DEL_j)$$

$$DEL_{N,j} = \frac{DEL_j - DEL_{min}}{DEL_{max} - DEL_{min}}$$

- Normalización de indicador social - IPI

$$IPI_{min} = \min(IPI_1, IPI_2, IPI_3, \dots, IPI_j)$$

$$IPI_{max} = \max(IPI_1, IPI_2, IPI_3, \dots, IPI_j)$$

$$IPI_{N,j} = \frac{IPI_j - IPI_{min}}{IPI_{max} - IPI_{min}}$$

- Normalización de indicador social - IPM

$$IPM_{min} = \min(IPM_1, IPM_2, IPM_3, \dots, IPM_j)$$

$$IPM_{max} = \max(IPM_1, IPM_2, IPM_3, \dots, IPM_j)$$

$$IPM_{N,j} = 1 - \frac{IPM_j - IPM_{min}}{IPM_{max} - IPM_{min}}$$

- Normalización de indicador social - IB

$$IB_{min} = \min(IB_1, IB_2, IB_3, \dots, IB_j)$$

$$IB_{max} = \max(IB_1, IB_2, IB_3, \dots, IB_j)$$

$$IB_{N,j} = \frac{IB_j - IB_{min}}{IB_{max} - IB_{min}}$$

- Normalización de indicador social - $SROI$

$$SROI_{min} = \min(SROI_1, SROI_2, SROI_3, \dots, SROI_j)$$

$$SROI_{max} = \max(SROI_1, SROI_2, SROI_3, \dots, SROI_j)$$

$$SROI_{N,j} = \frac{SROI_j - SROI_{min}}{SROI_{max} - SROI_{min}}$$

- Normalización de indicador social - Iβ

$$I\beta_{min} = \min(I\beta_1, I\beta_2, I\beta_3, \dots, I\beta_j)$$

$$I\beta_{max} = \max(I\beta_1, I\beta_2, I\beta_3, \dots, I\beta_j)$$

$$I\beta_{N,j} = \frac{I\beta_j - I\beta_{min}}{I\beta_{max} - I\beta_{min}}$$

- Peso asociado al indicador ambiental – MQI

$$\mu_{MQI_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} MQI_{N,j}$$

$${\sigma_{MQI_N}}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(MQI_{N,j} - \mu_{MQI_N}\right)^2$$

$$\Omega = {\sigma_{MQI_N}}^{-2} + {\sigma_{HP1_N}}^{-2} + {\sigma_{DOR_N}}^{-2} + {\sigma_{SAI_N}}^{-2} + {\sigma_{DCI_N}}^{-2} + {\sigma_{MHSI_N}}^{-2} + {\sigma_{IVH_N}}^{-2} + {\sigma_{IVRCC_N}}^{-2} + {\sigma_{IGRD_N}}^{-2}$$

$$W_{MQI} = \frac{{\sigma_{MQI_N}}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador ambiental - $HP1$

$$\mu_{HP1_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} HP1_{N,j}$$

$${\sigma_{HP1_N}}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(HP1_{N,j} - \mu_{HP1_N}\right)^2$$

$$\Omega = {\sigma_{MQI_N}}^{-2} + {\sigma_{HP1_N}}^{-2} + {\sigma_{DOR_N}}^{-2} + {\sigma_{SAI_N}}^{-2} + {\sigma_{DCI_N}}^{-2} + {\sigma_{MHSI_N}}^{-2} + {\sigma_{IVH_N}}^{-2} + {\sigma_{IVRCC_N}}^{-2} + {\sigma_{IGRD_N}}^{-2}$$

$$W_{HP1} = \frac{{\sigma_{HP1_N}}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador ambiental – DOR

$$\mu_{DOR_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} DOR_{N,j}$$

$$\sigma_{DOR_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(DOR_{N,j} - \mu_{DOR_N}\right)^2$$

$$\Omega = \sigma_{MQI_N}{}^{-2} + \sigma_{HP1_N}{}^{-2} + \sigma_{DOR_N}{}^{-2} + \sigma_{SAI_N}{}^{-2} + \sigma_{DCI_N}{}^{-2} + \sigma_{MHSI_N}{}^{-2} + \sigma_{IVH_N}{}^{-2} + \sigma_{IVRCC_N}{}^{-2} + \sigma_{IGRD_N}{}^{-2}$$

$$W_{DOR} = \frac{\sigma_{DOR_N}{}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador ambiental – SAI

$$\mu_{SAI_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} SAI_{N,j}$$

$$\sigma_{SAI_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(SAI_{N,j} - \mu_{SAI_N}\right)^2$$

$$\Omega = \sigma_{MQI_N}{}^{-2} + \sigma_{HP1_N}{}^{-2} + \sigma_{DOR_N}{}^{-2} + \sigma_{SAI_N}{}^{-2} + \sigma_{DCI_N}{}^{-2} + \sigma_{MHSI_N}{}^{-2} + \sigma_{IVH_N}{}^{-2} + \sigma_{IVRCC_N}{}^{-2} + \sigma_{IGRD_N}{}^{-2}$$

$$W_{SAI} = \frac{\sigma_{SAI_N}{}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador ambiental – DCI

$$\mu_{DCI_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} DCI_{N,j}$$

$$\sigma_{DCI_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(DCI_{N,j} - \mu_{DCI_N}\right)^2$$

$$\Omega = \sigma_{MQI_N}{}^{-2} + \sigma_{HP1_N}{}^{-2} + \sigma_{DOR_N}{}^{-2} + \sigma_{SAI_N}{}^{-2} + \sigma_{DCI_N}{}^{-2} + \sigma_{MHSI_N}{}^{-2} + \sigma_{IVH_N}{}^{-2} + \sigma_{IVRCC_N}{}^{-2} + \sigma_{IGRD_N}{}^{-2}$$

$$W_{DCI} = \frac{\sigma_{DCI_N}{}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador ambiental – $MHSI$

$$\mu_{MHSI_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} MHSI_{N,j}$$

$$\sigma_{MHSI_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(MHSI_{N,j} - \mu_{MHSI_N}\right)^2$$

$$\Omega = \sigma_{MQI_N}{}^{-2} + \sigma_{HP1_N}{}^{-2} + \sigma_{DOR_N}{}^{-2} + \sigma_{SAI_N}{}^{-2} + \sigma_{DCI_N}{}^{-2} + \sigma_{MHSI_N}{}^{-2} + \sigma_{IVH_N}{}^{-2} + \sigma_{IVRCC_N}{}^{-2} + \sigma_{IGRD_N}{}^{-2}$$

$$W_{MHSI} = \frac{\sigma_{MHSI_N}{}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador ambiental – IVH

$$\mu_{IVH_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} IVH_{N,j}$$

$$\sigma_{IVH_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(IVH_{N,j} - \mu_{IVH_N}\right)^2$$

$$\Omega = \sigma_{MQI_N}{}^{-2} + \sigma_{HP1_N}{}^{-2} + \sigma_{DOR_N}{}^{-2} + \sigma_{SAI_N}{}^{-2} + \sigma_{DCI_N}{}^{-2} + \sigma_{MHSI_N}{}^{-2} + \sigma_{IVH_N}{}^{-2} + \sigma_{IVRCC_N}{}^{-2} + \sigma_{IGRD_N}{}^{-2}$$

$$W_{IVH} = \frac{\sigma_{IVH_N}{}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador ambiental – $IVRCC$

$$\mu_{IVRCC_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} IVRCC_{N,j}$$

$$\sigma_{IVRCC_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(IVRCC_{N,j} - \mu_{IVRCC_N}\right)^2$$

$$\Omega = \sigma_{MQI_N}{}^{-2} + \sigma_{HP1_N}{}^{-2} + \sigma_{DOR_N}{}^{-2} + \sigma_{SAI_N}{}^{-2} + \sigma_{DCI_N}{}^{-2} + \sigma_{MHSI_N}{}^{-2} + \sigma_{IVH_N}{}^{-2} + \sigma_{IVRCC_N}{}^{-2} + \sigma_{IGRD_N}{}^{-2}$$

$$W_{IVRCC} = \frac{\sigma_{IVRCC_N}{}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador ambiental – $IGRD$

$$\mu_{IGRD_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} IGRD_{N,j}$$

$$\sigma_{IGRD_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(IGRD_{N,j} - \mu_{IGRD_N}\right)^2$$

$$\Omega = \sigma_{MQI_N}{}^{-2} + \sigma_{HP1_N}{}^{-2} + \sigma_{DOR_N}{}^{-2} + \sigma_{SAI_N}{}^{-2} + \sigma_{DCI_N}{}^{-2} + \sigma_{MHSI_N}{}^{-2} + \sigma_{IVH_N}{}^{-2} + \sigma_{IVRCC_N}{}^{-2} + \sigma_{IGRD_N}{}^{-2}$$

$$W_{IGRD} = \frac{\sigma_{IGRD_N}{}^{-2}}{1 + \Omega}$$

- Peso asociado al indicador económico – GED

$$\mu_{GED_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} GED_{N,j}$$

$$\sigma_{GED_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(GED_{N,j} - \mu_{GED_N}\right)^2$$

$$W_{GED} = \frac{\sigma_{GED_N}{}^{-2}}{1 + \left[\sigma_{GED_N}{}^{-2} + \sigma_{CFAL_N}{}^{-2} + \sigma_{DEL_N}{}^{-2}\right]}$$

- Peso asociado al indicador económico – $CFAL$

$$\mu_{CFAL_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} CFAL_{N,j}$$

$$\sigma_{CFAL_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(CFAL_{N,j} - \mu_{CFAL_N}\right)^2$$

$$W_{CFAL} = \frac{\sigma_{CFAL_N}{}^{-2}}{1 + \left[\sigma_{GED_N}{}^{-2} + \sigma_{CFAL_N}{}^{-2} + \sigma_{DEL_N}{}^{-2}\right]}$$

- Peso asociado al indicador económico – DEL

$$\mu_{DEL_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} DEL_{N,j}$$

$$\sigma_{DEL_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(DEL_{N,j} - \mu_{DEL_N}\right)^2$$

$$W_{DEL} = \frac{\sigma_{DEL_N}{}^{-2}}{1 + \left[\sigma_{GED_N}{}^{-2} + \sigma_{CFAL_N}{}^{-2} + \sigma_{DEL_N}{}^{-2}\right]}$$

- Peso asociado al indicador social – IPI

$$\mu_{IPI_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} IPI_{N,j}$$

$$\sigma_{IPI_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(IPI_{N,j} - \mu_{IPI_N}\right)^2$$

$$W_{IPI} = \frac{\sigma_{IPI_N}{}^{-2}}{1 + \left[\sigma_{IPI_N}{}^{-2} + \sigma_{IPM_N}{}^{-2} + \sigma_{IB_N}{}^{-2} + \sigma_{SROI_N}{}^{-2} + \sigma_{\mathrm{I}\beta_N}{}^{-2}\right]}$$

- Peso asociado al indicador social – IPI

$$\mu_{IPM_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} IPM_{N,j}$$

$$\sigma_{IPM_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(IPM_{N,j} - \mu_{IPM_N}\right)^2$$

$$W_{IPM} = \frac{\sigma_{IPM_N}{}^{-2}}{1 + \left[\sigma_{IPI_N}{}^{-2} + \sigma_{IPM_N}{}^{-2} + \sigma_{IB_N}{}^{-2} + \sigma_{SROI_N}{}^{-2} + \sigma_{\mathrm{I}\beta_N}{}^{-2}\right]}$$

- Peso asociado al indicador social – IB

$$\mu_{IB_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} IB_{N,j}$$

$$\sigma_{IB_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(IB_{N,j} - \mu_{IB_N}\right)^2$$

$$W_{IB} = \frac{\sigma_{IB_N}{}^{-2}}{1 + \left[\sigma_{IPI_N}{}^{-2} + \sigma_{IPM_N}{}^{-2} + \sigma_{IB_N}{}^{-2} + \sigma_{SROI_N}{}^{-2} + \sigma_{\mathrm{I}\beta_N}{}^{-2}\right]}$$

- Peso asociado al indicador social – $SROI$

$$\mu_{SROI_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} SROI_{N,j}$$

$$\sigma_{SROI_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(SROI_{N,j} - \mu_{SROI_N}\right)^2$$

$$W_{SROI} = \frac{\sigma_{SROI_N}{}^{-2}}{1 + \left[\sigma_{IPI_N}{}^{-2} + \sigma_{IPM_N}{}^{-2} + \sigma_{IB_N}{}^{-2} + \sigma_{SROI_N}{}^{-2} + \sigma_{\mathrm{I}\beta_N}{}^{-2}\right]}$$

- Peso asociado al indicador social – Iβ

$$\mu_{\mathrm{I}\beta_N} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\mathrm{I}\beta_{N,j}$$

$$\sigma_{\mathrm{I}\beta_N}{}^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\mathrm{I}\beta_{N,j} - \mu_{\mathrm{I}\beta_N}\right)^2$$

$$W_{\mathrm{I}\beta} = \frac{\sigma_{\mathrm{I}\beta_N}{}^{-2}}{1 + \left[\sigma_{IPI_N}{}^{-2} + \sigma_{IPM_N}{}^{-2} + \sigma_{IB_N}{}^{-2} + \sigma_{SROI_N}{}^{-2} + \sigma_{\mathrm{I}\beta_N}{}^{-2}\right]}$$

- Subíndice integrado de la dimensión ambiental - I_A

$$I_{A_j} = \left(MQI_{N,j} * W_{MQI}\right) + \left(HP1_{N,j} * W_{HP1}\right) + \left(DOR_{N,j} * W_{DOR}\right) + \left(SAI_{N,j} * W_{SAI}\right) + \left(DCI_{N,j} * W_{DCI}\right) + \left(MHSI_{N,j} * W_{MHSI}\right) + \left(IVH_{N,j} * W_{IVH}\right) + \left(IVRCC_{N,j} * W_{IVRCC}\right) + \left(IGRD_{N,j} * W_{IGRD}\right)$$

- Subíndice integrado de la dimensión económica - I_A

$$I_{E_j} = \left(GED_{N,j} * W_{GED}\right) + \left(CFAL_{N,j} * W_{CFAL}\right) + \left(DEL_{N,j} * W_{DEL}\right)$$

- Subíndice integrado de la dimensión social - I_A

$$I_{S_j} = \left(IPI_{N,j} * W_{IPI}\right) + \left(IPM_{N,j} * W_{IPM}\right) + \left(IB_{N,j} * W_{IB}\right) + \left(SROI_{N,j} * W_{SROI}\right) + \left(\mathrm{I}\beta_{N,j} * W_{\mathrm{I}\beta}\right)$$

- Índice de sostenibilidad integrado - I_{SI}

$$I_{SI_j} = \frac{I_{S_j} + I_{E_j} + I_{A_j}}{3}$$

4.1.6 *Paso 6: Definición de escenarios*

Un escenario constituye una secuencia hipotética de eventos construidos con el propósito de centrar la atención en los procesos causales y las decisiones puntuales (Moore, 1968), por lo que el objetivo detrás de los escenarios es generar una orientación con respecto a un desarrollo futuro

través de una observación de ciertos factores clave relevantes en un sistema (Kosow & Gaßner, 2008).

Es de resaltar que los escenarios no tienen que reclamar la realidad y, por lo tanto, no necesariamente deben proporcionar un conocimiento "verdadero" del futuro; más bien, simplemente un escenario debe proporcionar una construcción hipotética de futuros posibles sobre la base del conocimiento adquirido en el presente y el pasado (Kosow & Gaßner, 2008).

En este sentido, en el paso 6 se busca definir la cantidad de proyectos que a futuro podrían entrar en operación al interior de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. En línea con lo establecido en el convenio de asociación C507-2020, se ha acordado evaluar la sostenibilidad de ambas cuencas bajo 8 escenarios:

- Escenario 1: Proyectos en operación
- Escenario 2: Proyectos en operación y en construcción
- Escenario 3: Proyectos en operación, en construcción y (licencia ambiental o Concesión de agua)
- Escenario 4: Proyectos en operación, en construcción, (licencia ambiental o Concesión de agua) y (Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y Tramite de licencia ambiental)
- Escenario 5: Proyectos en operación, en construcción, (licencia ambiental o Concesión de agua), (Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o Tramite de licencia) y (Diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes)
- Escenario 6
- Escenario 7
- Escenario 8

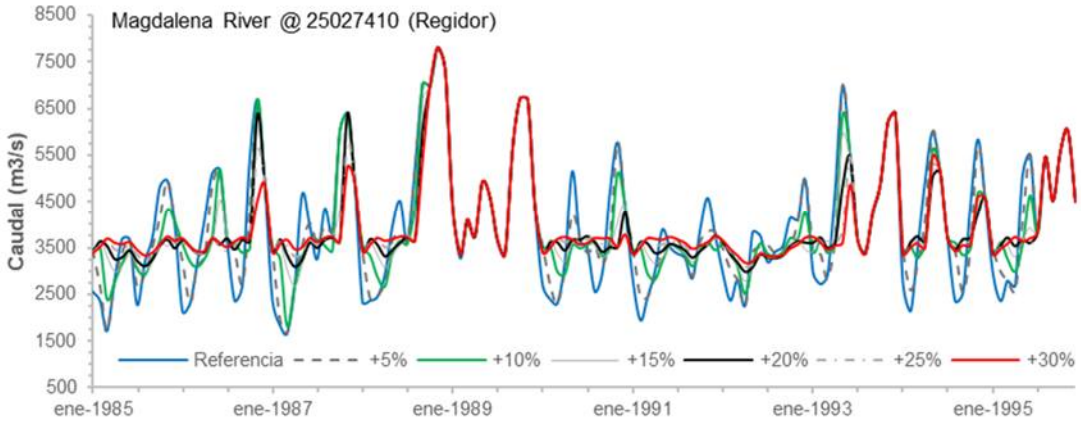
Según los compromisos adquiridos, la definición de cada uno de los escenarios estará bajo el liderazgo de Cornare con el apoyo del equipo técnico de TNC.

4.1.7 *Paso 7: Definición de rangos y categorías de sostenibilidad*

La categorización de un indicador hace referencia a la valoración cualitativa (bueno, regular, malo) que se hace a los valores que toma un indicador. La valoración dependerá en gran medida de las condiciones que exprese el sistema en los diferentes valores que tome el indicador.

Por ejemplo, el DOR es un indicador que matemáticamente varía entre 0 y ∞. Se ha encontrado que en ríos cuyo patrón estacional es bimodal con flujos base relativamente altos, generalmente niveles de DOR acumulados del orden de 10 al 15% son suficientes para modificar el patrón estacional de los caudales en años promedio y secos (Angarita, Wickel, Chavarro, Escobar-Arias, & Delgado, 2015), tal y como se muestra en la Figura 45.

Figura 45. Ejemplos de hidrogramas mensuales simulados correspondientes a incrementos de grados de regulación artificial de +1, +5, +10, +15, +20, +25 y +30%, respecto al período de referencia 1985 a 1995



Fuente: Adaptado de Angarita et al. (2015)

Es decir que, si el DOR alcanza un valor del 15% o superiores, se elimina la variabilidad estacional de años secos y promedio, lo que trae consigo serias repercusiones a los ecosistemas acuáticos. En razón a lo anterior, la categorización que se podría asignar a este indicador sería la expresada en la Tabla 30:

Tabla 30. Ejemplo de categorías para DOR

DOR	Categoría
0-2	Muy bueno
2-5	bueno
5-10	Regular
10-15	Malo
>15	Muy Malo

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Como se observó con el DOR, las categorías para un indicador no necesariamente poseen rangos idénticos. Por tal motivo, el paso 7 busca establecer los rangos en los cuales el indicador de sostenibilidad expresa una condición buena, regular y mala.

La definición de dichos rangos se propone realizar a partir del conocimiento experto de los profesionales que participan en el proyecto, de acuerdo con los resultados obtenidos en los escenarios propuestos. No obstante, de manera inicial, se plantea una distribución regular en los rangos de cada categoría de sostenibilidad. En la Tabla 191 se presentan las categorías y los rangos para el indicador de sostenibilidad propuesto de manera inicial.

Tabla 31. Categorías del indicador integrado de sostenibilidad

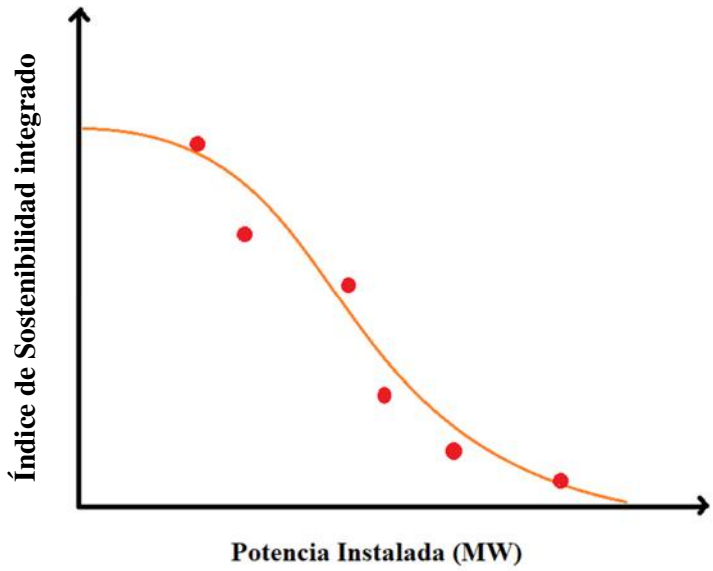
Categoría	Rango
Muy Baja	0.0-0.2
Baja	0.2-0.4
Media	0.4-0.6
Alta	0-6-0.8
Muy Alta	0.8-1.0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

4.1.8 *Paso 8: Definición de límites de sostenibilidad (Capacidad de carga)*

Como resultado de la aplicación del marco metodológico se tendrá un valor de sostenibilidad (indicador de sostenibilidad integrado) para cada uno de los escenarios definidos, en las unidades mínimas de análisis de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Considerando que cada escenario constituye una configuración de proyectos hidroeléctricos que potencialmente pueden entrar a operar en dichas cuencas, es posible construir las curvas de sostenibilidad vs la ganancia o beneficio (potencia instalada, energía producida, etc.) que generan los proyectos. La selección del beneficio o ganancia se prevé realizar de manera conjunta con Cornare. Cabe resaltar que se propone usar como ganancia la sumatoria de las potencias instaladas individuales de cada proyecto hidroeléctrico que configura un escenario en particular (ver Figura 373).

Figura 46. Índice de sostenibilidad integrado vs potencia instalada



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

La construcción de la curva de sostenibilidad requiere tener que agregar el índice de sostenibilidad integrado a nivel de cuenca. Para realizar este proceso, se propone un método de agregación ponderado que va desde el nivel subsiguiente 3 al nivel subsiguiente 1 (cuenca total). Las expresiones matemáticas que permiten calcular el indicar de sostenibilidad integrado se presentan en la Figura 47.

Figura 47. Cálculo del índice de sostenibilidad integrado en los tres niveles de análisis



$$I_{SI_c} = \frac{1}{W}\sum_{w=1}^{W} I_{SI_w} \qquad L_T = \sum_{j=1}^{J_w} L_j \qquad I_{SI_j} = \frac{I_{S_j} + I_{E_j} + I_{A_j}}{3}$$

$$I_{SI_w} = \frac{1}{L_T}\sum_{j=1}^{J_w} I_{SI_j} * L_j$$

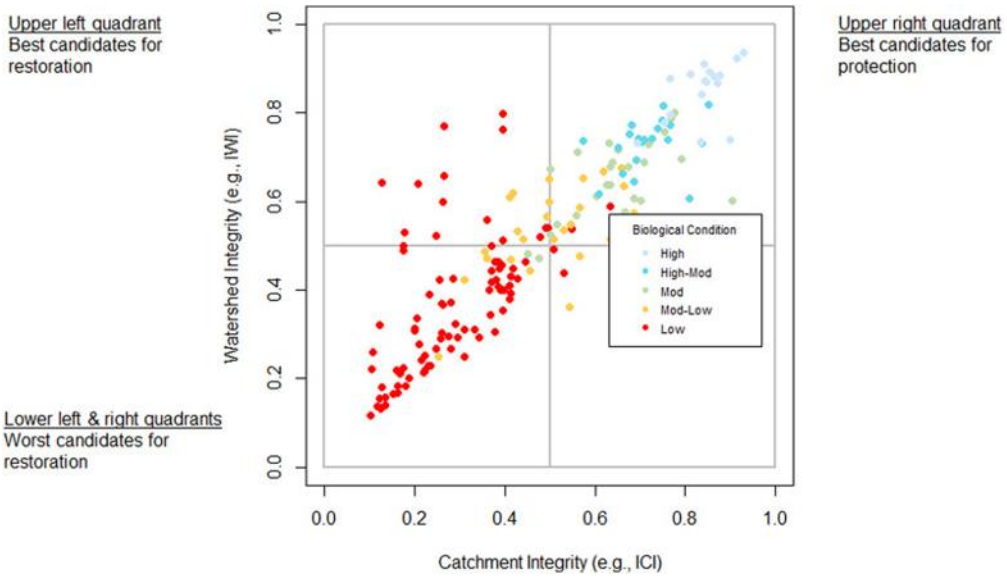
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Donde $I_{S_j}, I_{E_j}, I_{A_j}$ corresponde a los subíndices de sostenibilidad para la dimensión social, económica y ambiental en la unidad mínima de análisis j respectivamente; $I_{SI}, I_{SI_w}, I_{SI_j}$ son los índices de sostenibilidad para los niveles subsiguientes 1 (c), 2 (w) y 3 (j) respectivamente; W es la cantidad de unidades en el nivel subsiguiente 2 y J_w es la cantidad de unidades de nivel subsiguiente 3 (j) que pertenecen a una unidad de nivel subsiguiente 2 (w); L_j hace referencia a la longitud de ríos en las unidades j.

Este método de agregación del índice de sostenibilidad integrado abre la posibilidad de realizar un análisis de sostenibilidad multiescala como lo propone Riato et al. (2020). Este autor propone mediante un diagrama de dispersión 2D, relacionar indicadores a nivel cuenca y subcuenca para la información y toma de decisiones de gestión.

Riato et al. (2020) aplicó esta metodológica para ilustrar cómo los datos de condiciones biológicas a escala del sitio podrían combinarse con datos de integridad del paisaje de múltiples escalas para informar las decisiones de gestión sobre las acciones apropiadas para proteger o restaurar el hábitat en un río. En la Figura 48 se presenta el diagrama de dispersión en 2D original de Riato et al. (2020). Los puntos representan estimaciones de la condición del sitio desde malas condiciones (rojo) hasta buenas condiciones (azul pálido). Los indicadores a escala de cuenca y a escala de laderas pueden trazarse en una escala de integridad o de factores estresantes que se representarían como 1 menos el valor del índice (p. ej., 1 - valor IWI) de modo que los factores estresantes altos están en el origen y los factores estresantes bajos están asociados con el cuadrante superior derecho.

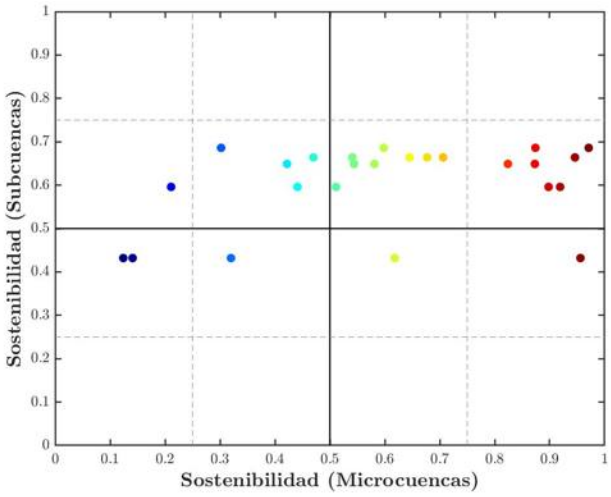
Figura 48. Diagrama de dispersión en 2D que muestra la relación hipotética entre un indicador genérico de condición a escala de cuenca e indicadores genéricos de integridad a escala de laderas



Fuente: Riato et al. (2020)

Con este tipo de diagramas, es posible priorizar cuales cuencas son candidatas para intervención de manera prioritaria. De manera similar el diagrama de dispersión 2D para relacionar el índice de sostenibilidad integrado a nivel subsiguiente 1 (microcuencas) y 2 (subcuencas) es el presentado en la Figura 49.

Figura 49. Diagrama de dispersión 2D de sostenibilidad multiescala



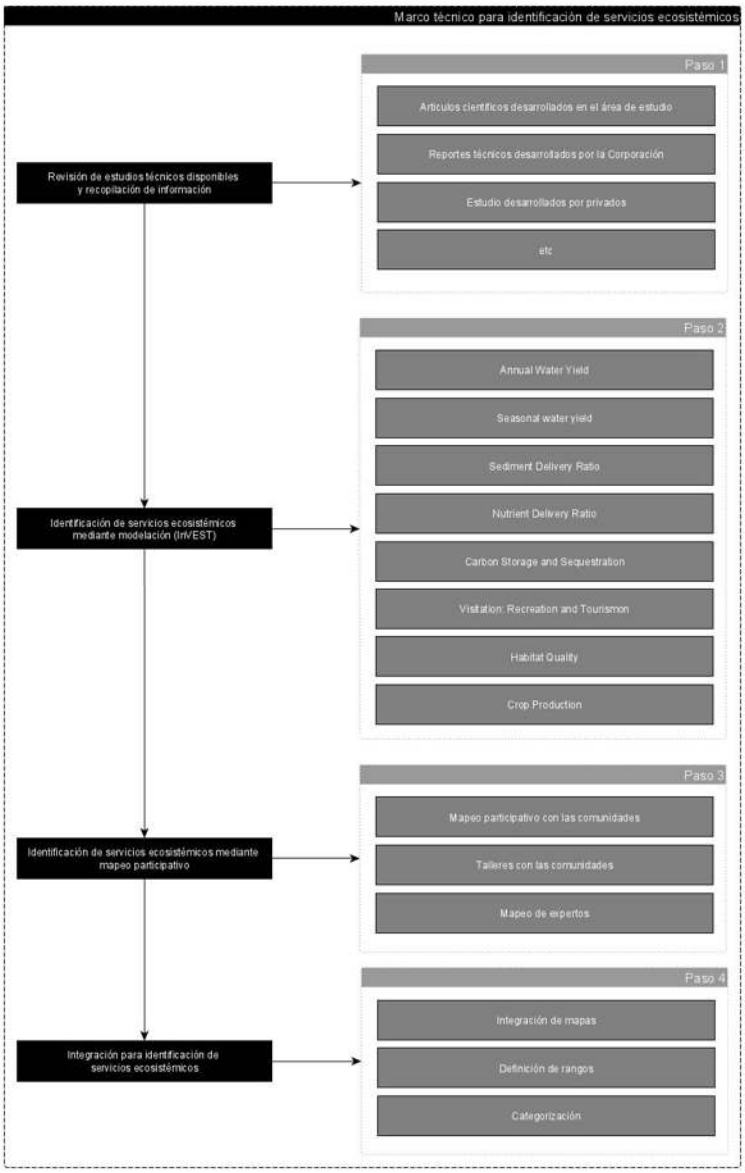
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

4.2 Marco técnico para identificación de servicios ecosistémicos

En el siguiente capítulo se presenta el marco técnico para la identificación de servicios ecosistémico en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. El marco plantea una integración entre revisión de información existente, ejercicios de modelación y procesos de mapeo participativo con los expertos del proyecto y las comunidades (ver Figura 50). En total se identifican 4 pasos:

- Revisión de estudios técnicos disponibles y recopilación de información
- Identificación de servicios ecosistémicos mediante modelación
- Identificación de servicios ecosistémicos mediante mapeo participativo
- Integración para la identificación de servicios ecosistémicos

Figura 50. Esquema del Marco técnico para identificación de servicios ecosistémicos



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

4.2.1 *Paso 1: Revisión de estudios técnicos disponibles y recopilación de información*

En pro de recocer el esfuerzo que han hecho organizaciones, instituciones, autoridades ambientales y privados, en la identificación y evaluación de los servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, se propone realizar una revisión de estudios antecedentes relacionados con la identificación y evaluación de servicios ecosistémicos. La idea con este paso es construir una primera visión del territorio en torno a los servicios ecosistémicos, así como también reconoce las áreas y especies (fauna y flora) de mayor relevancia.

4.2.2 *Paso 2: Identificación de servicios ecosistémicos mediante modelación*

El paso 2 consiste en identificar los servicios ecosistémicos a partir de modelación matemática. Para esto, se ha previsto utilizar el conjunto de herramientas InVEST (Valoración integrada de servicios y compensaciones de ecosistemas), específicamente haciendo uso de los modelos Annual Water Yield, Seasonal Water Yield, Sediment Delivery Ratio, Nutrient Delivery Ratio, Carbon Storage and Sequestration, Visitation: Recreation and Tourism, Habitat Quality y Crop Production. A continuación, se describen cada uno de los modelos a utilizar.

Dado que los modelos de InVEST operan bajo un esquema de cálculo espacial distribuido (trabajan a nivel de pixel), se ha previsto hacer uso de un dominio computacional regular estructurado equiespaciado de 30 metros tanto para la cuenca del río Samaná Norte como para la cuenca del río Samaná Sur. La selección del espaciado computacional está dada por el Modelo de Elevación Digital (DEM) del Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), el cual presenta menores errores altimétricos, y por los errores asociados a las representatividades en los campos de lluvia y evapotranspiración. Se encuentra además que este tamaño de pixel brinda un balance en los tiempos ejecución, especialmente en los modelos de turismo y recreación que efectúa un análisis de imágenes a nivel de pixel, los cuales tardan para una cuenca como la del Samaná Norte, con tamaño de pixel de 30 metros, entre 4 y 8 horas. En ese sentido, el tiempo de cómputo se considera racional permitiendo una representación adecuada a nivel de cuenca.

4.2.2.1 Annual Water Yield

El suministro de agua dulce es un servicio de los ecosistemas que contribuye al bienestar de la sociedad de muchas formas. Los cambios en las coberturas pueden alterar los ciclos hidrológicos, afectando los patrones de evapotranspiración, infiltración y retención de agua, y cambiando el tiempo y el volumen de agua disponible para el uso humano (World Commission on Dams, 2000).

El Annual Water Yield es un modelo matemático hidrológico espacialmente explícito, el cual permite la estimación las contribuciones de agua de una cuenca a nivel de pixel. Para esto, el modelo resuelve la ecuación de conservación de la masa, promediada temporalmente a nivel anual, tal como se presenta a continuación:

$$\Delta S = I - O$$

Donde:

ΔS Volumen de agua almacenado por la cuenca.

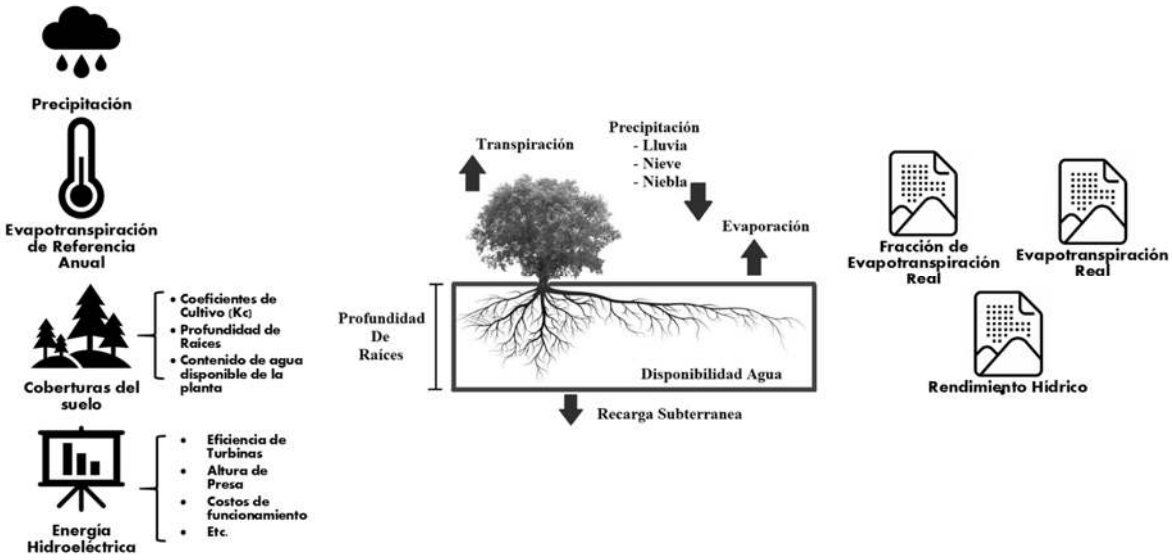
I Volumen de agua que ingresa a la cuenca.

O Volumen de agua que sale de la cuenca.

La ecuación anterior muestra que, para una cuenca, los cambios en los volúmenes de agua almacenado son iguales a los volúmenes de agua que ingresan menos los volúmenes de agua que salen de la cuenca. En este sentido, el modelo considera como entradas de agua la lluvia, la nieve y la neblina. No obstante, no discrimina la participación puntual que tiene cada una de estas entradas a lo largo del ciclo hidrológico, entendiendo todas como una entrada de agua global al sistema. Con respecto a las salidas, el modelo interpreta la evaporación y la transpiración como salidas de agua de la cuenca utilizando el concepto de evapotranspiración.

Estructuralmente, el modelo cuantifica las salidas haciendo uso de la curva de Budyko propuesta por Fu (1981) y Zhang et al. (2004), la cual se encuentra en función de la evapotranspiración potencial, los factores de cultivos y la disponibilidad de agua en el suelo. La Figura 51 y **Tabla 32** la presenta el esquema de los requerimientos de información que necesita el modelo, los procesos que considera y los resultados que genera respectivamente.

Figura 51. Esquema del modelo Annual Water Yield



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 32. Parámetro y variables de entrada del modelo Anual Water Yield

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Tipo de Dato	Rango
Precipitación Total Media Anual Multianual	Pcp	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de referencia Total Media Anual Multianual	ETR	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	[0; inf]
Profundidad de la capa de restricción de la raíz	RRLD	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	[0; inf]
Contenido de agua disponible de la planta	Water_Plant	m3/m3	Ráster	GeoTiff	Entero	[0; 1]
Coberturas y Usos del Suelo	LULC	-	Ráster	GeoTiff	Entero	[0, inf]
Cuentas	Catchments	-	Vectorial	ESRI Shapefile	-	-

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Tipo de Dato	Rango
Subcuencas	SubCatchments	-	Vectorial	ESRI Shapefile	-	-
Profundidad Máxima de la Raíz	root_depth	milímetros	Texto	csv	Entero	[0; inf]
Coeficiente de evapotranspiración de la planta	Kc	Adimensional	Texto	csv	Double	[0; 1.5]
Consumo de agua promedio para cada clase de uso del suelo	Demand	m3	Texto	csv	Double	[0; inf]
Drenajes	Network	-	Ráster	GeoTiff	Booleano	-
Parámetro Z	Z	Adimensional	-	-	Double	[1; 30]

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Por consiguiente, se presentan las limitaciones y simplificaciones que posee este modelo:

- Se basa en promedios anuales, que no consideran los extremos ni las dimensiones temporales del suministro de agua.
- El modelo a nivel de almacenamientos no diferencia entre la superficie, el subsuelo y el flujo base, pero supone que todo el rendimiento de agua de un píxel alcanza el punto de interés a través de una de estas vías.
- Las relaciones tipo Budyko se han probado a escalas más grandes que las dimensiones de píxeles, por lo que a nivel de pixel la representación puede ser inexacta.

4.2.2.2 Seasonal water yield

El Seasonal Water Yield es un modelo espacialmente explícito que permite estimar las contribuciones de agua y el flujo base a nivel de pixel resolviendo la ecuación de conservación de masa promediada a nivel mensual, tal como se muestra a continuación:

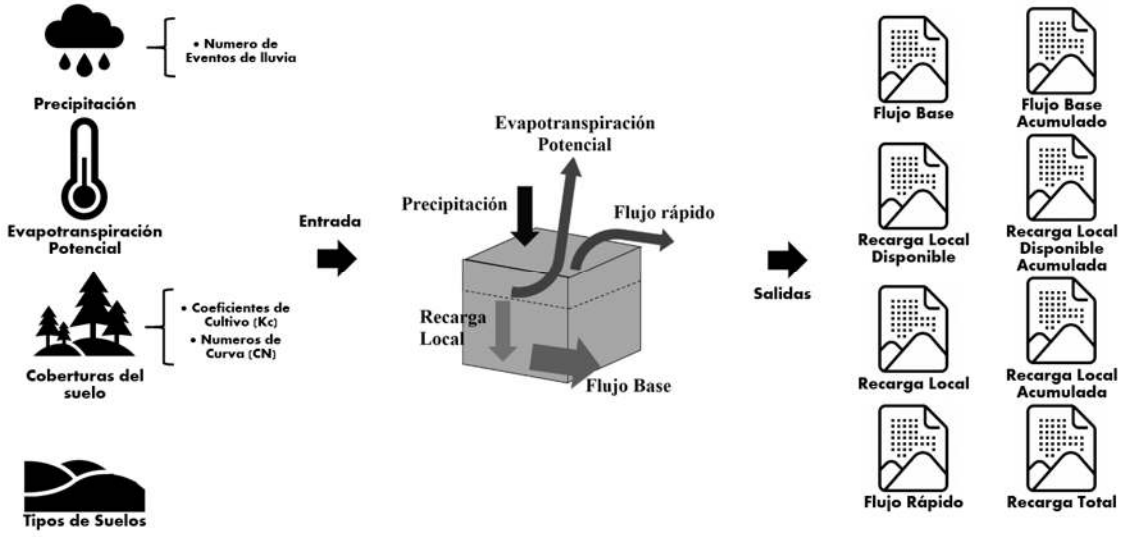
$$L_i = P_i - QF_i - AET_i$$

Donde:

L Recarga total o contribución a flujo base
P Precipitación
QF Escorrentía o flujo rápido
AET Evapotranspiración anual real

El modelo utiliza un enfoque basado en el método de número de curva (CN) para realizar la estimación de la escorrentía directa o flujo rápido, mientras que la recarga total se estima resolviendo el balance hídrico en cada píxel. Este modelo considera la conectividad y los componentes de uso y coberturas del suelo, por lo que la recarga se ve influenciada por variables como factores de vegetación y factores de conectividad. En la Figura 52 y la Tabla 33 se presenta el esquema de los requerimientos de información que necesita el modelo, los procesos que considera y los resultados que genera.

Figura 52. Esquema del modelo Seasonal Water Yield



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 33. Parámetro y variables de entrada del modelo Seasonal Water Yield

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Tipo de Dato	Rango
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Enero	Pcp_ENE	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Febrero	Pcp_FEB	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Marzo	Pcp_MAR	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Abril	Pcp_ABR	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Mayo	Pcp_MAY	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Junio	Pcp_JUN	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Julio	Pcp_JUL	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Agosto	Pcp_AGO	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Septiembre	Pcp_SEP	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Octubre	Pcp_OCT	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Noviembre	Pcp_NOV	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Precipitación Total Media Mensual Multianual - Diciembre	Pcp_DIC	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Enero	ETo_ENE	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media	ETo_FEB	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Tipo de Dato	Rango
Mensual Multianual - Febrero						
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Marzo	ETo_MAR	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Abril	ETo_ABR	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Mayo	ETo_MAY	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Junio	ETo_JUN	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Julio	ETo_JUL	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Agosto	ETo_AGO	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Septiembre	ETo_SEP	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Octubre	ETo_OCT	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Noviembre	ETo_NOV	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Evapotranspiración de Referencia Total Media Mensual Multianual - Diciembre	ETo_DIC	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Modelo de Elevación Digital	DEM	metros	Ráster	GeoTiff	Double	[-inf, inf]
Coberturas y Usos del Suelo	LULC	-	Ráster	GeoTiff	Entero	[0, inf]
Grupo de Suelo	Soil group	Adimensional	Ráster	GeoTiff	Entero	1; 2; 3; 4
Cuentas	Catchments	-	Vectorial	ESRI Shapefile	-	-

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Seguidamente, se presentan las limitaciones y simplificaciones que posee este modelo:

- Se basa en promedios mensuales
- No tiene en cuenta factores topográficos.

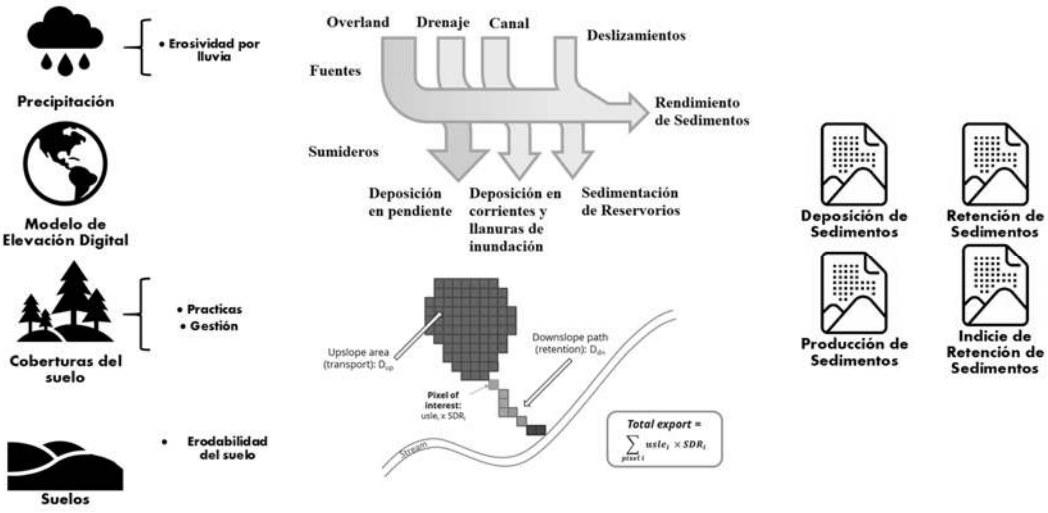
4.2.2.3 Sediment Delivery Ratio

La erosión y la retención de sedimentos terrestres son procesos naturales que gobiernan la concentración de sedimentos en los cuerpos de agua. La dinámica de los sedimentos a la escala de cuenca está determinada principalmente por el clima (en particular la intensidad de la lluvia), las propiedades del suelo, la topografía y la vegetación, y factores antropogénicos como las actividades agrícolas o la construcción y operación de represas. Las principales fuentes de sedimentos incluyen la erosión terrestre (partículas de suelo desprendidas y transportadas por la lluvia y el flujo terrestre), cárcavas (canales que concentran el flujo), erosión de los bancos y erosión masiva. Los

sumideros incluyen la deposición en pendiente, llanura aluvial o en el río y retención de reservorios, como se resume en la Figura 53. La conversión del uso de la tierra y los cambios en las prácticas de manejo de la tierra pueden modificar drásticamente la cantidad de sedimento que aporta una cuenca. La magnitud de este efecto se rige principalmente por: i) las principales fuentes de sedimentos (el cambio de uso de la tierra tendrá un efecto menor en las cuencas donde los sedimentos no provienen principalmente del flujo superficial); y ii) la distribución espacial de las fuentes de sedimentos y los sumideros (por ejemplo, el cambio de uso de la tierra tendrá un efecto menor si las fuentes de sedimentos están amortiguadas por la vegetación).

El Sediment Delivery Ratio es un modelo espacialmente explícito que estima la cantidad de sedimento que es producido en una cuenca. Para cada píxel, el modelo estima la cantidad de pérdida de suelo anual haciendo uso de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), la proporción sedimentos que es entregada a un cauce y la proporción de suelo que es retenida antes de alcanzar una corriente. En la Figura 53 y la **Tabla 34** se presenta el esquema de los requerimientos de información que necesita el modelo, los procesos que considera y los resultados que genera.

Figura 53. Esquema del modelo Sediment Delivery Ratio



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 34. Parámetro y variables de entrada del modelo Sediment Delivery Ratio

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Tipo de Dato	Rango
Modelo de Elevación Digital	DEM	metros	Ráster	GeoTiff	Double	[-inf, inf]
Índice de Erosividad por lluvia	R	(MJ*mm)/(ha*hr)	Ráster	GeoTiff	Double	[0; inf]
Erosibilidad del Suelo	K	(Ton*ha*hr)/(MJ*ha*mm)	Ráster	GeoTiff	Double	
Coberturas y Usos del Suelo	LULC	-	Ráster	GeoTiff	Entero	[0, inf]
Cuentas	Catchments		Vectorial	GeoTiff	-	-

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los resultados del modelo de sedimento incluyen la carga de sedimento entregada a la corriente en una escala de tiempo anual, así como la cantidad de sedimento erosionado en la cuenca y retenido por la vegetación.

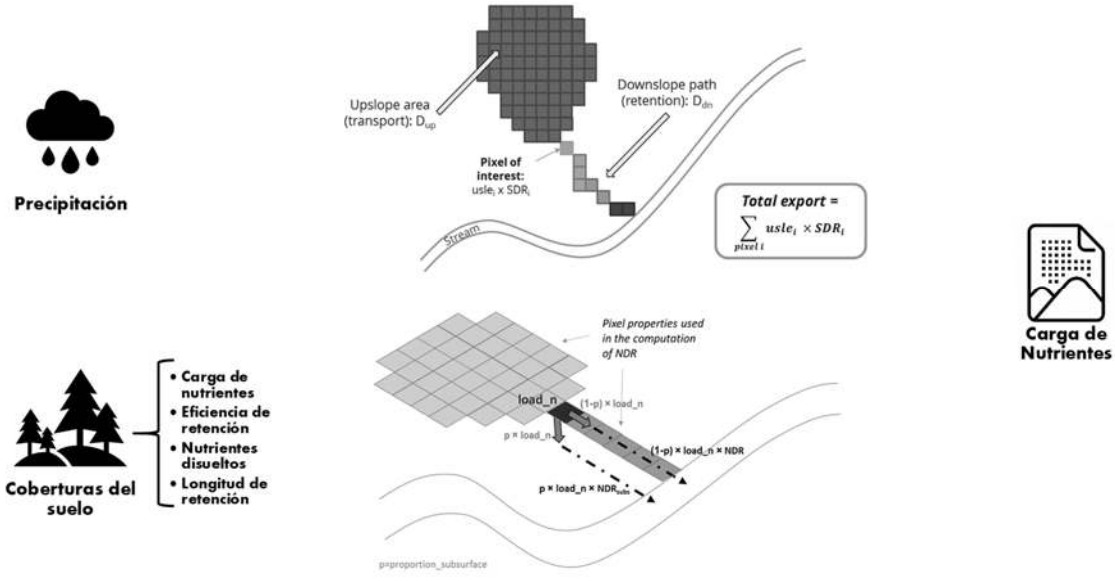
A continuación, se presentan las limitaciones y simplificaciones que posee este modelo:

- El modelo supone que el sedimento que llega a la corriente termina en la salida de la captación, por lo que no se modelan procesos en la corriente.
- El modelo solo representa el movimiento del suelo que ocurre cuando las gotas de lluvia golpean el suelo expuesto. En este sentido, el modelo no considera otras fuentes de sedimentos como lo son la erosión de bancas en corrientes, transporte de fondo en corriente, ni movimientos de masa como derrumbes o deslizamientos.
- El modelo presenta alta sensibilidad en algunos de sus parámetros, por lo que la selección de estos debe realizarse con cautela.

4.2.2.4 Nutrient Delivery Ratio

El modelo Nutrient Delivery Ratio utiliza un enfoque de balance de masa simple que describe el movimiento de una masa de nutrientes (fosforo o nitrógeno) a través del espacio haciendo uso de ecuaciones empíricas. El modelo considera las fuentes de nutrientes en todo el paisaje, haciendo uso de las llamadas cargas de nutrientes, las cuales son función de los usos y coberturas del suelo. La representación de las cargas de nutrientes pude ser dividida en partes disueltas y unidas a sedimentos (trasporte a través del flujo superficial y subsuperficial, respectivamente). En la **Figura 54** y la **Tabla 35** se presenta el esquema de los requerimientos de información que necesita el modelo, los procesos que considera y los resultados que genera.

Figura 54. Esquema del modelo Nutrient Delivery Ratio



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 35. Parámetro y variables de entrada del modelo Nutrient Delivery Ratio

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Tipo de Dato	Rango
Modelo de Elevación Digital	DEM	metros	Ráster	GeoTiff	Double	[-inf, inf]
Capacidad de transportar nutrientes	Nutrient_Runoff_Proxy	milímetros	Ráster	GeoTiff	Double	(0; inf]
Coberturas y Usos del Suelo	LULC	-	Ráster	GeoTiff	Entero	[0, inf]
Cuentas	Catchments	-	Vectorial	GeoTiff	-	-

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

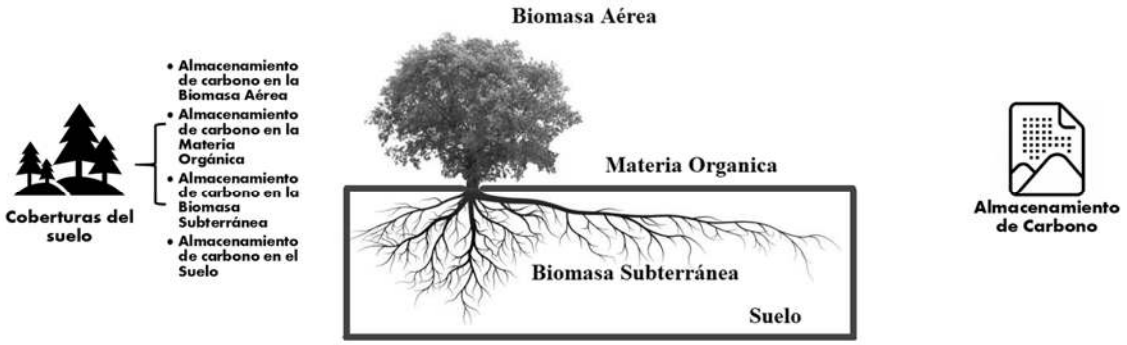
En virtud de lo anterior, se presentan las limitaciones y simplificaciones que posee este modelo:

- A diferencia de los modelos de nutrientes más sofisticados, el modelo no representa los detalles del ciclo de nutrientes, sino que representa el flujo de nutrientes a largo plazo y en estado estable a través de relaciones empíricas.
- El modelo también supone que una vez que el nutriente llega a la corriente impacta la calidad del agua en la salida de la cuenca, no se capturan procesos en la corriente.

4.2.2.5 Carbon Storage and Sequestration

El modelo Carbon Storage and Sequestration es un modelo espacialmente explícito que considera que el almacenamiento de carbono en una parcela de tierra (píxel) depende de cuatro reservas de carbono: biomasa aérea, biomasa subterránea, suelo y materia orgánica muerta. En este sentido, el modelo cuantifica dichos almacenamientos dependiendo de las capacidades de almacenamiento por cobertura de suelo que ocupe el píxel. En la Figura 55 y la **Tabla 36** se presenta el esquema de los requerimientos de información que necesita el modelo, los procesos que considera y los resultados que genera.

Figura 55. Esquema del modelo Carbon Storage and Sequestration



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 36. Parámetro y variables de entrada del modelo Carbon Storage and Sequestration

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Tipo de Dato	Rango
Coberturas y Usos del Suelo	LULC	-	Ráster	GeoTiff	Entero	[0, inf]

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Por consiguiente, se presentan las limitaciones y simplificaciones que posee este modelo:

- Las limitaciones del modelo incluyen un ciclo de carbono simplificado, un supuesto cambio lineal en el secuestro de carbono a lo largo del tiempo y tasas de descuento limitadas. Condiciones biofísicas asociadas para el secuestro de carbono, como las tasas de fotosíntesis y la presencia de organismos activos del suelo, no están incluidas en el modelo.

4.2.2.6 Visitation: Recreation and Tourism

La recreación y el turismo hacen parte de los servicios ecosistémicos culturales y representan componentes importantes de economías nacionales y locales contribuyendo de innumerables formas a la calidad de vida, al sentido de pertenencia, la conexión social, el bienestar físico, el aprendizaje y otros elementos de bienestar intangibles (Wood et al., 2013).

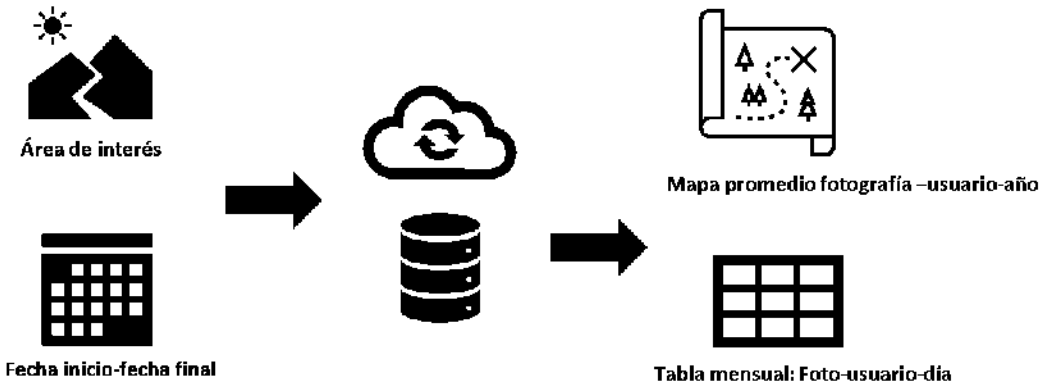
El modelo de recreación y turismo de InVEST es un modelo espacialmente explicito que busca predecir la propagación de día-persona de recreación y turismo, para esto utiliza la ubicación de hábitats naturales, la accesibilidad y las características integradas que influyen en las decisiones de las personas sobre dónde recrearse (Adamowicz et al., 2011). La herramienta presenta mapas que muestran los patrones actuales de uso recreativo y, opcionalmente, mapas de uso futuro en escenarios alternativos.

Este modelo necesita como insumo un polígono de área de interés y la configuración de las fechas de análisis de las fotografías subidas por los usuarios de la red social Flickr con una escala espacial entre los años 2005 y 2017. Otros dos parámetros necesarios para correr el modelo tienen que ver con el tamaño de celda y la forma de la celda para la capa de salida en celdas cuadradas o hexagonales.

El modelo muestra la tasa de visitas a través de paisajes (celdas de cuadrícula en este caso con resolución espacial de 90x90 metros) o en áreas discretas (polígonos) y, opcionalmente, construye un modelo de regresión para estimar la contribución de los atributos del paisaje a la tasa de visitas, utilizando una regresión lineal simple (**Figura 56**). Los cálculos de fotografía-usuario-días se hacen en un servidor remoto en un extenso conjunto de datos global curado y mantenido por The Natural Capital Project.

La **Figura 56** y la **Tabla 37** presenta el esquema de los requerimientos de información que necesita el modelo, los procesos que considera y los resultados que genera respectivamente.

Figura 56. Esquema del modelo Visitation: Recreation and tourism



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 37. Parámetro y variables de entrada del modelo Visitation: Recreation and Tourism

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Rango	Nombre
Área de interés	cuenca_samana_norte cuenca_samana_sur	-	Vectorial	shapefile	-	Area de interes
Fecha inicio-Fecha final	2005-2017	-	-	-	-	Fecha inicio-Fecha final

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Algunas limitaciones y consideraciones para correr este modelo tienen que ver con lo siguiente:

- Para ejecutar este modelo es necesario tener una buena conexión a internet, esto debido a que el archivo shapefile correspondiente al área de interés se envía a un servidor administrado por el proyecto Natural Capital donde se ejecutan los cálculos de fotografía-usuario-día.

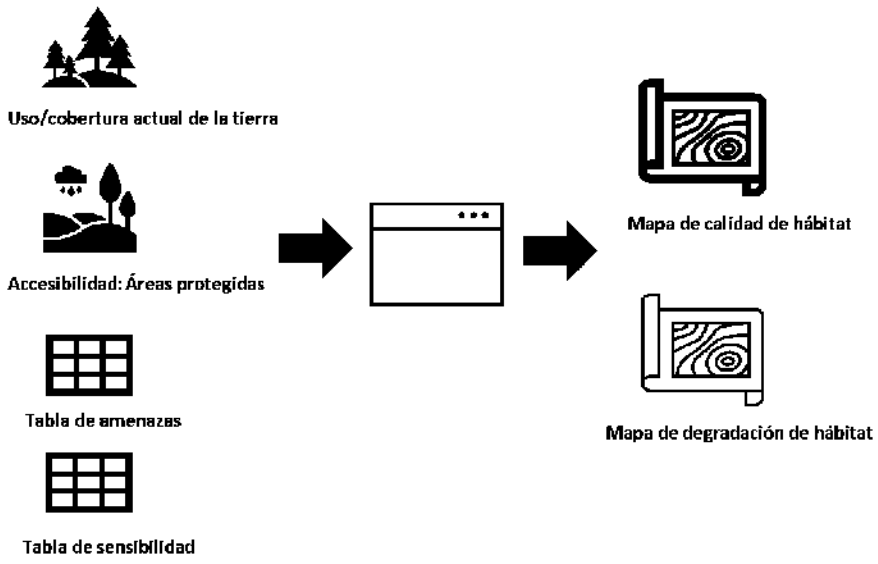
- Este modelo utiliza una sola base de datos de fotos y las capas y los resultados de salida deben ser complementados scon consulta a expertos o actores locales de las áreas de interés estudiadas.

4.2.2.7 Habitat Quality

La biodiversidad tiene múltiples roles en el suministro de servicios ecosistémicos, como regulador de procesos ecosistémicos, como un servicio en sí misma y como un bien. El manejo efectivo de los ecosistemas ahora, pero aún más en el futuro a medida que se intensifican las presiones, va a requerir identificar y analizar todos los roles para la optimización del suministro de servicios ecosistémicos y la conservación de las especies, hábitats y paisajes (Mace et al., 2011).

El modelo de calidad de hábitat de InVEST combina información sobre cobertura y uso de la tierra con capas de amenazas a la biodiversidad para producir mapas de calidad de hábitat (Figura 57). La Figura 57 y la Tabla 38 presenta el esquema de los requerimientos de información que necesita el modelo, los procesos que considera y los resultados que genera respectivamente.

Figura 57. Esquema del modelo Habitat Quality



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

El modelo utiliza capas raster de entrada para la cobertura y uso de la tierra, así como de las amenazas que afectan la calidad de los hábitats en el área de interés, estas capas no se cargan directamente en la interfaz del modelo, pero si deben quedar almacenadas en una carpeta en la que cada capa va direccionada en la tabla de amenazas. La calidad de hábitat está determinada en función de las amenazas y su impacto sobre los hábitats, la sensibilidad de los diferentes tipos de hábitat a estas amenazas y un factor opcional de accesibilidad que se refiere a la efectividad de las categorías de manejo de áreas protegidas existentes en el área o a los arreglos institucionales formales y no formales que protegen la biodiversidad a diferentes niveles en el área de interés, esta última en formato shapefile.

En este caso se adopta un enfoque binario para asignar qué tipos de cobertura/uso de la tierra representan hábitat se asigna un valor de 0 a las actividades productivas o usos manejados (no hábitat) y un valor de 1 para los no manejados o no intervenidos (hábitat). Bajo este esquema de modelamiento, los puntajes de calidad del hábitat no son una función de la importancia, la rareza o la idoneidad del hábitat. Todos los tipos de hábitat son tratados por igual. Se asume que los datos de entrada del modelo no son específicos para ninguna especie en particular, sino que se aplican a la biodiversidad en general (E. R. Sharp et al., 2018)

Tabla 38. Parámetro y variables de entrada del modelo Habitat Quality

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Rango
Área de interés	cuenca_samana_norte cuenca_samana_sur	-	Vectorial	Shapefile	-
Tabla de amenazas	Threats_norte Threats_sur	-		CSV	-
Tabla de sensibilidad					
Accesibilidad	accesibility_norte		Vectorial	Shapefile	-
Zonas agricolas hetrogeneas	agric		Raster	TIFF	0-1

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Rango
Cultivos transitoris y permanentes	cultivo		Raster	TIFF	0-1
Plantaciones forestales	forestal		Raster	TIFF	0-1
Pastos	pasto		Raster	TIFF	0-1
Cascos urbanos	urban		Raster	TIFF	0-1
Zonas de extracción miner y licencias	mineria		Raster	TIFF	0-1
Vias ferreas	railroads		Raster	TIFF	0-1
Vias primarias	vias_1		Raster	TIFF	0-1
Vias secundarias	vias_2		Raster	TIFF	0-1
Vias terciarias	Vias_3		Raster	TIFF	0-1

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Limitaciones y consideraciones:

- Las calificaciones de los parámetros en las tablas de amenazas y sensibilidad pueden ser muy subjetivas si no se tiene fuentes de información confiable o estudios sobre los impactos de estas sobre la calidad del hábitat.
- Modelar la calidad de hábitat para un grupo biológico específico o la población de una especie especifica en un área determinada exige mucha información sobre los requerimientos de hábitat y el estado de las poblaciones objeto de estudio.

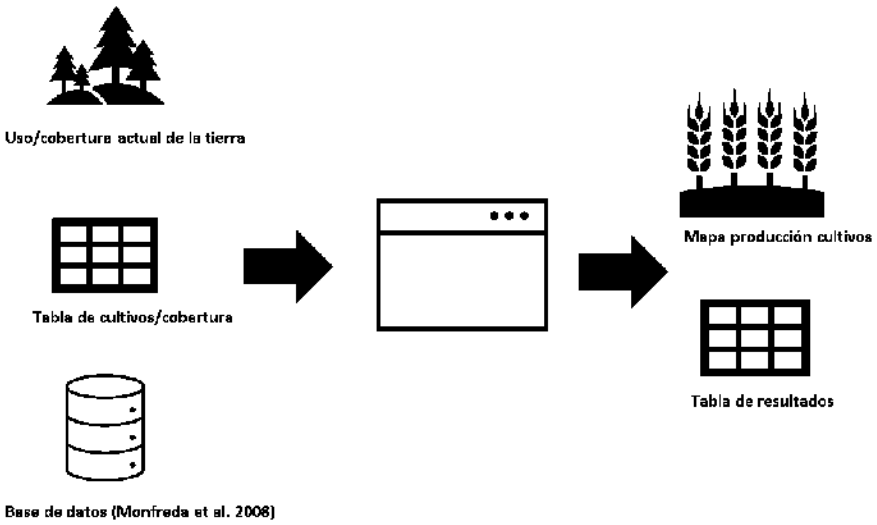
4.2.2.8 Crop Production

Los modelos de producción de cultivos (percentil y de regresión) estiman el rendimiento de cultivos para un conjunto fijo de cultivos derivados de la información de cobertura de la tierra suministrada por el usuario. El rendimiento de los cultivos es principalmente determinado por el clima y si las tasas de aplicación de fertilizantes están disponibles, también pueden ser tenidas en cuenta para el modelo de regresión.

El modelo InVEST de producción de cultivos estima el rendimiento de 175 cultivos de datos existentes en una base de datos global utilizando los datos de FAO de toneladas/hectárea del estudio de Monfreda et al. (2008) más información de nutrientes. El rendimiento percentil es útil para explorar un rango de niveles de intensificación con los percentiles 25, 50, 75 y 90 para los datos observados de cada cultivo y sus características climáticas (Figura 58).

El modelo de producción de cultivos requiere una capa raster de uso/cobertura de la tierra, una tabla con un código para la cobertura y el nombre de los cultivos de acuerdo con la base de datos proporcionada. Adicionalmente, se requiere de manera opcional un polígono para agregar los resultados. La Figura 58 y la Tabla 39 presenta el esquema de los requerimientos de información que necesita el modelo, los procesos que considera y los resultados que genera respectivamente.

Figura 58. Esquema del modelo Crop Production



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 39. Parámetro y variables de entrada del modelo Crop Producción

Nombre	Símbolo	Unidad	Tipo de Dato	Formato de Archivo	Rango
Uso/cobertura de la tierra	Lulc_n Lulc_s	-	Raster	TIFF	-
Tabla de cultivos/cobertura		-	-	CSV	-
Base de datos (Monfreda et al, 2008)					

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Limitaciones y consideraciones:

- La versión actual del modelo es un modelo global de filtro grueso mayormente direccionado por factores climáticos y de manera opcional por aspectos de manejo. El modelo no captura la variación en la productividad a través de paisajes heterogéneos. Si estos paisajes tienen el mismo clima se les asignará el mismo rendimiento. Lo anterior es un problema cuando la pregunta de interés es dónde priorizar una conversión de hábitat futura o dónde la agricultura es más productiva y menos destructiva (E. R. Sharp et al., 2018)

4.2.3 *Paso 3: Identificación de servicios ecosistémicos mediante mapeo participativo*

El mapeo participativo consiste en un amplio grupo de métodos que tienen como objetivo incluir el conocimiento, los valores y las preferencias locales de las partes interesadas en la creación de mapas de servicios de los ecosistemas (G. Brown & Fagerholm, 2015). En ese sentido, la idea con el paso 3 es identificar los servicios ecosistémicos de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, a partir del conocimiento de las comunidades.

De acuerdo con G. Brown & Fagerholm (2015) es posible utilizar varios métodos de mapeo participativo. Sin embargo, inicialmente se pronosticó utilizar el SIG participativo (PGIS) o SIG de

participación pública (PPGIS) que utiliza talleres, entrevistas o encuestas basadas para integrar percepciones, conocimientos (local o técnico) y los valores de las diferentes partes interesadas en ambas cuencas.

4.2.4 *Paso 4: Integración para identificación de servicios ecosistémicos*

El último paso, consiste en realizar la integración a nivel espacial de los servicios ecosistémicos identificados mediante revisión de información disponible, modelación matemática y mapeos participativos. Esta integración se propone realizar a nivel categórico, asignando rangos en los cuales los servicios ecosistémicos son altos, medios y bajos. Los rangos de cada categoría se definirán de acuerdo con los resultados de la modelación y la valoración que brinden las comunidades y el criterio experto de los profesionales del proyecto.

4.3 Marco técnico para la identificación de objetos o valores de conservación

En el siguiente capítulo se presenta el marco técnico para la identificación de objetos o valores de conservación en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. El marco plantea una integración entre revisión de información existente, ejercicios de modelación y procesos participativo con los expertos del proyecto y las comunidades (ver Figura 50). En total se identifican 3 pasos:

- Revisión de estudios técnicos disponibles y recopilación de información
- Definición de criterios
- Definición de umbrales de selección e identificación de objetos de conservación

4.3.1 *Paso 1: Revisión de estudios técnicos disponibles y recopilación de información*

El primer paso del marco técnico para la identificación de objetos o valores de conservación consiste en realizar una revisión de estudios técnicos y científicos que tengan como foco de estudio o que contengan en su área de análisis las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. El objetivo de esta revisión es identificar la flora y la fauna que coexiste en estas cuencas, así como las áreas que prestan beneficios tanto a las especies como a los seres humanos. Con lo anterior, se busca tener una visión general del territorio y una focalización de las especies o áreas prioritarias que se resalten en los estudios. Preliminarmente se han identificado para la revisión algunos estudios realizados por la universidad de Antioquia, los estudios de impacto ambiental de los proyectos hidroeléctricos licenciados, los POMCAS de ambas cuencas, lo monitoreos hidrobiológicos y ejercicios a nivel nacional como los biomodelos realizados por el Instituto Alexander Von Humboldt.

En este paso se incluye además la recopilación de información relacionada con los valores de conservación que identifican la comunidad en ambas cuencas. Para esto se desarrollarán talleres participativos en donde se consultará de manera directa a la comunidad sobre las especies, lugares o áreas que son de gran valor para ellos.

Las modelaciones con los modelos de InVEST que se realizarán en el marco técnico de identificación de servicios ecosistémicos también serán utilizadas como insumo para la identificación de áreas que prestan servicios al bienestar humano.

El resultado final que se espera de este paso es poder obtener un mapeo de las áreas y un listado de las especies potenciales a ser objeto o valor de conservación.

4.3.2 *Paso 2: Definición de criterios*

El segundo paso 2 contempla la evaluación de las especies o áreas que potencialmente pueden ser objeto o valor de conservación a partir de diferentes criterios que incorporan la valoración brindada por las comunidades, el criterio experto del equipo técnico del proyecto y la información base recopilada.

Inicialmente se propone usar para la flora y la fauna los criterios de selección definidos por Montenegro-Muñoz et al. (2019) (ver Tabla 40); mientras que para las áreas y tramos de río se proponen usar los criterios consolidados en la Tabla 41.

Tabla 40. Criterios de evaluación para especies animales y de plantas

Criterio	Ítem	Descripción	Atributo	Valoración
ASPECTO BIOLOGICO 40%	Grado de Amenaza 15%	Criterios IUCN, CITES, Libro rojo, A nivel regional y/o local	En peligro Crítico	15
			En peligro	15
			Vulnerable	10
			Casi amenazado	10
			Preocupación menor	5
			Datos insuficientes	0
			No evaluado	0
	Endemismos 15%	Especies propias y exclusivas del departamento	Endémica	15
			No endémica	5
			Migratoria	3
	Distribución geográfica 10%	Rangos de distribución en las eco-regiones del departamento	Rangos de distribución amplios	10
			Rangos de distribución limitados	5
ASPECTO SOCIOCULTURAL 30%	Importancia Sociocultural 30%		Asociado a Paisajes culturales y míticos	0 ó 5
			Ecoturismo	0 ó 2
			Control Biológico	0 ó 2
			Uso tradicional**	0 ó 2
			Cosmovisión	0 ó 5
			Simbología	0 ó 2
			Ritualistica	0 ó 2
			Medicinal tradicional	0 ó 2
			Reconocimiento público	0 - 5
ASPECTOS ESTÉTICO 30%	Por cada uno de los ítems cumplidos 30%	La especie es llamativa por	Color	0 ó 3
			Sonidos	0 ó 3
			Aroma	0 - 3
			Tamaño	0 - 3
			Forma	0 ó 3
			Armonía	0 ó 3
		Que sentimiento le genera la especie	Ternura	0 ó 3
			Fuerza	0 ó 3
			Recuerdos	0 ó 3
			Arraigo	0 ó 3

Fuente: Montenegro-Muñoz et al. (2019)

Tabla 41. Criterios de evaluación para áreas o tramos de ríos

Criterio	Descripción	Atributo	Valoración
ASPECTOS FISICOS 30%	El área o tramos de ríos que presentan servicios como	Regulación hídrica	0-5
		Provisión de agua	0-5
		Regulación de sedimentos	0-5
		Regulación de nutrientes	0-5
		Hábitats propicios para especies	0-5
		Almacenamiento de carbono	0-5
		Riqueza	0-5

Criterio	Descripción	Atributo	Valoración
ASPECTOS BIOLOGICO 30%	Áreas o tramos de ríos con	Abundancia	0-5
		Diversidad	0-5
		Equidad	0-5
		Presencia de especies endémicas	0 ó 5
		Presencia de especies amenazadas o en protección especial	0 ó 5
ASPECTOS SOCIOCULTURAL Y ESTÉTICO 40%	El área o tramos de río presenta condiciones como	Asociado a Paisajes culturales y míticos	0 ó 4
		Ecoturismo	0 ó 4
		Uso tradicional	0 ó 4
		Recreación	0 ó 4
		Simbología	0 ó 4
		Reconocimiento público	0 – 4
	El área es llamativa por	Belleza escénica	0 ó 4
		Armonía	0 ó 4
	Que sentimiento le genera el área o tramo de ríos	Recuerdos	0 ó 4
		Arraigo	0 ó 4

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

4.3.3 *Paso 3: Definición de umbrales de selección e identificación de objetos de conservación*

Valorados todos los potenciales objetos de conservación mediante los criterios definidos en el paso 2, se debe realizar una definición del umbral a partir del cual se puede considerar que una especie, área o tramo de río es un objeto o valor de conservación. Como se observa en el paso 2, la máxima puntuación que puede obtener una especie, área o tramo de río es de 100 puntos. En ese sentido, se plantea de manera inicial un umbral de 70 puntos para la definición de los objetos de conservación. En este aspecto, todas las especies, área o tramos de ríos que posean una valoración igual o superior a 70 puntos, serán considerados como objetos de conservación.

Capítulo 5. Conclusiones

- Si bien es posible encontrar una gran diversidad de estudios técnicos y científicos alrededor del cálculo de límites de sostenibilidad, identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico, los conceptos de sostenibilidad, servicios ecosistémicos y objetos de conservación aún no están del todo claro, de allí la amplia cantidad de conceptos que se reportan en la literatura. No obstante, pese a las diferentes definiciones de estos conceptos, se encuentra que la idea principal que manejan cada uno de ellos, es la misma. Por consiguiente, las definiciones que se adoptarán en el marco del estudio son:
    - **Sostenibilidad:** *Distribución y uso eficiente y equitativo de los recursos naturales, de tal forma que no se produzcan efectos adversos sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales de las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte, que permitan garantizar en el tiempo la permanencia de los objetos de conservación y servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte valorados por sus comunidades.*
    - **Servicios Ecosistémicos:** *Beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad.*
    - **Objetos de conservación:** *Especies en peligro de extinción, raras o únicas, de interés cultural o comercial para las comunidades, y áreas o tramos de río que cuentan con altos valores biológicos, ecológicos, sociales o culturales que garantizan el sustento y permanencia de dichas especies, así como también la provisión de servicios ecosistémico.*

- Desde un enfoque de las ciencias de la sostenibilidad, en la literatura fue posible encontrar una gran variedad de marcos metodológicos asociados a la evaluación de sostenibilidad como por ejemplo los Estudios de Impacto Ambiental, Las Evaluaciones de Ciclos de Vida, entre otros. Sin embargo, en las ciencias ambientales el marco comúnmente adoptado corresponde al Análisis Multicriterio o Análisis de Criterios Múltiples, marco que será el adoptada para el presente estudio. En este sentido, el marco técnico fue estructurado para desarrollarse en 8 pasos:
    - **Paso 1 - Diagnóstico ambiental, económico y social:** Consiste en realizar un diagnóstico completo de los componentes ambientales, económicos y sociales de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur
    - **Paso 2 - Definición de unidad mínima de análisis:** Se aborda la segmentación espacial de las cuencas en unidades más pequeñas para llevar a cabo los análisis.
    - **Paso 3 - Identificación y selección de subindicadores por dimensión ambiental, económica y social:** Identificar y seleccionar por dimensión (ambiental, social y económica) el grupo de indicadores que capturan de mejor forma las características y condiciones a las cuáles se ven sometidas las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Este paso se subdivide a su vez en 4 pasos:
        - Paso 3.1: Identificación de generadores de impacto
        - Paso 3.2: Identificación de los impactos ocasionados por los generadores de impacto
        - Paso 3.3: Identificación de indicadores potenciales por dimensión
        - Paso 3.4: Selección de indicadores por dimensión

- **Paso 4 - Calculo de indicadores integrados por dimensión ambiental, económica y social:** Aborda la construcción del indicador integrado para cada una de las dimensiones consideradas. El cual se subdivide en 3 pasos:
    - Paso 4.1: Normalización de subindicadores por dimensión ambiental, económica y social
    - Paso 4.2: Definición de pesos de indicadores por dimensión ambiental, económica y social
    - Paso 4.3: Integración de indicadores por dimensión ambiental, económica y social
- **Paso 5 - Estimación de indicador de sostenibilidad Integrada:** Contempla la aplicación de los pasos 1 a 4 para la condición historia o de línea base de ambas cuencas.
- **Paso 6 - Definición de escenarios:** Definir la cantidad de proyectos que a futuro podrían entrar en operación al interior de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. En línea con lo establecido en el convenio de asociación C507-2020, se ha acordado evaluar la sostenibilidad de ambas cuencas bajo 8 escenarios, a saber:
    - Escenario 1: Proyectos en operación
    - Escenario 2: Proyectos en operación y en construcción
    - Escenario 3: Proyectos en operación, en construcción y (licencia ambiental o concesión de agua)
    - Escenario 4: Proyectos en operación, en construcción, (licencia ambiental o concesión de agua) y (Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y Tramite de licencia ambiental)
    - Escenario 5: Proyectos en operación, en construcción, (licencia ambiental o concesión de agua), (Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o Tramite de licencia) y (Diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes)
    - Escenario 6: Optimista
    - Escenario 7: Moderado
    - Escenario 8: Pesimista
- **Paso 7 - Definición de rangos y categorías de sostenibilidad:** Establecer los rangos en los cuales el indicador de sostenibilidad expresa una condición buena, regular y mala.
- **Paso 8 - Definición de límites de sostenibilidad (Capacidad de carga):** Abordar la construcción de las curvas de sostenibilidad para la definición de los límites de sostenibilidad (Capacidad de carga).

- Como parte de la revisión realizada, se identificó que para la identificación y evaluación de servicios ecosistémicos se han desarrollado una amplia variedad de metodológicas, métodos y enfoques. No obstante, para efectos del presente estudio, se consideró hacer uso de los enfoques orientados a la modelación matemática y a los mapeos participativos, dada su practicidad, requerimientos de información y robustez en las estimaciones. Los pasos que componen el marco técnico son:
    - Revisión de estudios técnicos disponibles y recopilación de información
    - Identificación de servicios ecosistémicos mediante modelación
    - Identificación de servicios ecosistémicos mediante mapeo participativo
    - Integración para la identificación de servicios ecosistémicos

- La identificación de objetos de conservación varía dependiendo del enfoque o del contexto en el cual se aplique. Por ejemplo, la Forest Stewardship Council considera como objeto de conservación a un área con una importancia excepcional o crítica debido a sus altos valores biológicos, ecológicos, sociales o culturales; mientras que otros autores consideran a los organismos silvestres en peligro de extinción, raros o únicos como objetos de conservación. A pesar de esto, para efectos del actual estudio, se considerará la integración de ambos enfoques, desarrollando un marco que parte de la revisión de estudios técnicos disponibles y recopilación de información, para luego continuar con la definición de criterios y finalmente definir los umbrales de selección e identificación de valores de conservación.

PRODUCTO 3: FASE II - DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS SAMANÁ NORTE Y SAMANÁ SUR

En esta sección se presenta el producto 3 correspondiente al informe del diagnóstico de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, de acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy el cual tiene como objetivo realizar estudio integral del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur y sus afluentes, para establecer criterios en la toma de decisiones corporativas y determinación de límites de capacidad de sostenibilidad, a partir de la oferta y demanda de los recursos naturales renovables y los servicios ecosistémicos.

El diagnóstico permite identificar y analizar las características de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, este estudio se realiza a partir de la revisión de estudios técnicos y científicos con el fin de lograr un entendimiento lo suficientemente de las dinámicas que tiene lugar en ambas cuencas, asimismo, de correlacionar la historia, la situación actual y las tendencias en las cuencas. El estudio de la caracterización parte desde el componente ambiental, compuesto por los factores y elementos que integran el medio natural, que por su importancia determinan las características y la dinámica del medio físico – biótico, los componentes económico y social, los cuales posibilitan analizar y comprender las formas en que el ser humano se relaciona con la naturaleza, y a su vez cómo estas se expresan e influyen en la transformación del territorio, las dinámicas poblacionales, las dinámicas de ocupación del territorio, las actividades económicas que se desarrollan y los aspectos culturales, con el fin de analizar si las interacciones entre estos se desarrollan de manera armonizada con el entorno natural y bajo los principios de desarrollo sostenible (MinAmbiente, 2014). Los análisis fueron realizados utilizando la mejor escala disponible de acuerdo con los insumos disponibles para cada uno de los análisis. Principalmente los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) fue encontrada a escala 1:25,000, los Estudios de Impacto Ambiental (EIAs) y Planes de Manejo fue encontrada a 1:5000.

En general, existen múltiples definiciones de desarrollo sostenible, autores como Barbier (1987) relaciona el concepto como el maximizar simultáneamente los objetivos del sistema biológico (diversidad genética, resiliencia, productividad biológica), los objetivos del sistema económico (satisfacción de necesidades básicas, mejora de la equidad, aumento de bienes y servicios útiles) y los objetivos del sistema social (diversidad cultural, Sostenibilidad institucional, justicia, participación); y Palmer et al. (2005) lo relaciona como el satisfacer las necesidades humanas conservando los sistemas de sustento de la vida de la Tierra y reduciendo el hambre y la pobreza. Sin embargo, el concepto de Sostenibilidad permite correlacionar las perspectivas de los componentes ambiental, económico y social (Porter & Linde, 1995), es decir el equilibrio dinámico en el proceso de interacción entre la población y la capacidad de carga de su entorno (Ben-Eli, 2015), de manera que la población se desarrolla para expresar todo su potencial sin producir efectos adversos irreversibles sobre la capacidad de carga del medio ambiente del cual se depende (Mensah, 2019).

En razón a lo anterior, en el marco del convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, se definió el concepto de sostenibilidad como a la "*Distribución y uso eficiente y equitativo de los recursos naturales, de tal forma que no se produzcan efectos adversos sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales de las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte, que permitan garantizar en el tiempo la permanencia de los objetos de conservación y servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte valorados por sus comunidades y que propicien el crecimiento económico, la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social de las comunidades*", acepción que incorpora los elementos del desarrollo sostenible descrito en la Ley 99 del 1993. Asimismo, dado el alcance establecido para los análisis de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, en este documento realiza la identificación y caracterización de conceptos de servicios ecosistémicos y objetos de conservación que permitan analizar la sostenibilidad de ambas cuencas.

De esta forma, se presenta en este documento el Capítulo 6 en donde se muestra las generalidades del área de estudio, es decir, las características básicas de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur tales como, el área geográfica con sus respectivas subcuencas y microcuencas.

En el Capítulo 7, se presenta la revisión de estudios técnicos y científicos sobre las características ambientales, económicas y sociales en ambas cuencas, entre instrumentos de planificación ambiental como los Planes de Manejo y Ordenamiento de Cuencas (POMCAS), áreas protegidas, referentes ambientales, monitoreo ambiental, captaciones y vertimientos, entre otros; y a nivel municipal en jurisdicción de ambas cuencas, los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), planes turísticos municipales, gestión del riesgo e información económica y social relevantes en concordancia con el concepto de Sostenibilidad.

En el Capítulo 8, se presenta el análisis de situación de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente; en donde se realiza el estudio en cómo se encuentran las características tanto biofísicas, económicas y sociales de ambas cuencas y de acuerdo con las verificaciones en campo, con el fin de realizar un análisis del cambio en las dinámicas en cada uno de los componentes, relacionadas a cambios en la cobertura y los usos del suelo, presión antropogénica sobre los ecosistemas estratégicos, cambios en las características y geomorfología de los ríos, retorno de la población, implicaciones de actividades económicas en el territorio, entre otras.

El Capítulo 9, aborda la identificación y caracterización de los servicios ecosistémicos (SEs) en ambas cuencas, asimismo los resultados de la modelación de la estimación de los servicios ecosistémicos, a partir de un enfoque que considera una integración de aproximaciones basadas en modelación, mapeo participativo y criterio experto realizada por TNC. El estudio de la oferta y demanda de los SEs en su situación actual y su respectiva descripción, considerando los proyectos hidroeléctricos que se encuentra en las cuencas en diferentes estados, como en operación, trámite de licencia ambiental y solicitud de diagnóstico ambiental de alternativas, solicitudes de estudio y futuras solicitudes.

El Capítulo 10, muestra la identificación y caracterización de los objetos de conservación de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur de acuerdo con la revisión de documentos técnicos y científicos, así como los resultados de la verificación en campo y los insumos de los Talleres del Proyecto de Conservación Basado en Comunidades realizado por TNC.

En el Capítulo 11, se presenta la descripción de escenarios de análisis para la evaluación de la Sostenibilidad que por el potencial hidrogeológico de ambas cuencas se centra en los escenarios de la presencia actual y/o futura de proyectos hidroeléctricos en el territorio.

En el Capítulo 12 se presenta de manera sintética los resultados de los indicadores de impactos obtenidos para la situación actual (diagnóstico) en las 220 microcuencas NSS3 de la cuenca Samaná Norte y de las 140 microcuencas NSS3 de la cuenca Samaná Sur para consulta del lector. Se indica nuevamente que la interpretación y análisis detallados de los indicadores de impacto que integralmente permitirán establecer el indicador de sostenibilidad será el objeto principal del Producto 4 – Fase III. Sin embargo, se ha incluido la información de resultados al nivel más detallado de análisis para información del lector y como soporte de los cálculos realizados al nivel NSS3. Se reitera al lector tener en cuenta que el proceso y métodos de análisis se encuentran descritos en el Producto 2 – Fase I Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de los Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (TNC, 2021) el cual establece los lineamientos técnicos acordados para el desarrollo del convenio C507 – 2020 y que establece la hoja de ruta para todo el proceso de los productos 3, 4 y 5 del convenio.

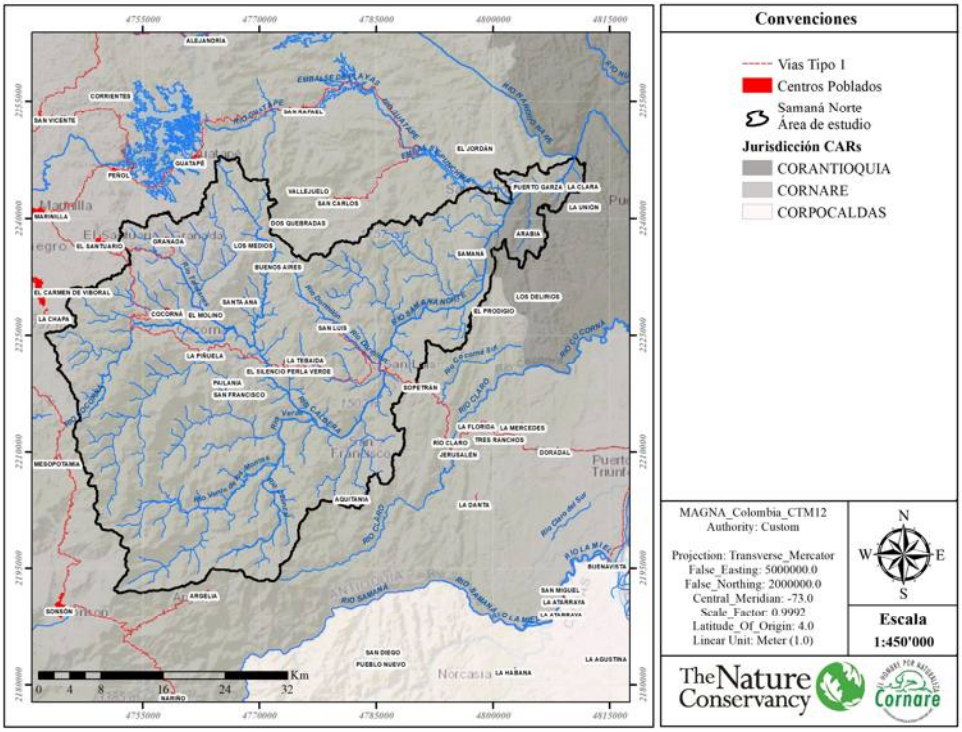
Por último, se presenta las conclusiones más importantes en la realización y análisis de este documento.

Capítulo 6. Generalidades del área de estudio

6.1 Cuenca del río Samaná Norte

La Cuenca Hidrográfica del río Samaná Norte está ubicada en el departamento de Antioquia, tiene una extensión de 200829,97 Has; de las cuales el 94,84% corresponden a la jurisdicción CORNARE y las restantes que representan un 5,16% hacen parte de la jurisdicción de CORANTIOQUIA (ver Figura 59). Esta cuenca está conformada por los municipios de: Cocorná, El Carmen de Viboral, El Santuario, Granada, San Carlos, San Francisco, San Luis y Sonsón.

Figura 59. Jurisdicción de corporaciones en la cuenca hidrográfica del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

En la Tabla 42 y Figura 60 se presenta las áreas y ubicación de las subcuencas o cuencas del nivel subsiguiente 2 (NSS2) de la Cuenca del río Samaná Norte de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM.

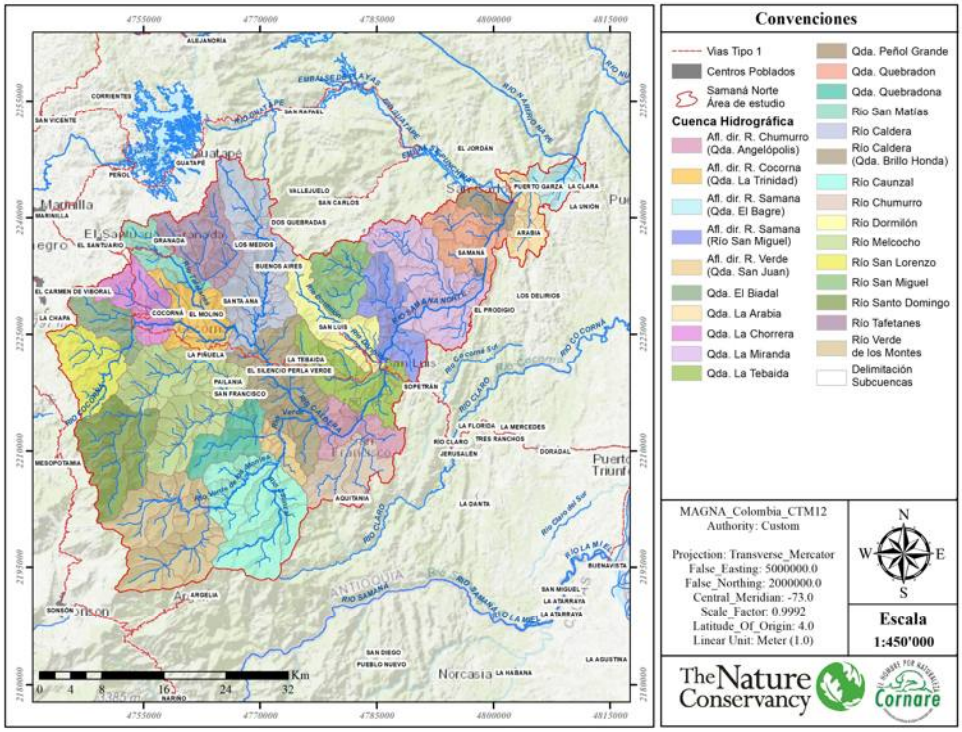
Tabla 42. Áreas de las subcuencas de la Cuenca del río Samaná Norte

Nombre de las subcuencas	Área (Ha)
Afl. dir. R. Chumurro (Qda. Angelópolis)	4938,30
Afl. dir. R. Cocorná (Qda. La Trinidad)	6361,99
Afl. dir. R. Samaná (Qda. El Bagre)	3120,92
Afl. dir. R. Samaná (Río San Miguel)	7229,28
Afl. dir. R. Verde (Qda. San Juan)	2246,30
Qda. El Biadal	4436,69
Qda. La Arabia	4201,41

Nombre de las subcuencas	Área (Ha)
Qda. La Chorrera	5988,69
Qda. La Miranda	13619,54
Qda. La Tebaida	8556,49
Qda. Peñol Grande	2166,79
Qda. Quebradon	6878,45
Qda. Quebradona	5140,60
Río Caldera	15122,57
Río Caldera (Qda. Brillo Honda)	11971,50
Río Caunzal	15929,98
Río Chumurro	6548,13
Río Dormilón	7028,20
Río Melcocho	17176,13
Río San Lorenzo	7218,94
Rio San Matías	4252,83
Río San Miguel	5739,21
Río Santo Domingo	10592,02
Río Tafetanes	8020,10
Río Verde de los Montes	16344,91
Área Samaná Norte	**200829,97**

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 60. Cuenca Hidrográfica del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

La cuenca del río Samaná Norte se encuentra ubicada en la Cordillera Central, la cual se caracteriza por ser un paisaje con profundas modificaciones erosivas y elementos deposicionales. La geomorfología de la cuenca está asociada directamente a la actividad tectónica a partir de la Orogenia Andina y a los procesos de erosión en masa. Está conformada por un basamento de rocas

cristalinas fracturadas correspondientes a: granitoides del Batolito Antioqueño y del Batolito de Sonsón, anfibolitas del Complejo El Retiro, y esquistos del Complejo Cajamarca.

Presenta una precipitación media anual que oscila entre los 5727-2737 mm/año. La menor precipitación tiene lugar durante los meses de enero y febrero. En dichos meses, la precipitación mensual varía desde los 67 mm hasta los 333 mm siguiendo el patrón de distribución espacial donde las mayores precipitaciones se dan al interior de la cuenca. La precipitación va aumentando a lo largo del mes de marzo hasta producirse un primer máximo en el mes de abril (o mayo dependiendo de la región) llegándose a alcanzar valores superiores a los 500 mm en las zonas del interior de la cuenca. A lo largo de los meses de junio y julio comienza nuevamente a disminuir la precipitación. Finalmente, ésta comienza a aumentar en los meses siguientes hasta alcanzar un segundo máximo durante el mes de septiembre (u octubre dependiendo de la región) llegándose a alcanzar cerca de los 670 mm mensuales en las zonas del interior de la cuenca.

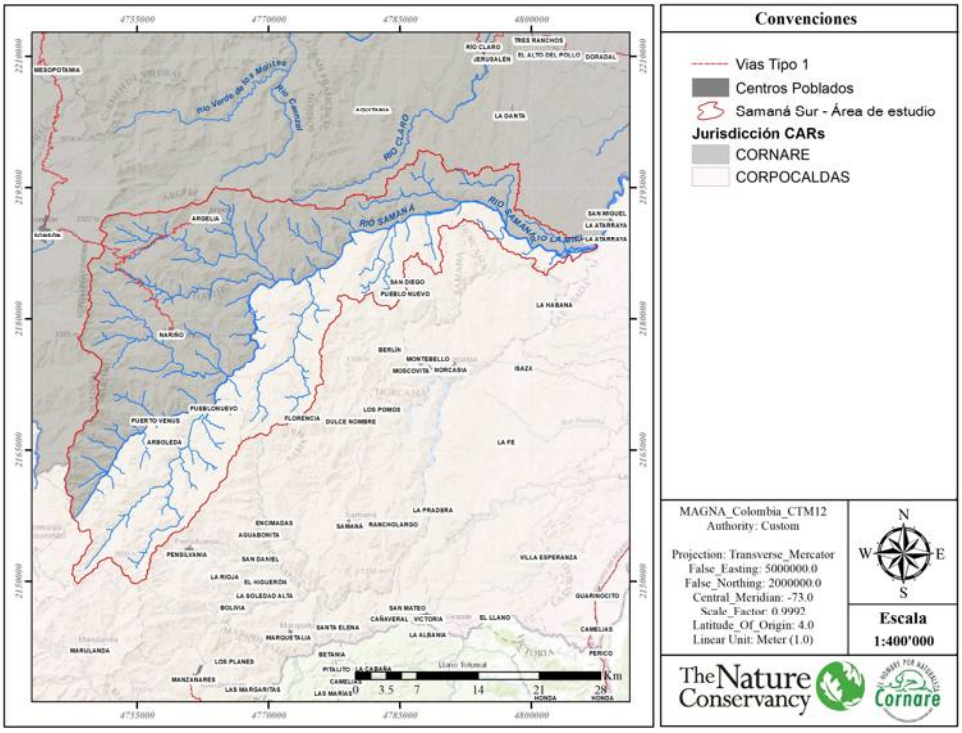
la temperatura en la cuenca oscila entre los 28,6-9,4°C con un valor promedio de 2,3°C y una desviación estándar de 3,7°C. A nivel mensual la cuenca presenta un gradiente casi constante a lo largo del año. Las temperaturas máximas se alcanzan en el mes de junio y las menores en el mes de enero.

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Norte, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las “Reservas Forestales Protectoras Regionales” (RFPR). También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito “Distrito Regional de Manejo Integrado” (DRMI). Actualmente figuran en la cuenca: DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Cerros de San Nicolás, DRMI Cuchillas Los Cedros, DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé, DRMI Las Camelias, DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón, DRMI Sistema Viaho – Guayabal, RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo, RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, RFPR La Tebaida y RFPR Punchiná.

6.2 Cuenca del río Samaná Sur

La cuenca del río Samaná Sur cubre un área de 116.573 hectáreas, de las cuales 67.611 están en jurisdicción de CORNARE, es decir un 58%; las restantes 48.962 has que representan un 42% se encuentran en jurisdicción de CORPOCALDAS (ver Figura 61).

Figura 61. Jurisdicción de corporaciones en la cuenca hidrográfica del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

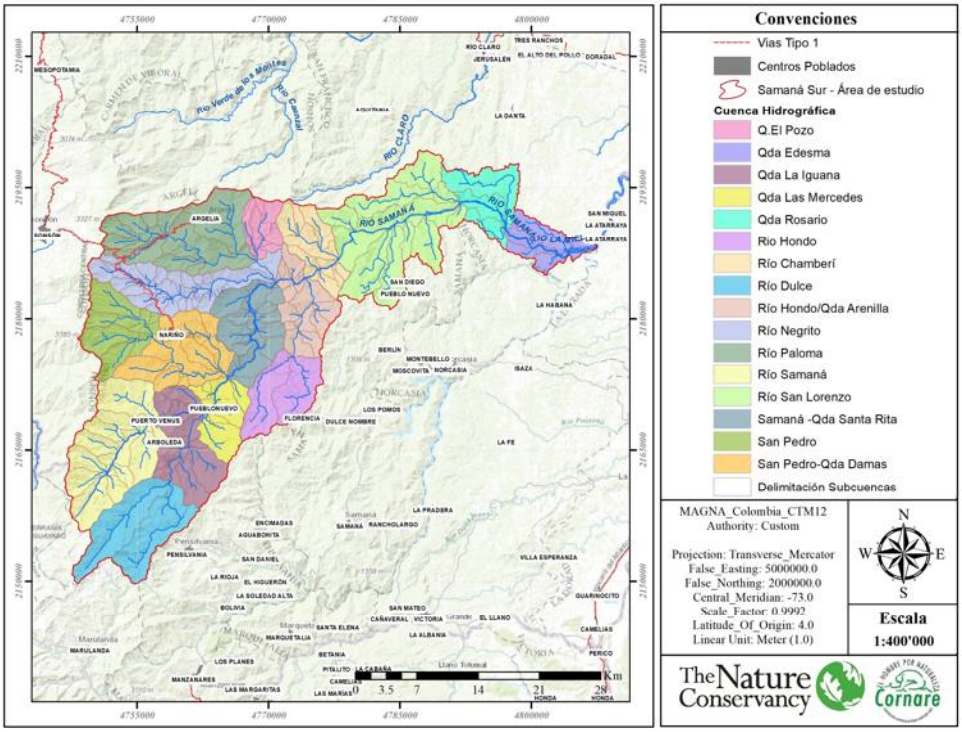
En la Tabla 43 y Figura 62 se presenta las áreas y ubicación de las subcuencas o cuencas del nivel subsiguiente 2 (NSS2) de la Cuenca del río Samaná Sur de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM.

Tabla 43. Áreas de las subcuencas de la Cuenca del río Samaná Sur

Nombre de la subcuenca	Área (Ha)
Q.El Pozo	2533,39
Qda. Edesma	3628,77
Qda. La Iguana	7134,77
Qda. Las Mercedes	4267,00
Qda. Rosario	4919,14
Río Chamberí	4825,75
Río Dulce	8897,97
Rio Hondo	5887,55
Río Hondo/Qda. Arenilla	5514,21
Río Negrito	8005,85
Río Paloma	11820,79
Río Samaná	12555,98
Río San Lorenzo	15814,34
Samaná -Qda. Santa Rita	7117,68
San Pedro	5919,42
San Pedro-Qda. Damas	7789,38
Área Samaná Sur	116631,95

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 62. Cuenca Hidrográfica del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

La cuenca del río Samaná Sur se localiza en una amplia zona montañosa de forma triangular (similar a la cuenca Samaná Norte), tiene como cotas extremas el Páramo de Sonsón a 3350msnm y la confluencia de los ríos Samaná Sur y La Miel a 150msnm. Su litología está constituida principalmente por el núcleo ígneo - metamórfico de la Cordillera Central, sobre el cual se encuentran dos formaciones sedimentarias: las Sedimentitas de Samaná en la parte central y la Formación Mesa en su extremo oriental. Sus precipitaciones oscilan entre los 5036-2198 mm/año. En los extremos de la cuenca (tanto en la zona Oeste de mayor relieve como en la zona de la desembocadura), se dan los menores valores de precipitación, oscilando entre los 2198 y 2400 mm en promedio al año. En la cuenca del río Samaná Sur, la menor precipitación tiene lugar durante los meses de enero y febrero. La precipitación va aumentando a lo largo del mes de marzo hasta producirse un primer máximo en el mes de abril. A lo largo de los meses de junio y julio comienza nuevamente a disminuir la precipitación y finalmente, ésta comienza a aumentar en los meses siguientes hasta alcanzar un segundo máximo durante el mes de octubre. Su temperatura media anual oscila entre los 28,4-5,9°C con un valor promedio de 20,6°C y una desviación estándar de 4,6°C.

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Sur, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las “Reservas Forestales Protectoras Regionales” (RFPR). También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito “Distrito Regional de Manejo Integrado” (DRMI). Actualmente figuran en la cuenca: DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón y la RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa (CORNARE, 2014ª).

Capítulo 7. Revisión de estudios técnicos y científicos

En este apartado se presenta la revisión de estudios técnicos y científicos sobre las características ambientales, económicas y sociales en de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

7.1 Cuenca del río Samaná Norte

7.1.1 *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica*

Los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), constituyen el instrumento de planificación de las cuencas hidrográficas y busca ordenar el uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables y mantener el equilibrio entre el aprovechamiento económico y social y la protección de los ecosistemas (MinAmbiente, 2010). El POMCA de la Cuenca del río Samaná Norte, responde a la necesidad de desarrollar el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos, así como planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2018).

El POMCA comprende de cuatro (4) fases para constituir el instrumento de planificación y formulación de una herramienta para la toma de decisiones. De acuerdo con el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2018), la fase de aprestamiento permite realizar una aproximación a la identificación de los problemas que presenta la cuenca mediante una recopilación de la información secundaria de las características biofísicas, como de la realidad socioeconómica de la cuenca, junto a la consulta a los principales actores que interactúan en la cuenca; la fase de diagnóstico establece una línea base de la situación actual de la cuenca mediante la caracterización biofísica, económica, social, cultural, análisis de riesgo ante eventos extremos, la incidencia del cambio climático en la cuenca, junto con la identificación de los actores, las actividades y recopilación de información primaria en la zona de estudio; esto permite una visión general de las problemáticas que se presentan en la cuenca como la identificación de potencialidades, oportunidades y limitantes de esta.

A partir de la caracterización de cada componente de la cuenca, es posible realizar la fase de prospectiva y zonificación ambiental, en el cual se diseñan escenarios futuros para el uso coordinado y sostenible de los recursos naturales, permite proyectar la oferta y demanda de recursos ecosistémicos presentes en la cuenca sujeto de ordenación, así mismo, proporciona información referente a las áreas de interés estratégico para la conservación del recurso hídrico, las áreas de amenaza y las tendencias de desarrollo económico. A partir de la realización de estas tres fases, permite a la generación de elementos de gestión tales como ejes programáticos, líneas estratégicas, programas, proyectos y actividades con su respectiva estructura administrativa y financiera, con el fin de orientar la toma de decisiones para la gestión sostenible del territorio.

De esta forma, el POMCA de la Cuenca del río Samaná Norte es un elemento fundamental de información para la realización del análisis de situación de la cuenca y la correlación de algunos de

los indicadores de Sostenibilidad ya que contiene información al año 2017 de la caracterización detallada de los componentes ambiental, económica, social y cultural; el estado de conservación de las áreas protegidas, las problemáticas en torno al recurso hídrico, usos del suelo, así como de información cartográfica completa avalada por la Autoridad Ambiental como insumo para la realización y análisis para este estudio.

En forma de síntesis, en la Tabla 44 se presenta la línea base de los indicadores de la cuenca, la cual es producto de la caracterización de la cuenca, su estado situacional y los análisis de la síntesis ambiental, resultado de la fase de Diagnóstico; con el fin de mostrar una visión en términos generales del estado de la Cuenca para el año 2017 en temas de hidrología, geomorfología, calidad del agua, estado de las coberturas vegetales y áreas protegidas, sectores económicos, desigualdad y pobreza, entre otros.

Tabla 44. Consolidación Línea Base de Indicadores de la caracterización de la Cuenca del río Samaná Norte

Componente	Indicador	Resultado
Biofísico	Índice de aridez (IA)	El Índice de Aridez para la cuenca del río Samaná Norte, da como resultado valores entre 0,02 y 0,14, lo cual indica que toda la cuenca presenta altos excedentes de agua para el sostenimiento de los ecosistemas.
	Índice de uso del agua superficial (IUA)	Para año medio, el 50% de la cuenca tiene IUA por encima o igual a Alto. El 28,32%, entran en la clasificación de bajo, con tres subcuencas: Río Santo Domingo, Río Chimurro y Río San Miguel.
	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	todas las sub-cuencas que conforman la cuenca del río Samaná Norte presentan un Índice de Regulación Alto, en términos generales esto indica que la cuenca tiene buena capacidad de regular los caudales
	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)	La cuenca no presenta zonas (sub-cuencas) en las categorías Altas y Muy Altas, sin embargo, hay una predominancia de la categoría Medio con el 60,3% del área de la cuenca
	Índice de calidad de agua (ICA)	Calidad del agua "Buena" a "Excelente" en el 87% de las estaciones monitoreadas (20 estaciones), aspecto que favorece el crecimiento de diferentes especies acuáticas y además posibilita el uso del recurso.
	Índice de alteración potencial a la calidad del agua (IACAL)	Para condiciones hidrológicas de año medio el 88% de las sub-cuencas analizadas presentan un nivel de presión "Bajo" a "Moderado".
	Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN)	El cambio total de coberturas naturales de la tierra con relación a la fecha inicial de medición (año 1986) presento valores desde ganancias o regeneración natural del 11,8% hasta pérdidas del 75%. En general en los municipios de la cuenca presentan en su mayoría medianamente altos y muy altos (66%). Los municipios que presentaron los valores de las pérdidas de cobertura natural más grandes fueron grandes fueron San Carlos con un 75,7% menos de cobertura, Puerto Nare (58,5%) y Santuario (50,5%)
	Indicador de vegetación remanente (IVR)	El índice de vegetación remanente para la totalidad de la cuenca dio un valor de 68%, Parcialmente transformado, donde gran parte de la vegetación primaria permanece sin alterar. Sostenibilidad media (calificación 15).
	Índice de fragmentación	El índice de fragmentación en la cuenca del Río Samaná Norte mostró valores de calificación entre mínimo y extremos para las áreas con coberturas naturales dentro de la cuenca. La mayor parte de las áreas presentan un índice de fragmentación mínima (57,9%), seguido de las áreas con valores medios (27,9%) y moderados (10,7%)

Componente	Indicador	Resultado
	Indicador de presión demográfica-IPD	El índice de presión demográfica muestra que el 77% de los municipios presenta valores por negativos, lo cual indica que la unidad expulso población en el periodo de análisis. Las únicas unidades que presentaron valores entre 10 y 100 fueron Puerto Nare y El Carmen de Viboral que presentan valores con un crecimiento acelerado de la población
	Índice de ambiente crítico-IAC	El índice de ambiente crítico muestra un comportamiento heterogéneo en los municipios que componen la cuenca, mostrando valores relacionados con áreas relativamente estables hasta en peligro. El 44% de las unidades municipios presenta la calificación relativamente estable (San Carlos, Sonsón, San Francisco, San Luis), el 33% vulnerable (Granada, Cocorná y El Carmen de Viboral) y el 22% en peligro (El Santuario y Puerto Nare)
	Porcentaje de área (Has) con coberturas naturales en las cuencas abastecedoras municipales o rurales	La síntesis de los indicadores para la cuenca mostro como resultados que el 77% de la cuenca esta conservada y el restante 33% medianamente transformada.
	Porcentaje de área (Has) de áreas protegidas del SINAP	El 29,99% del área de la cuenca está dentro de la categoría de área protegidas del nivel regional. El 5,8% del Área de la cuenca se encuentra en área protegida del orden nacional.
	Porcentaje de área (Has) de ecosistemas estratégicos	El patrón de distribución de las áreas de las coberturas naturales en las sub-cuencas abastecedoras con respecto a las antrópicas mostró un patrón donde el 56% de las unidades presento valores por encima del 50%. En general las coberturas antrópicas presentan valores entre el 26% y el 80%, donde el 50% de las sub-cuencas presenta valores por encima del 50%. Las sub-cuenca con mayores valores de las coberturas antrópicas es la Qda. La Cascada (Qda. Vahitos), mientras que la que presenta los menores valores es el Qda. La Tebaida
	Índice del estado actual de las coberturas naturales	En el año 2011 se identificaron un total de 21 coberturas, donde el bosque denso presentó la mayor extensión con 93281,42 ha (46,4%), seguido por los pastos limpios (21,9%), el bosque abierto (10,8%) y la vegetación secundaria (6,0%). En conjunto las 10 coberturas con mayor área ocuparon el 97,9% de la cuenca.
Socioeconómico y Cultural	Tasa de crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento poblacional período intercensal 1993-2005: Cocorná: -3,58 Carmen de Viboral: 3,63 El Santuario: -0,49 Granada: -5,43 Puerto Nare: 1,51 San Carlos: -3,67 San Francisco: -2,58 San Luis: -2,87 Sonsón: -1,22
	Estado de servicios sociales básicos	Condiciones de cobertura de Salud: Promedio de cobertura en salud de la cuenca: 90,9%. Cobertura educativa neta básica y secundaria: Entre el 84,11% y el 118,28% respectivamente. Condiciones de vivienda: 8,6% de Hogares Urbanos en déficit cualitativo de vivienda. 59,8% de Hogares rurales en déficit cualitativo de vivienda. Condiciones de cobertura de Alcantarillado: 53%. Condiciones para la cobertura acueducto de las viviendas de la cuenca: 53% Porcentaje de Cobertura. Acueductos Veredales: 33%.
	Densidad poblacional	22 Hab/Km2, Densidad Poblacional Urbana: 6,355 Hab/Km2, Densidad Poblacional Rural: 14 Hab/Km2

Componente	Indicador	Resultado
	Cobertura en acueducto	

Municipio	Número de Acueductos			Cobertura Acueductos con Agua Potable (%)			Cobertura de Viviendas con Agua Potable (%)		
	Urbano	**Rural**	**Total**	**Urbano**	**Rural**	**Total**	**Urbano**	**Rural**	**Total**
Cocorná	1	21	22	0,0	4,8	4,5	0,0	0,0	0,0
El Carmen de Viboral	1	34	35	100,0	55,9	57,1	100,0	36,4	70,8
El Santuario	1	42	43	100,0	9,5	11,6	98,4	2,0	66,6
Granada	1	27	28	100,0	0,0	3,6	98,0	0,0	55,6
Puerto Nare	1	11	12	0,0	18,2	16,7	0,0	0,0	0,0
San Carlos	1	15	16	100,0	6,7	12,5	99,3	2,5	46,5
San Francisco	1	8	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
San Luis	2	14	16	50,0	0,0	6,3	66,0	0,0	22,7
Sonsón	1	13	14	100,0	0,0	7,1	99,6	10,1	48,3

Desigualdad y pobreza	GINI Ingresos entre 0,6198 y 0,8231. La vulnerabilidad socioeconómica: Nivel bajo: 7,42% del área y 42,03% de los habitantes Nivel Medio: 18,13% del área y 14,53% de los habitantes Nivel alto-crítico: 74,45% del área y 43,44 de los habitantes.
Seguridad alimentaria	Nivel Medio de Seguridad Alimentaria ISA: 0,75 En la Cuenca la desnutrición crónica de niños menores de 4 años está entre el 2,23% hasta el 14,54%.
Sistema cultural	Condiciones para la cultura de la gestión social y comunitaria del agua: Los municipios de la cuenca cuentan con 10 empresas prestadoras de servicio urbano y 185 acueductos veredales.
Porcentajes de áreas de sectores económicos	Los pastos son el 27,4% de los usos económicos del suelo La ganadería representa el 2,4% del PIB de la cuenca La pesca representa el 0,3% del PIB de la cuenca Porcicultura tecnificado: 12989 artesanal: 8542, total: 21531 Avícola: Engorde: 350, Postura: 404500. Piscicultura: 521 ton/año en 2900 estanques. Los bosques son el 68,7% de los usos económicos del suelo Las plantaciones forestales son el 0,2% de los usos económicos del suelo
Distribución de la propiedad rural	GINI entre 0,54 y 0,76, por debajo del departamental 0,81.
Población con cobertura de acueducto	68,35%

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

Asimismo, en el Capítulo 9 sobre el análisis situacional de la Cuenca del río Samaná Norte el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b) expone tensiones económico-ambientales y socio-ambientales, o como restricciones o potencialidades o condicionantes que ejercen presión sobre la Sostenibilidad de la cuenca. Entre ellos, la tensión existente para el aprovechamiento de potencial del recurso hídrico, con la oferta hídrica y ambiental, entre diferentes usos y actividades económicas, que configuran la fragilidad de los ecosistemas naturales en demanda crítica (presión de minería, ganadería extensiva, industria extractiva, proyectos hidroeléctricos prospectivos), la economía interna de crecimiento incipiente y la situación de bienestar relativo de la población rural y urbana de la cuenca.

Es de resaltar que la fase de Prospectiva y Zonificación Ambiental es de gran importancia para la elaboración y análisis situacional de la Cuenca del río Samaná Norte, ya que esta fase tiene como objetivo proporcionar información referente a las áreas de interés estratégico para la conservación del recurso hídrico, las áreas de amenaza y las tendencias de desarrollo económico; mediante el diseño de escenarios futuros del uso coordinado y sostenible del suelo, de las aguas, de la flora y de la fauna presente de la cuenca, a partir de la correlación de los componentes de geología, capacidad de uso del suelo, coberturas naturales, biótico, hidrología, calidad del agua, social, económico y gestión de riesgo presentes en la cuenca. De esta forma, desde la revisión de documentos técnicos y científicos y las verificaciones en campo permite identificar dinámicas que van acorde o entran en conflicto con el escenario prospectivo y Zonificación Ambiental y por ende la Sostenibilidad de la cuenca.

A continuación, en la Tabla 45 se presenta la Prospectiva y Zonificación Ambiental al año 2032 en donde se exponen la categoría de ordenamiento Conservación y Protección Ambiental integrada por áreas destinadas a la protección complementarias para la conservación, por amenazas naturales, por importancia ambiental y por restauración ecológica; asimismo, la categoría de ordenamiento Uso Múltiple integrada por áreas destinadas a la restauración para la producción, áreas de producción agrícola y agropecuaria sostenible, áreas urbanas y por último áreas con licencia ambiental que en el caso de la cuenca del río Samaná Norte se incluyó el proyecto hidroeléctrico Porvenir II como actividad prospectiva en el área de estudio.

Tabla 45. Categoría de Ordenamiento y áreas de la Zonificación Ambiental de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Norte

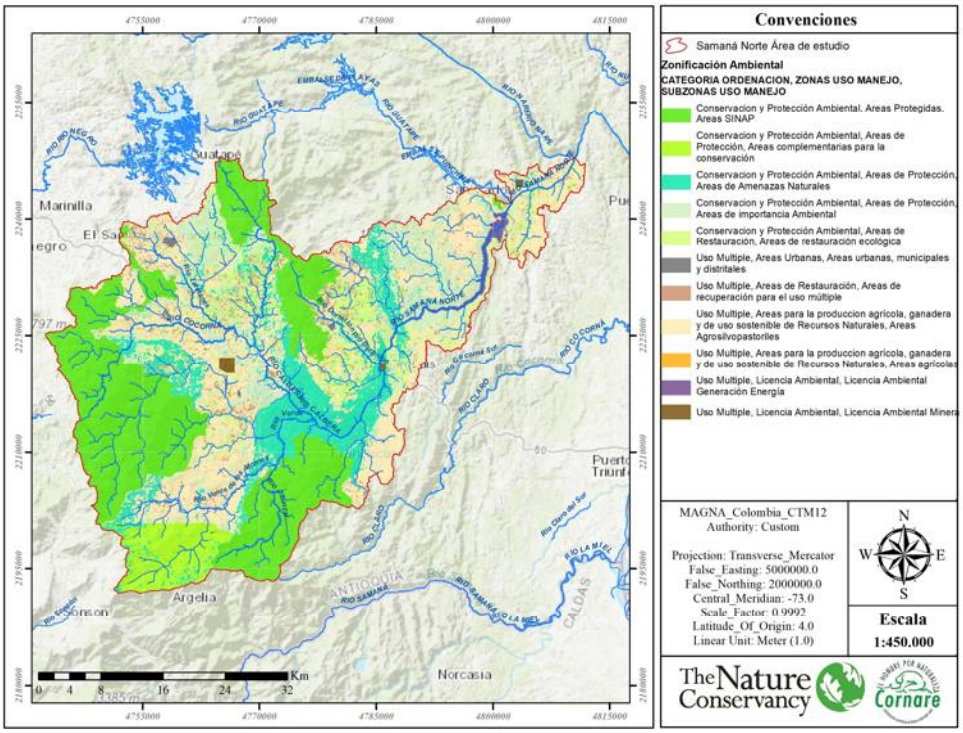
Categoría de ordenamiento	Zona de uso y manejo	Subzona de uso y manejo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Conservación y Protección Ambiental	**Áreas de Protección**	Áreas complementarias para la conservación	9000,64774	4,5%
		Áreas de Amenazas Naturales	396,514512	0,2%
			85,295602	0,0%
			27452,35684	13,7%
		Áreas de importancia Ambiental	1904,911426	0,9%
			129,588447	0,1%
			1025,09236	0,5%
			19,33236	0,0%
			15,596566	0,0%

Categoría de ordenamiento	Zona de uso y manejo	Subzona de uso y manejo	Área (ha)	Porcentaje (%)
			21779,69826	10,8%
	Área total de protección		61809,0341	30,8%
	Áreas de Restauración	Áreas de restauración ecológica	18830,3313	9,4%
	Área total de restauración		18830,3313	9,4%
	Áreas Protegidas	Áreas SINAP	18,440808	0,0%
			4048,362048	2,0%
			6,334374	0,0%
			38678,74	19,3%
			0,153039	0,0%
			1276,221675	0,6%
			11303,96155	5,6%
			4841,48907	2,4%
	suma de áreas protegidas		60173,70256	30,0%
Suma de conservación y Protección ambiental			140813,0680	70%
Uso Múltiple	**Áreas de Restauración**	Áreas de recuperación para el uso múltiple	0,002121	0,0%
			0,88042	0,0%
			4053,609042	2,0%
			111,946535	0,1%
			51,332812	0,0%
			1346,774281	0,7%
	Área total de Restauración		5564,545211	2,8%
	Áreas para la producción agrícola, ganadera y de uso sostenible	Áreas Agrícolas	39,666297	0,0%
			1049,933792	0,5%
		Áreas Agrosilvopastoriles	38734,75022	19,3%
			449,885131	0,2%
			362,056207	0,2%
			4,172916	0,0%
			11077,00435	5,5%
	Área total para la producción agrícola, ganadera y de uso sostenible		51717,46891	25,8%
	Áreas Urbanas	Áreas urbanas, municipales y distritales	376,4366	0,2%
	Licencia Ambiental	Licencia Ambiental Mineras y Generación de Energía	1826,644545	0,9%
			541,384365	0,3%
	Área total de Licencias ambientales		2368,02891	1,2%
Área total de Uso Múltiple			60026,4797	29,9%
Total general			200839,5477	100,0%

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017j)

En la Figura 63 se observa el mapa de Zonificación Ambiental de la Cuenca del río Samaná Norte con sus respectivas categorías de ordenamiento de Conservación y Protección Ambiental y de Uso Múltiple.

Figura 63. Zonificación Ambiental Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017k)

En los que respecta a áreas protegidas, la Cuenca del río Samaná Norte cuenta con los Distritos Regionales de Manejo Integrado (DRMI) las Camelias (con una representatividad en la cuenca del 9,12%), Los Cedros (con una representatividad en la cuenca del 0,40%) y Viaho Guayabal (con una representatividad en la cuenca del 8,58%). Por otra parte, cuenta con las Reservas Forestales Protectoras (RFPR) Cañones de los ríos Melcocho y Santo Domingo (con una representatividad en la cuenca del 43,9%), La Tebaida (con una representatividad en la cuenca del 11,12%), Punchiná (con una representatividad en la cuenca del 0,25%) y Chuchilla del Tigre, Calón y La Osa (con una representatividad en la cuenca del 26, 52%).

A partir de la revisión del POMCA del río Samaná Norte se determinó que la cuenca presenta alta oferta hídrica, reflejada en un rendimiento hídrico promedio en la cuenca para año medio de 89 l/s/km^2. Los máximos rendimientos se localizan en las subcuencas de la parte media en los ríos San Miguel y Dormilón con rendimiento de 100 l/s/km^2 y valor mínimo en la subcuenca del río San Matías con un valor de 70 l/s/km^2. Estos valores son un reflejo de la alta precipitación que se presenta en la cuenca. Según el índice de regulación estimado en el POMCA todas las subcuencas que conforman la cuenca del Río Samaná Norte presentan un Índice de Regulación Alto (En términos generales esto indica que la cuenca tiene buena capacidad de regular los caudales). Sin embargo, se

debe considerar el efecto de la variabilidad interanual en la hidrología y la capacidad de regulación de la cuenca, ya que el máximo rendimiento hídrico para condición seca es de 45 l/s/km^2 lo que representa una reducción aproximada del 50% en comparación a los rendimientos máximos en condiciones medias.

La disminución del rendimiento hídrico en condiciones secas puede generar conflictos de uso, por esta razón, es prioritario identificar los usuarios y el tipo de uso del agua que se da en la cuenca. En el POMCA se determinó que la demanda hídrica según los usos del agua es: generación hidroeléctrica (138300 l/s), uso piscícola (1097 l/s), uso recreativo (152 l/s), uso doméstico (55 l/s), uso pecuario (24 l/s), uso comercial (4,5 l/s), uso agrícola (2,3 l/s), energía térmica (1,37 l/s) y uso industrial (0,02 l/s). El sector que mayor cantidad de agua demanda es el sector de generación de energía hidroeléctrica, esta demanda hídrica corresponde principalmente a los proyectos de generación Santo Domingo (32000 l/s), San Miguel (35000 l/s), Los Molinos (10000 l/s), San Matías (10000 l/s) y El Popal (16000 l/s), todos estos dentro de lo que se denomina generación a filo de agua, o sin embalse de almacenamiento. Adicionalmente, en Generación de Energía Hidroeléctrica se consideran los trasvases al Río Calderas y el embalse Calderas, este último presenta un mayor impacto pues es de tipo consuntivo.

A partir de índice de uso en la cuenca para las condiciones más críticas (condición seca) se determinó que el 56,6% de la cuenta presenta un índice de uso muy alto, el 11,78% índice alto, 7,94% índice moderado y el 23,62% de la cuenca índice de uso bajo. Frente a la vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH) para condición crítica se determinó que el 76,37% de la cuenca presenta una vulnerabilidad media y el porcentaje restante una vulnerabilidad baja.

En cuanto a la calidad del recurso hídrico se determinó a partir del índice de alteración potencial de la calidad del agua para condiciones hidrológicas de año medio que el 88% de las subcuencas presentan un nivel de presión Bajo a Moderado, es decir, los niveles de contaminación generados pueden ser asimilados por las fuentes de agua sin que su calidad se afecte significativamente y en el 12% restante una presión media alta. Para las condiciones hidrológicas de año seco se encontró que el 76% de las subcuencas presenta un nivel de presión Bajo a Moderado y en el 24% una presión medio alta, esta diferencia es explicada por la disminución drástica de la oferta hídrica para la condición hidrológica seca.

Finalmente, en lo referente a las condiciones climáticas de la cuenca se debe destacar que se presenta un balance positivo entre precipitación y evapotranspiración. El agua que recibe la cuenca es suficiente para abastecer sus propios ecosistemas, presentando altos excedentes de agua según el índice de aridez.

Sobre la biodiversidad presente en la cuenca, el POMCA reporta alrededor de 2715 especies de plantas, de las cuales 185 están bajo algún grado de amenaza, 139 son endémicas, 39 introducidas, 115 son usadas por las comunidades de la región y 296 son consideradas acuáticas y riparias (cinco hidrófitas, 41 de halófitas y 250 de riparias). Las plantas hidrófitas están dentro de tres familias, Araliaceae con tres especies, Hydrocaritaceae y Nymphaeaceae con una especie cada una. Las especies halófitas están representadas dentro de 14 familias con 41 especies. La familia con mayor número de especies es Cyperaceae con 17 y representa el 41% del este grupo, seguida de Juncaceae con 4 especies. Las plantas riparias se agrupan en 89 familias y 250 especies. Las familias con mayor número de taxa son Poaceae con 16, Melastomataceae con 13 y Fabaceae con 13 especies. Entre

las especies reportadas, se hallaron 50 que se consideran importantes para la conservación según criterios de estado de conservación, endemismo o distribución restringida, recurso genético, especie poco frecuente o abundante, y especies vedadas (Cornare & Corantioquia, 2017).

En cuanto a la diversidad de animales (Aves, mamíferos, anfibios, reptiles y peces) se registran 1055 especies, lo que representa el 20% de la biodiversidad colombiana para la fecha de publicación de POMCA, de las cuales, 96 son endémicas para Colombia y 74 están bajo algún grado de amenaza nacional o internacional correspondiendo al 16,2% y 19,17% de las presentes en el territorio nacional respectivamente. De anfibios se reportan 69 especies, de las cuales 26 son endémicas y 19 presentan estatus de amenaza; de reptiles se reportan 97 especies, 10 endémicos y 6 especies reguladas por CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) de aves se reportan 618 especies, 12 endémicas y 27 catalogadas bajo algún grado de amenaza; de mamíferos 145 especies, 9 endémicas y 19 especies bajo algún grado de amenaza; y 81 especies de peces, de los cuales 39 son endémicos y 11 presentan algún grado de amenaza. En cuanto a estos reportes es importante comentar que muchas de las especies tienen amplia relación con los ecosistemas acuáticos, mientras que los peces, siendo de hábitos totalmente acuáticos hay algunos de ellos que realizan migraciones por fuera de la cuenca y a su vez son usados por pescadores como sustento alimentico y económico (Cornare & Corantioquia, 2017).

El POMCA es considerado el documento con la recopilación más completa sobre la información biológica de la cuenca Samaná Norte, reuniendo trabajos de universidades y empresas del sector hidroeléctrico principalmente, los cuales por requerimientos normativos deben realizar estudios de impacto ambiental y registrar las colectas en colecciones avaladas por el Instituto Alexander von Humboldt. Las caracterizaciones que se encuentran en los EIA de los proyectos hidroeléctricos presentes en la cuenca fueron bien estudiadas por el consorcio del POMCA Samaná Norte, realizando una compilación de las especies focales e importantes para la conservación. Todos estos listados se revisaron y se adicionaron al listado general de especies de flora y fauna (Cornare & Corantioquia, 2017).

7.1.2 *Referentes ambientales*

De acuerdo con CORNARE (2019c), los referentes ambientales son una herramienta para el ejercicio de planeación estratégica en la cual se presenta los elementos de la línea base ambiental de los municipios en su jurisdicción de CORNARE en donde se identifican potencialidades ambientales, los déficits y los conflictos que se presentan en el territorio con el fin de generar soluciones compartidas, asimismo, tienen como objeto alinear estrategias entre los diferentes niveles de gobierno, es decir, articular líneas estratégicas, programas y proyectos que se establecen a nivel nacional, regional y local; mediante el fortalecimiento de sinergias entre los diferentes actores del municipio.

En los referentes ambientales la corporación presenta y establece los elementos línea base bajo las dimensiones del recurso hídrico, el ordenamiento territorial, los residuos sólidos, economía circular, minería, educación ambiental y el componente financiero municipal (ver Figura 64).

Figura 64. Líneas ambientales de los Referentes Ambientales Municipales



Fuente: CORNARE (2019c)

La corporación consolida la información para cada uno de los municipios en su jurisdicción con el fin de que sean integrados en los Planes de Desarrollo Municipales, por lo tanto, en la sección de este documento de la revisión de Planes de Desarrollo se realiza el análisis de la incorporación de los referentes ambientales para las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

7.1.3 *Planes de desarrollo*

Los Planes de Desarrollo a nivel municipal son un instrumento de planeación que tiene la capacidad de asignar recursos para la ejecución y el desarrollo de los proyectos priorizados y relacionados con el objetivo de desarrollo territorial durante la vigencia de un periodo de gobierno. Los Planes de Desarrollo son en materia de desarrollo económico, social y de la gestión ambiental, en el marco de las competencias, recursos y responsabilidades, por lo que se articula con los Planes de Ordenamiento Territorial y los Determinantes Ambientales, debido a que es se desarrolla a nivel territorial.

Éstos proveen las bases y los lineamientos estratégicos para la formulación de las políticas públicas y asimismo trazan los objetivos del gobierno local permitiendo la subsecuente evaluación de su gestión. Los planes de desarrollo están conformados por dos partes (ver Figura 65), la primera resume el contenido estratégico que enfoca las decisiones sobre las diferentes dimensiones territoriales, mientras que la segunda parte vincula estas decisiones con el presupuesto para su ejecución (Minenergía, 2019).

Figura 65. Componentes de los Planes de Desarrollo Municipal



Fuente: Departamento de Planeación Nacional (2012)

De esta forma, se realiza la revisión de los Planes de Desarrollo de los municipios de San Luis, San Francisco, Sonsón, El Santuario, San Carlos, Puerto Nare, Granada, Cocorná y El Carmen de Viboral en jurisdicción de la Cuenca del río Samaná Norte. En la revisión se observa la articulación de los Planes de Desarrollo de acuerdo con lo referentes ambientales suministrados por CORNARE y la articulación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) siendo un referente de planeación de largo plazo, el cual contiene una serie de medidas audaces y transformadoras para consolidar el camino de la Sostenibilidad de manera que se incluyan a diferentes instrumentos de planificación.

A continuación, en la Tabla 46 se expone las observaciones con respecto a la Sostenibilidad en los Planes de Desarrollo en cada uno de los municipios en jurisdicción de la Cuenca del río Samaná Norte, desde el diagnóstico de las situaciones, problemáticas entorno a la Sostenibilidad y las líneas estratégicas articuladas a los ODS.

Tabla 46. Observaciones con respecto a la Sostenibilidad en los Planes de Desarrollo de los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
San Luis	-Plantaciones productoras y protectoras y bosques naturales protectores productores con 213,03 hectáreas del área total del municipio. -Disminución de gases de efecto invernadero con 300 estufas en las veredas del municipio. -En el programa BANCO2 se han protegido 349 ha con 62 familias beneficiadas. -El SILAP de San Luis cuenta con cinco (5) "Escenarios Prioritarios de Conservación", correspondiente al 37,74% del territorio municipal con 19219 ha.	-Disminución de áreas bosque debido a la extracción de madera para la comercialización y consumo doméstico. -Deficiencia del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua -PUEAA-. -Reportes de actividades de minería ilegal. -Crecimiento de la frontera agropecuaria. -Tensiones por el componente hídrico fuertes demandas de empresas extractivas para proyectos hidroeléctricos y de extracción minera, para lo cual, han surgido movimientos ciudadanos que se constituyen como defensores de los recursos hídricos.	-Línea Estratégica 2. Medio Ambiente como Oportunidades y Potencialidades en San Luis. -Articulación con los ODS para combatir el cambio climático, la vida submarina y gestión sostenible de los bosques; asimismo, programas que van en concordancia al desarrollo agropecuario sostenible y turismo sostenible	(Alcaldia Municipal de San Luis, 2020)
San Francisco	-Cubrimiento de agua potable al casco urbano del municipio con un ICA de 2,1 apto para consumo humano. -Casco urbano con dos sistemas de tratamiento de aguas residuales. -Programas entorno a la adaptación y mitigación del cambio climático como practicas productivas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, proyectos de restauración y fomento del ecoturismo y turismo de aventura, y áreas protegidas.	-90% de hogares en el área rural no cuentan con servicios de acueducto. -Disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario La Pradera. -No existe una consolidación del fortalecimiento de los programas entorno a la adaptación y mitigación del cambio climático.	-Articulación con lo ODS; formulación de programas para el mejoramiento del agua potable en especial en la zona rural, alcantarillado. -Mejorar los índices de separación en la fuente.	(Alcaldía Municipal de San Francisco, 2020)
Sonsón	-El municipio de Sonsón actualmente cuenta con quince (15) prestadores de servicios público, tanto para el área urbana como rural. -Con relación a la calidad, el Índice de Riesgo de Calidad de Agua para consumo humano (IRCA) en la zona urbana para el año 2018 es de 1,81 que señala que es viable sanitariamente, mientras para la zona rural es de 70,40 que indica que es un agua no apta para el consumo humano. -La cobertura de alcantarillado en el área urbana para el año 2018 es de 89,0, mientras que para los centros poblados es de 28,2%. -Mejoramiento de la calidad del recurso hídrico mediante la instalación de pozos sépticos, impactando especialmente aquellas microcuencas que surten acueductos veredales y urbano. -La disposición final de residuos sólidos se realiza en dos rellenos sanitarios, el primero ubicado en la vereda Boquerón y en el cual se disponen los residuos del área	-Deficiente Prestación de servicios públicos en el municipio de Sonsón. -Débiles programas de educación, sensibilización ambiental y reconocimiento del territorio, la deforestación masificada a nivel rural, especialmente en la zona páramo donde habitan un número considerable de familias que se ven obligadas a intervenir el bosque nativo para su sobrevivencia, utilización indiscriminada de plaguicidas y la débil implementación del Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS). -Débil cultura para crear reservas de la sociedad civil en zonas boscosas que no se encuentran interconectadas con los ecosistemas estratégicos ya delimitados. -Áreas protegidas y servicios ecosistémicos en riesgo.	-Plan Estratégico: Agua Potable Y Saneamiento Básico, articulado con el ODS Agua Limpia y Saneamiento. -Plan Estratégico Ambienta, articulado con los ODS de acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres. -Plan Estratégico Turismo, articulado con el ODS de producción y consumo responsable.	(Alcaldía de Sonsón, 2020)

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
	urbana y el segundo, ubicado en el Corregimiento San Miguel, y en el cual se disponen los residuos de los Corregimientos Jerusalén, La Danta y San Miguel. -Oferta ambiental como un gran potencial; por su gran biodiversidad, riqueza hídrica y belleza paisajística. -Por sus condiciones agroecológicas y ser un hito en la historia de la colonización antioqueña, tiene gran variedad de atractivos naturales y culturales, tanto en la zona urbana como rural.	-Crisis climática y los diversos fenómenos que están afectando los ecosistemas estratégicos y la biodiversidad, como la deforestación, la generación de gases efecto invernadero presencia de empresas minero-energéticas y la contaminación de fuentes de agua con mercurio a través de su utilización para la extracción de oro, entre otros. -Débil oferta Turística en el municipio de Sonsón.		
El Santuario	-Microcuencas de El Morro con un porcentaje de bosque natural del 31%, La Aldana con 29%, El Salto con 38%, Bodegas con 31%, Las Pavas con 17% y la Marinilla Media con 17%. San Matías Alto con un porcentaje de bosque natural del 42%, El Palmar con 42% y San Matías Medio con 32%. -Dentro de la demanda total, para la cuenca Bodegas un 66,7% corresponde a la componente doméstica, cuyo mayor aporte viene dado por los caudales captados por la empresa prestadora de servicio públicos del municipio de El Santuario. Un 22,2% de la demanda total corresponde a prácticas agrícolas y el restante, 11,1%, a uso pecuario. Para la cuenca El Salto el 83,3% corresponde al uso doméstico corresponde en mayor proporción al caudal concedido al municipio de El Santuario, un 8,3% a Riego y un 8,3% doméstico y agropecuario. -35% de bosque del área total del municipio, 31% de cultivos y 34% de pastos. -Las quebradas de La Tenería, Portachuelo, Bodegas, El Salto y La Marinilla cruzan la cabecera municipal, con su llanura de inundación, constituyéndose en elementos naturales de valor patrimonial. -Área Protegida denominada Nodos y Corredores con el 10,89% del total del territorio municipal. -(DRMI) Cuchilla de los Cedros con un área de 940 hectáreas y el DRMI Viaho – Guayabal con 446 hectáreas.	-Déficit en el documento frente a información de problemas o causas que afectan a la Sostenibilidad del municipio.	Componente 3.2 medio ambiente, estrategias enfocadas a incrementar el área de bosque, el área de ecosistemas estratégicos y disminuir la vulnerabilidad y riesgo al cambio climático. -Negocios verdes, adaptación al cambio climático. -Bosques y biodiversidad.	(Alcaldía de El Santuario, 2020)
San Carlos	-El municipio de San Carlos cuenta con 4 áreas protegidas: DRMI Las Camelias (7260 ha), RFPR La Tebaida (1161 ha), RFPR Playas (784 ha), RFPR Punchiná (4308 ha). -Buena cobertura en la prestación de servicios públicos, el servicio de acueducto presenta una cobertura del 99,66% en la cabecera y en total, el 95,52% de la zona cubierta.	-Déficit de cobertura en alcantarillado en la zona rural como causa de la contaminación del recurso hídrico. -Alcantarillado de la zona urbana se debe tener en cuenta algunos puntos críticos en términos de saneamiento como es La Viejita, La Natalia, San Vicente, Los Sauces y El Popo.	-Línea estratégica 3: desarrollo ambiental, agropecuario y de los corregimientos.	(Alcaldia San Carlos, 2020)

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
	-Alcantarillado se tiene que en la zona urbana la cobertura es de 97,64%, la zona rural sólo cuenta con 5%. -Cuenta con 15 acueductos que abastecen el 80% de la zona rural. -La zona rural, solo cuenta con 5% en cobertura de alcantarillado, pozos sépticos acumulado a 2018 es de 70%.	-Sin funcionamiento de la PTAR.		
Puerto Nare	-Según el DNP, a partir de información de Parques Nacional Naturales (2017), el municipio no cuenta con áreas dentro del Sistema Nacional de Áreas protegidas. -Ecosistemas estratégicos están representados por 6800Ha en humedales, lo que equivale a una contribución al área departamental del 1,13%. -Ciénaga La India son el habitad de numerosas aves migratorias, así como una zona de reproducción y alimentación de peces, aves, mamíferos, reptiles y otras especies. -Las especies de mayor importancia económica son bocachico, bagre rayado, nicuro, blanquillo, pacora, doncella y mojarra amarilla. -El área de bosque entre el periodo de 2013 y el 2016 con un promedio de 7136 ha.	-Humedales y otros ecosistemas estratégicos del municipio están siendo afectados principalmente por las actividades agropecuarias debido a su extensión y su enfoque intensivo. -Falta de corredores biológicos, los cuales provocan el desplazamiento de fauna, y están directamente asociados a la deforestación, asentamientos humanos y la cultura rural de alimentarse de algunas de estas especies de animales. -La pérdida de biodiversidad está asociada especialmente al trágico ilegal de las especies de fauna y flora. -Pérdida de bosque relacionada a la deforestación, cambios en el uso del suelo sin medidas de conservación, obras de infraestructura y urbanismo sin criterios de Sostenibilidad. -Alteraciones al recurso hídrico debido a la tala frecuente de bosques, tumba y quema de la vegetación natural, expansión de la frontera agropecuaria, intensa actividad minera de explotación de hidrocarburos, piedra caliza y oro en menor intensidad, y a los vertimientos de aguas residuales. -Déficit de cobertura de recolección de residuos sólidos en la zona rural.	-Línea estratégica 2. Puerto Nare con responsabilidad laboral, con visión turística, innovadora, pujante, rural y con responsabilidad ambiental, articulado a los ODS. -Programa 3: Desarrollo agroforestal y agricultura sostenible. -Programa 2: Buenas prácticas para la sustentabilidad minera.	(Alcaldía de Puerto Nare, 2020)
Granada	-Cobertura de acueducto superior al 95%. -La cobertura de agua potable se encuentra en el 90%. -En la zona rural el servicio es prestado por la comunidad en su mayoría a través de pequeños abastos que cubren sectores concentrados de cada una de las veredas. Se tienen actualmente un total de 60 acueductos, con un total de 3370 derechos o conexiones domiciliarias, con una cobertura del 78,6%, de acuerdo a los referentes	-Contaminación de las fuentes de agua en la zona rural. -Presiones sobre la biodiversidad a causa del sector agropecuario, por uso intensivo de agroquímicos, explotación intensiva del suelo, entre otros.	-Línea estratégica 5: Ambiente y Territorio. -Programa 43: Agua Potable, articulado al ODS Agua Limpia y Saneamiento. -Programa 46: Gestión Ambiental y Gestión Integral del Cambio Climático, articulado a los ODS de ciudades y	(Alcaldía de Granada, 2020)

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
	ambientales, y donde se incluyen además de las viviendas, lotes o parcelas, potreros, trapiches y otros establecimientos. -En la zona rural el índice de calidad del agua (IRCA) es del 96,3%, dejando de manifiesto la condición de riesgo que presenta el recurso. -Cobertura de alcantarillado urbana que alcanza el 90%, se cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales la cual cubre un 80% de la población. En la zona rural se cuenta con una cobertura de apropiadamente un 60% mediante pozos sépticos. -Banco2 que posee 84 beneficiarios en el municipio y conserva cobertura boscosa en 150 ha. -Estufas eficientes que disminuyen la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) en la zona rural. -Índice de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático bajo en comparación con otros municipios, con un valor de 14,72, lo que nos dota de una capacidad de adaptabilidad considerable a las condiciones dinámicas de los sistemas hidrológicos y meteorológicos como respuesta y consecuencia del cambio climático.		comunidades sostenibles, acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres.	
Cocorná	-El municipio en Convenio con CORNARE y la Gobernación adquirió 4,4 ha en La Piñuela en el año 2016, y mediante proyectos comunitarios de compra de predios con Juntas de Acción Comunal, se compraron los siguientes predios: Playas compró 1 ha, La Piñuela 2 ha, El Coco compro 0,5 ha, La Veta 4,5 ha y Santo Domingo 2 ha, para un total de 14,4 ha, además cuenta con 775 ha protegidas mediante el esquema de Pago por Servicios Ambientales-PSA, bajo la metodología BanCO2, beneficiado a 63 familias. -En la zona rural solo en el centro poblado La Piñuela, se cuenta con redes de alcantarillado. La cobertura en sistemas individuales o colectivos de tratamiento de aguas residuales en la zona rural (pozos sépticos) acumulado a 2018 es de 63%. -De acuerdo al POMCA de la Cuenca del río Cocorná, el municipio cuenta con 11589,41 ha de áreas protegidas de conservación y 12655,96 ha de áreas de uso múltiple destinadas a la producción agropecuaria. -Cocorná tiene jurisdicción en las áreas protegidas el DMRI Sistema Viaho Guayabal con 3202 ha. -Áreas de importancia ecosistémica corresponde a 124882,5 ha, que corresponde al Cañón de Samaná	-Contaminación al recurso hídrico por vertimientos de aguas residuales, en el municipio hay un déficit de 292 pozos sépticos. -Conflictos por la construcción y existencia de microcentrales hidroeléctricas y por explotaciones mineras, que han generado grandes impactos por el deterioro de los recursos naturales y conflictos por el uso del suelo. La microcentrales existentes son: El Popal, El Molino-Playas, San Matías, San Miguely, Cocorná 1, que obtuvo licencia ambiental el 25 de febrero de 2020, aún no está funcionando, contempla una fase de ejecución aproximadamente de tres años. -Conflictos por título mineros y proyección de empresas mineras.	-Línea Estratégica 4. Cocorná Pacta por el Medio Ambiente, articulado a los ODS. -Estrategias enfocadas a la adquisición de predios para la conservación del recurso hídrico, articulación de los instrumentos de la planificación con los determinantes ambientales, educación ambiental, PSA, cambio climático.	(Alcaldía de Cocorná, 2020)

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
	Norte, Cañón del río Santo Domingo, Frente Erosivo de Cocorná, La Aurora-Balcones, Sistema Alto de la Virgen-Cuchilla-La Palmira, Sistema Viaho Guayabal.			
El Carmen de Viboral	-Cobertura Zona Urbana: acueducto 100%, alcantarillado 99%, Tratamiento de aguas residuales 99%. -Cobertura zona rural: acueducto 71%, alcantarillado 5,4%, pozos sépticos 73%. -En cuanto a conservación y protección de los recursos, el municipio ha adquirido un área total de 5236 Ha, predios para la conservación del recurso hídrico en el período 2016 a 2018; para los acueductos La Aurora, Camargo, Betania y ESP La Cimarrona. -El municipio cuenta con 1542 ha protegidas mediante el esquema de pago por servicios ambientales en su territorio bajo la metodología de BanCO2 con la inclusión de doscientas veinticuatro (224) familias beneficiarias del programa.	-Déficit de saneamiento básico en la zona rural. -Población dispersa en veredas más lejanas.	-Línea estratégica 4: El agro, territorio y ambiente con más oportunidades, articulados a los ODS. -Programas enfocados a generar acciones enmarcadas en la protección de los recursos naturales del municipio y mitigación del cambio climático.	(Alcaldía de El Carmen de Viboral, 2020)

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

7.1.4 *Instrumentos de ordenamiento territorial*

Los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) municipal y distrital es un instrumento técnico y normativo que comprende un conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas, destinadas a orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo, emprendidas por los municipios y distritos, en ejercicio de la función pública que les compete, dentro de los límites fijados por la Constitución y las leyes. El POT es fundamental para los municipios y distritos, en la medida que bajo un enfoque territorial determina la planificación económica, social, ambiental e institucional prevista en el Plan de Desarrollo, racionalizando las intervenciones sobre el territorio y orientando su desarrollo y aprovechamiento sostenible (DNP, 2015).

Durante la revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT) y Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) de acuerdo a cada caso en los municipios en relación con la Sostenibilidad (ver Tabla 47), se evidencia la desactualización de los POT de los municipios de Sonsón, El Santuario, San Carlos, Granada y Cocorná que tiene fecha de los años 2000 a 2002 en donde no hay información sobre el estado de las dimensiones ambiental, económica y sociocultural y las actividades principales o prospectivas para el desarrollo del municipio y asimismo no se relaciona la articulación con los determinantes ambientales, los referentes ambientales, los planes de desarrollo y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En cuanto a los municipios de San Luis, El Carmen de Viboral y San Francisco cuentan con POT, PBOT y EOT más actualizados del 2016, 2017 y 2018 respectivamente, en donde se evidencia las estrategias y ordenamiento del territorio articulado con los ODS y los referentes ambientales.

La importancia de la planificación y ordenamiento del territorio con la sostenibilidad está estrechamente relacionada con la capacidad de carga del territorio, el cual puede entenderse como el desarrollo acorde con los rasgos ambientales del medio donde se plantean cambios en el uso del suelo. Esos rasgos ambientales incluyen cuestiones del medio físico, pero también aspectos socioeconómicos y culturales (Elorrieta, 2019).

De acuerdo con Gómez & Villarino (2011), se identifican 3 conceptos clave para la aplicación de la Sostenibilidad en la acción y el cometido de las políticas de la Planificación Territorial. En primer lugar, la utilización racional del territorio y gestión responsable de los recursos naturales, implicando como principio general la conservación de los procesos ecológicos esenciales, de tal forma que se consiga mantener a largo plazo el potencial de utilización del suelo y los recursos que contiene. En segundo lugar, la calidad ambiental, vinculada al objetivo de mejorar la calidad de los vectores ambientales (aire, agua y suelo), y la conservación de los ecosistemas y de los procesos ecológicos esenciales, del paisaje, del patrimonio cultural. Finalmente, en tercer lugar, la calidad de la gestión pública y la coordinación administrativa, tomando como punto de partida la planificación integrada y la coordinación intersectorial e interterritorial entre los diferentes entes administrativos, destacando los que se deben producir entre entes del mismo nivel competencial (intercambio de información y cooperación activa)

Tabla 47. Observaciones relacionadas a la Sostenibilidad en los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
San Francisco EOT 2018	-De acuerdo con el POT de San Francisco la vocación de desarrollo municipal, mencionan las actividades agrosilvopastoriles, ecoturísticas, forestal, minero, hidroenergético, manufactura, servicios ambientales y biodiversidad. -La vocación de desarrollo en el sector energía, como variable que tiene una influencia fuerte a futuro en el desarrollo del territorio. -Se establecen cada uno de los usos y lo permitido tanto en las áreas de las zonas urbanas como rurales. -Se establecen las zonas de importancia ambiental, de prioridad la RFPR El tigre, El Calón y la Osa que equivale a 15,7 ha correspondiente al 39,6% del área rural en donde está prohibido actividades mineras	-Desconocimiento en el municipio frente a las solicitudes de títulos mineros en el Cañón de río Claro. -No se ha articulado el POMCA al EOT de San Francisco.	-Protección de Áreas de especial importancia Ecosistemas como Las Cuchillas El Tigre, El Calón y la Osa. y Los Cañones del Samaná Norte, Calderas, Chumurro y Río Claro. -Área rural con desarrollo de parcelaciones para el desarrollo agroturístico y/o ecoturística sostenible en los sitios que presentan vocación y potencialidad para ese uso. -Inventario y valoración económica de los servicios ambientales como patrimonio socioeconómico de los San Francisquenses. -Plan de cambio climático local.	(Alcaldía Municipal de San Francisco, 2018)
San Luis EOT 2016	De acuerdo con el EOT el municipio de San Luis se encamina procesos para lograr un mayor equilibrio entre lo rural y lo urbano, a través de la valoración de sus territorios y sus habitantes, integrándolos a un ideal de municipio propuesto por todos, que contemple el desarrollo equitativo y el bienestar social como sus ejes fundamentales		-Preservación de las áreas protegidas a nivel zonal -Saneamiento básico zonal. -Aprovechamiento sostenible de la explotación foresta -Formular implementar plan turístico (empresas artesanales)	(Alcaldia Municipal de San Luis, 2016)
Sonsón PBOT 2001	-Articulo 13. Sistemas consecutivos naturales, (a) el sistema hídrico, (b) el sistema orográfico, (c) los ecosistemas estratégicos.	-Desactualización del PBOT, por lo tanto, no hay información sobre el estado de las dimensiones ambiental, económica y sociocultural y las actividades principales o prospectivas para el desarrollo del municipio. -Sin información del estado del ordenamiento actual en el municipio en donde se establece los usos y distribución del suelo, así como de las estrategias del Plan.		(Alcaldía de Sonsón, 2001)
El Santuario PBOT 2000	-Establece elementos estructurales del ordenamiento territorial de orden biofísico, donde el sistema ambiental es conformado por los ecosistemas estratégicos, las áreas de conservación, aptitud forestal y regulación; red hídrica de las cuencas y microcuencas.	-Desactualización del PBOT, por lo tanto, no hay información sobre el estado de las dimensiones ambiental, económica y sociocultural y las actividades principales o prospectivas para el desarrollo del municipio.		(Alcaldía de El Santuario, 2000)

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
		-Sin información del estado del ordenamiento actual en el municipio en donde se establece los usos y distribución del suelo, así como de las estrategias del Plan.		
San Carlos EOT 1999	-Se presenta el diagnóstico de las dimensiones ambiental, social y económica al 1999 con prospectivas al 2006. -En el componente de agua mencionan las licencias y áreas solicitadas para la exploración y/o explotación de los recursos minerales en el Municipio.	-Desactualización del PBOT, por lo tanto, no hay información sobre el estado de las dimensiones ambiental, económica y sociocultural y las actividades principales o prospectivas para el desarrollo del municipio. -Sin información del estado del ordenamiento actual en el municipio en donde se establece los usos y distribución del suelo, así como de las estrategias del Plan		(Alcaldia San Carlos, 1999)
Granada EOT 2002	-No presenta información sobre la ordenación específica del territorio tanto en la zona urbana como rural.	-Contaminación de las fuentes de agua en la zona rural. -Presiones sobre la biodiversidad a causa del sector agropecuario, por uso intensivo de agroquímicos, explotación intensiva del suelo, entre otros.		(Alcaldía de Granada, 2002)
Cocorná EOT 2014	-Estructura Administrativa sólida, eficaz y sostenible, con la suficiente capacidad de liderar las diferentes etapas de desarrollo territorial mediante la definición y gestión de Proyectos y Programas de Ordenamiento desde el sector público, privado y comunitario, construyendo un Municipio de manera colectiva y solidaria priorizando el manejo adecuado de los recursos naturales y administrando eficientemente los recursos de oferta natural. -La protección ambiental del Sistema El Viaho-La Guayabal. -Protección ambiental del Sistema Alto de la Virgen-Cuchilla La Palmira: Situado al occidente del Municipio sobre las cuencas de los ríos Cocorná y Santo Domingo, Cañón de Samaná Norte.	-Desactualización parcial del EOT	Objetivo 1: Gestionar Macroproyectos Ambientalmente Sostenibles para el Desarrollo Territorial Municipal. -Objetivo 15: Consolidar el sistema de áreas protegidas para el municipio determinadas por CORNARE. -Objetivo 16: Reglamentación de las rondas hídricas. -Objetivo 17: Desarrollar el Plan de Cambio Climático Local.	(Alcaldía de Cocorná, 2013)
El Carmen de Viboral PBOT 2017	-Estructura ecológica principal: Es el eje natural estructural del ordenamiento territorial municipal y la base ambiental que soporta el territorio; contiene los principales elementos naturales y construidos que dan sustento a los procesos ecológicos principales y determinan la oferta ambiental del territorio, a partir de		-Ordenación del Suelo Rural.	(Alcaldía de El Carmen de Viboral, 2017)

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
	la cual se articulan los sistemas urbanos y rurales; siendo las áreas protegidas del SINAP, zonas de protección ambiental establecidas en el Acuerdo 250 de 2011 y zonas de interés ambiental. -Se establece la articulación de la estructura ecológica principal al modelo de desarrollo del municipio, a las áreas de protección establecidas por CORNARE y las áreas de acuerdo con los POMCA.			

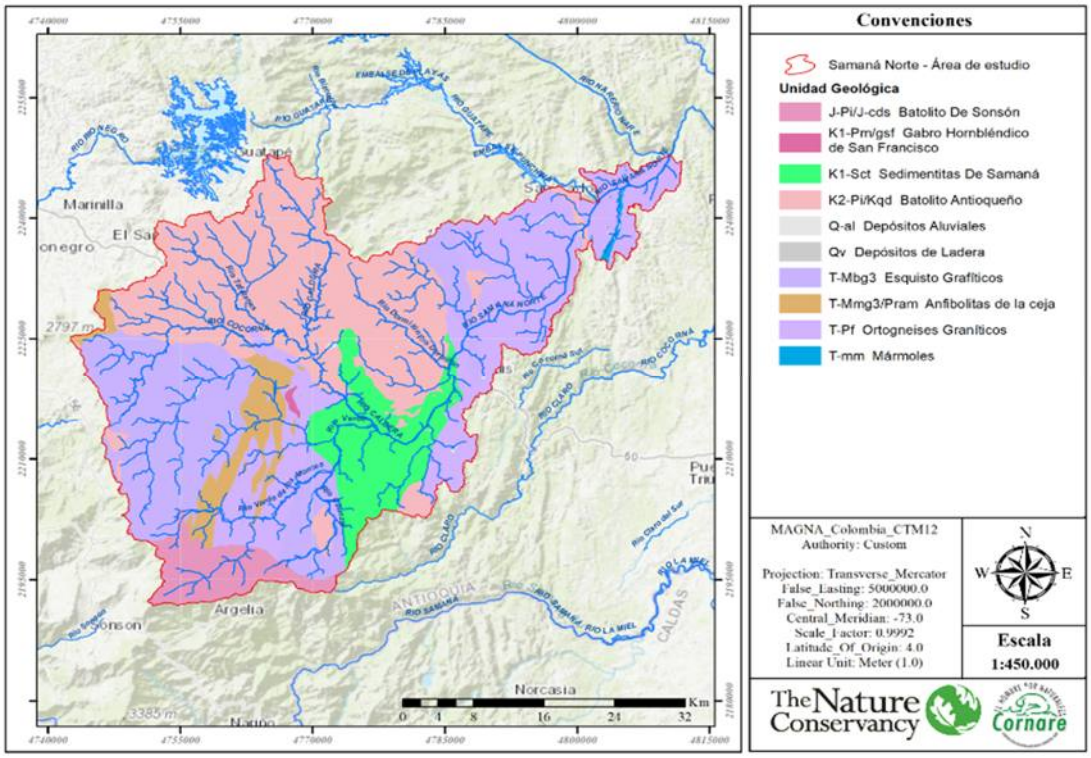
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

7.1.5 *Geología*

La información disponible para la geología, geomorfología y gestión del riesgo de la Cuenca del río Samaná Norte se encuentra compilada y consolidada en el Informe de diagnóstico del POMCA realizado por CORNARE y CORANTIOQUIA en el 2017. Esta información se presentará a continuación de manera sintetizada según los objetivos del presente estudio.

La cuenca está conformada por un basamento de rocas cristalinas fracturadas correspondientes a: granitoides del Batolito Antioqueño y del Batolito de Sonsón, anfibolitas del Complejo El Retiro, y esquistos del Complejo Cajamarca. También hay presencia de cuarcitas, neises y mármoles en algunas zonas de la cuenca y una extensa formación sedimentaria la cual fue determinada como Sedimentitas de Samaná en el informe del POMCA. La distribución de las unidades geológicas de la cuenca se encuentra ilustrada en la Figura 66.

Figura 66. Mapa geológico de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

Ortogneises graníticos: también conocidos como las rocas metamórficas al Oeste de Otú. El grupo está conformado por el denominado Neis de Samaná y el Neis de río Verde.

Mármoles: se encuentran intercalados con cuarcitas y ortogneises graníticos. Se ubican principalmente en la parte oriental de la cuenca.

Esquistos grafíticos: por lo general no se encuentra suelo residual asociado a ellos.

Batolito de Sonsón: está constituido mayoritariamente por tonalitas, pero también hay presencia de facies de dioritas, aplitas y gabros. Intruye rocas metamórficas de bajo grado (Complejo Cajamarca).

Batolito Antioqueño: es una unidad 97% granodiorita pero también se han reconocido facies félsicas y gabróicas. Aproximadamente el 75% del área de la cuenca se encuentra sobre el Batolito Antioqueño.

Sedimentitas de Samaná: corresponde a un grupo de conglomerados, areniscas, lodolitas y lutitas que se encuentran alrededor del municipio de San Luis y al Este del municipio de Nariño.

Depósitos aluviales: no hay una presencia abundante de ellos en la cuenca debido a las elevadas pendientes.

Depósitos de ladera: se pueden identificar fácilmente por tener una matriz limosa de color pardo amarillento-rojizo que rodea bloques de roca.

De acuerdo con la información geológica en la cuenca del río Samaná Norte, el potencial minero se encuentra representado principalmente por las unidades de origen metamórfico asociadas al complejo Cajamarca, donde predominan mármoles intercalados con cuarcitas y ortogneises graníticos y que se distribuyen principalmente hacia el costado oriental de la Cuenca, cuyos minerales son explotados principalmente como materiales de construcción y decoración. Se destaca que la explotación de mármoles abastece la industria cementera antioqueña, y también se explotan como rocas ornamentales y como fuente de cales agrícolas e industriales.

Otra de las unidades de importancia corresponde al Batolito Antioqueño, el cual está constituido mayoritariamente por granodiorita, pero también se han reconocido facies félsicas y gabróicas, los cuales son de alto interés económico por su potencial de minerales metálicos, materiales de construcción, además de materiales como arcillas, relacionados con suelos residuales derivados de éstos materiales.

Según la información reportada en el catastro minero actualmente en la cuenca del río Samaná Norte se han otorgado por la Secretaría de Minas Departamental un total de veinticinco (25) títulos mineros vigentes, trece (13) de ellos en la modalidad de contratos de concesión, nueve (9) con licencia de explotación, y los tres (3) restantes en autorización temporal. Los materiales incluidos en estos títulos corresponden principalmente arenas, gravas, materiales de construcción, calizas y mármol; en menor proporción se presentan oro, plata y asociados. Se destaca que 3 de estos títulos mineros se encuentra con licenciamiento ambiental por parte de la Corporación.

Estos títulos mineros se distribuyen a lo largo de toda la cuenca, con un mayor predominio hacia el costado oriental, en los municipios de San Carlos y Puerto Naré, donde geológicamente se reportan unidades de origen metamórficas correspondiente principalmente a mármoles y orto gneises. Igualmente, los dos de mayor extensión se localizan en los Municipios de Cocorná, Granada y San Carlos, correspondiente a contratos de concesión para minerales preciosos.

Tabla 48. Títulos mineros en la Cuenca del río Samaná Norte

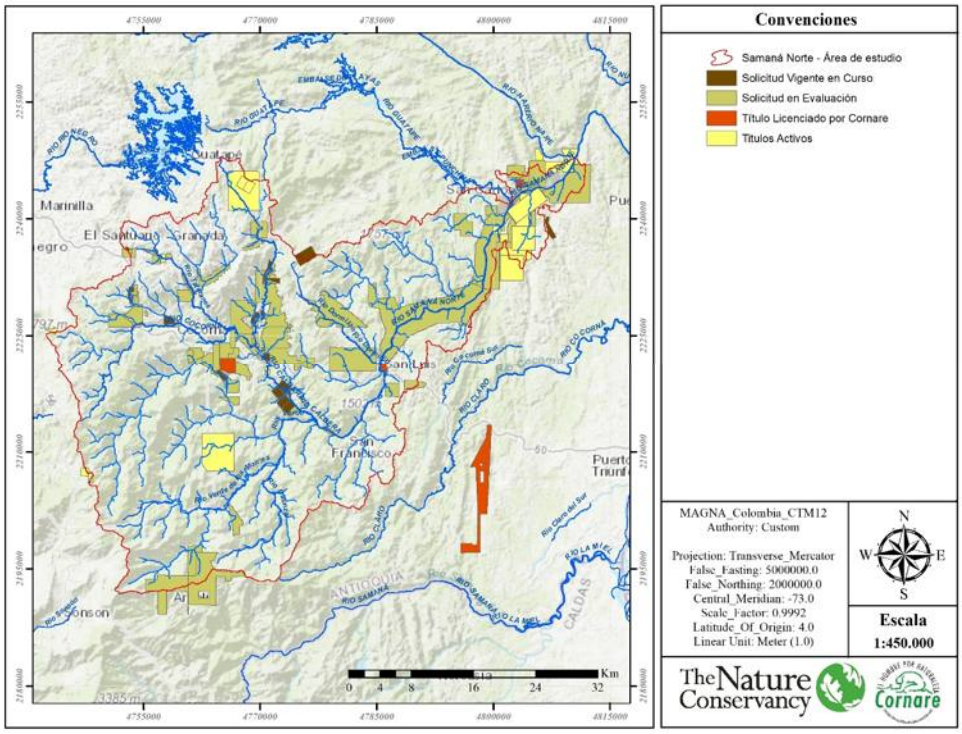
CODIGO	MODALIDAD	MINERALES	FECHA_DE SOLICITUD
NGV-08361	AUTORIZACION TEMPORAL	Arenas y gravas naturales y silíceas	31/07/2012
SJU-10291	AUTORIZACION TEMPORAL	Materiales de construcción	30/10/2017
RH4-13351	AUTORIZACION TEMPORAL	Materiales de construcción	4/08/2016
L4908005	CONTRATO DE CONCESION (D 2655)	Demas_concesibles, mármol	16/07/2003
H4858005	CONTRATO DE CONCESION (D 2655)	Caliza	17/08/2006
H5569005	CONTRATO DE CONCESION (D 2655)	Demas_concesibles, mármol	10/08/2004
L5558005	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Materiales de construcción	12/06/2002
LLA-08471	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Arenas y gravas naturales y silíceas	10/12/2010
IE7-11131	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Granito, basalto, pórfido y otras piedras de talla o de construcción, en bruto	7/05/2007
KE5-08131	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Demas_concesibles, minerales de metales preciosos y sus concentrados	5/05/2009
H4940005	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Roca o piedra caliza en bruto	25/08/1999
JBS-11281	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de metales preciosos y sus concentrados	28/02/2008
HHTI-01	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Arena, grava	26/10/2007
B7164005	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Gravas naturales	27/02/2006
C1852011	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Calcáreos	25/07/1990
ICQ-14451X	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Arenas y gravas naturales y silíceas	26/03/2007
L3051005	LICENCIA DE EXPLORACION	Caliza, demás concesibles	19/04/1996
L237005	LICENCIA DE EXPLORACION	Caliza, demás concesibles	18/05/1993
HCIH-24	LICENCIA DE EXPLORACION	Asociados, oro, plata	31/05/2002
HCIH-23	LICENCIA DE EXPLORACION	Asociados, oro, plata	31/05/2002
L207005	LICENCIA DE EXPLORACION	Caliza, demás concesibles	8/03/1993
L5519005	LICENCIA DE EXPLORACION	Mármol y otras rocas metamórficas; rocas o piedras calizas de talla y de construcción	7/11/2000
L3050005	LICENCIA DE EXPLORACION	Caliza, demas_concesibles	6/02/1998
T13148011	LICENCIA DE EXPLOTACION	Arcilla	29/01/1992
T9760011	LICENCIA DE EXPLOTACION	Arcilla	19/07/1990

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de títulos mineros compilados Cornare (2021)

Además de los títulos mineros otorgados, se identifican un total de 80 solicitudes en evaluación, 14 de ellas vigentes y en curso de contratos de concesión, que cubre gran parte de la cuenca, con n mayor predominio hacia el costado oriental, y la zona central, en los Municipios de San Carlos, Puerto Nare, San Luis, Granada, Cocorná y San Francisco. Estas solicitudes, igualmente se relacionan con minerales como arenas, gravas, arcillas, materiales de construcción, calizas y mármol, oro, plata y asociados. Se destaca que en la zona donde se localizan estas solicitudes se relacionan geológicamente con unidades de mármoles, orto gneises, además del Batolito Antioqueño y las Sedimentitas de Samaná.

En la siguiente imagen se presenta la distribución de los títulos otorgados y las solicitudes mineras identificadas reportadas para la Cuenca.

Figura 67. Mapa de solicitudes y títulos mineros de la cuenca del Río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), POMCA río Samaná Norte (2017) y títulos mineros compilados Cornare (2021)

7.1.6 *Geomorfología*

En el Informe de Diagnóstico del POMCA se describe la geomorfología de la Cuenca del río Samaná Norte siguiendo dos guías; los lineamientos del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y los lineamientos adoptados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

La Cuenca del río Samaná Norte se encuentra ubicada en la Cordillera Central, la cual puede ser catalogada como un paisaje estructural con profundas modificaciones erosivas y elementos deposicionales. La geomorfología regional de la zona está asociada directamente a la actividad tectónica a partir de la Orogenia Andina y a los procesos de erosión en masa. Los procesos actuales de depositación están limitados a la formación de depósitos aluviales en las vegas de ríos y quebradas y de los depósitos de vertiente.

Con base en los lineamientos del SGC (Carvajal, 2008) la cuenca se caracteriza por su forma triangular; la base de éste se encuentra en el divorcio de aguas de los ríos Magdalena y Cauca, y su vértice en la confluencia de los ríos Samaná Norte y Nare; el relieve total de la cuenca es mayor que 3000 m, con pendientes abruptas y escarpadas que separan las áreas de lomas y colinas de las superficies de erosión. Menos del 1% del área con pendientes inferiores a 12%, 40% del área con pendientes en el intervalo 25-50%, 14% del área con pendientes mayores que 75%. El 20% del área se encuentra entre las cotas 200 y 800 msnm; el 10% del área se encuentra entre las cotas 2200 y 3200 msnm.

Las unidades geomorfológicas más destacadas y extensas en esta cuenca son unidades erosivas cuya manifestación geomorfológica está dada por una secuencia aleatoria de cuchillas y cañadas en la que las fallas y alineamientos regionales no alcanzan a introducir un mínimo ordenamiento espacial; en segundo lugar se encuentran las superficies de erosión y los escarpes que las separan, caracterizadas por las cimas concordantes de colinas encajadas en el paisaje general de cuchillas y cañadas circundantes y los escarpes que las separan entre sí; en tercer lugar se encuentran las unidades generadas por sedimentación aluvial y depósitos de vertiente.

La historia tectónica y morfogenética de la región ha dado lugar a la formación de varios niveles de superficies de erosión separados por discontinuidades topográficas denominadas escarpes (Rendón et al., 2011). Se han identificado cuatro superficies de erosión en la cuenca: (i) la Superficie de Erosión SI o Santa Elena-La Unión que corresponde al Planalto de Santa Elena, (ii) la Superficie de Erosión SII o Rionegro que corresponde al Altiplano de Rionegro y coincide de manera laxa con el Valle de San Nicolás (Page & James, 1981), (iii) San Ignacio y (iv) Peñol-Guatapé (Rendón, y otros, 2011). Las dos primeras superficies están separadas por el Escarpe de San Nicolás, San Ignacio y Rionegro están separadas por el Escarpe San Vicente, Escarpe Yolombal entre Santa Elena-La Unión y San Ignacio y el Escarpe El Chico (Figura 68).

Figura 68. Posición relativa de las superficies de erosión SI y SII



Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017d)

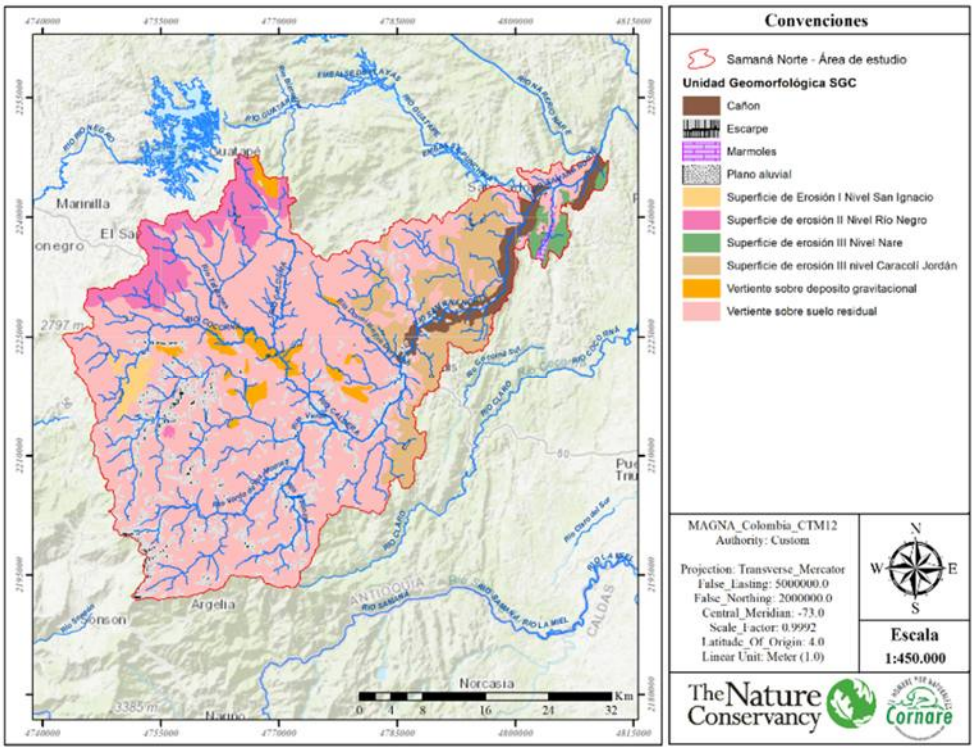
La delimitación de superficies de erosión puede variar dependiendo de los autores, en el Informe del POMCA se optó por seguir la terminología propuesta por Rendón y otros (Rendón et al., 2011), de esta manera se delimitan las superficies de erosión marcadas en el mapa de la Figura 69.

Los escarpes están constituidos por terrenos en forma de fajas largas y relativamente estrechas, con pendientes abruptas (>75%) y fuerte control estructural o litológico, se asocian a fallas regionales. Las expresiones más destacadas de esta unidad se encuentran en la discontinuidad regional entre las Superficies de Erosión II y III, el cañón del río Samaná Norte, a lo largo de las fallas Palestina, Nus y Cocorná, y en los cuerpos de mármol. El Río Samaná corta un cañón de 32 Km de longitud en el Nivel Caracolí-Jordán de la Superficie de Erosión III cuya profundidad se encuentra en el intervalo de 400 a 500 m entre el puente sobre el río Samaná, en la autopista Medellín-Bogotá y el extremo Nororiental del Cañón cerca de Puerto Garza. Un segundo cañón, de 7 Km de longitud y profundidad entre 100 a 200 m, corta el nivel Nare de la Superficie de Erosión III en el extremo Noreste de la cuenca.

Las formaciones calcáreas y la meteorización de las mismas por el agua de escorrentía e infiltración han dado lugar a un conjunto de depresiones cerradas, túneles, cavernas y cerros al que se ha denominado carso, el cual puede ser definido como un terreno afectado por la erosión por disolución y abrasión de rocas calcáreas caracterizado por geoformas propias y drenaje subterráneo.

El Carso El Prodigio (vereda El Prodigio) comprende un cinturón de mármoles con dirección Norte-Sur a lo largo de varios kilómetros desde las inmediaciones de Puerto Garza y se prolonga hacia el Sur en la Cuenca del río Cocorná de cerros kársticos.

Figura 69. Mapa Geomorfológico SGC de la Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017d)

Otra unidad definida en la cuenca son las vertientes, éstas han sido modeladas durante miles de años por procesos erosivos, desprendimientos y caídas de rocas, desgarres, deslizamientos rotacionales, flujos de lodo y escombros, dando como resultado laderas con superficies irregulares y pendientes elevadas (>30%), y drenaje dendrítico, salvo donde existe un control estructural.

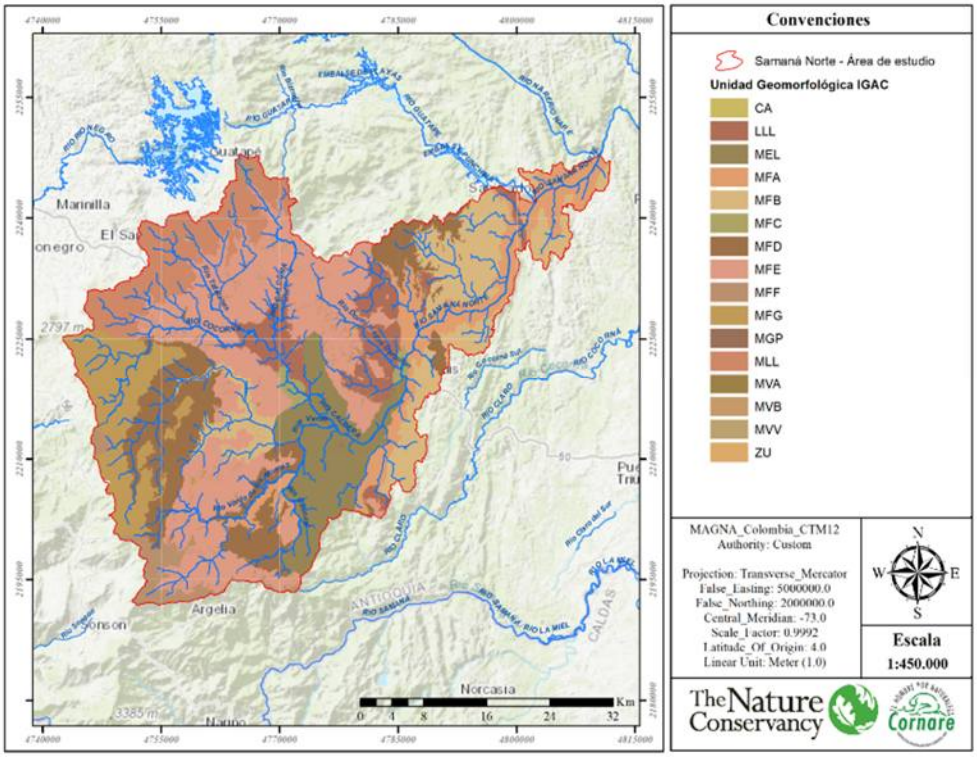
Las unidades de depositación se dividen en tres: (i) las vegas aluviales las cuales tienen una extensión mínima en la cuenca debido a las elevadas pendientes de los cauces encañonados y a las corrientes que inhiben la sedimentación, (ii) los depósitos torrenciales que se han acumulado en el fondo de los cañones y pueden reconocerse por el fondo plano de las cañadas y la ocurrencia de bloques de roca algunos de ellos con pátina negra y colonias de líquenes en su superficie, y (iii) vertientes sobre depósitos gravitacionales las cuales corresponden a acumulaciones desordenadas de limos, cantos y bloques de roca, localizados en la base de los escarpes y de las cuchillas.

Por otro lado, según los lineamientos del IGAC (Zinck, 2012) los cuales están enfocados a una definición de la geomorfología por criterios edafológicos (en relación con los suelos), se determina que las condiciones de relieve o modelado de la cuenca corresponden a un ambiente mixto estructural-denudacional, los elementos de litología-facies son complejos, pero pueden reducirse al regolito del núcleo ígneo metamórfico de la Cordillera Central, de tipo predominantemente limoso.

Este regolito tiene un espesor medio del orden de 70 m con una desviación estándar del orden de 30 m, salvo en las áreas con rocas calcáreas donde no se ha desarrollado suelo residual.

En la Figura 70 se muestra el mapa geomorfológico de la cuenca según los parámetros adoptados por el IGAC.

Figura 70. Mapa de la distribución de las unidades geomorfológicas según criterios edafológicos de Zinck a nivel de forma del terreno



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017d)

En la metodología para la elaboración de la geomorfología con fines edafológicos de Zinck se realizan actividades tales como: la línea base, generación de datos morfométricos, fotointerpretación, verificación en campo y control de calidad cartográfica. Además, se utiliza la leyenda geomorfológica propuesta por Zinck, de la cual se identifican 16 tipos diferentes de unidades geomorfológicas en el área de la cuenca, estas unidades están representadas por símbolos en el mapa de la Figura 70: ladera de Espinazos (MEL), ladera escarpada de filas y vigas (MFA), laderas de filas y vigas en material litológico metamórfico de anfibolitas (MFE), laderas de filas y vigas en material litológico metamórfico de gneiss y paragneis Migmatítico (MFB), laderas de filas y vigas en material litológico metasedimentario y sedimentario de Gneises, arcillolitas, areniscas y conglomerados (MFC), laderas de filas y vigas en material litológico metamórfico de esquistos (MFD), laderas de filas y vigas en material litológico ígneo de cuarzodioritas con cobertura continua de cenizas volcánicas (MFF), laderas de filas y vigas en material litológico metamórfico de esquistos, gneiss con cobertura de cenizas volcánicas (MFG), Cimas y laderas de Lomas y Colinas (MLL), Plano inclinado de glacís (MGP), Vega de vallecitos de montaña con sedimentos coluvio aluviales mixtos (MVV), Vega de vallecitos

de montaña con sedimentos heterogéneos mixtos coluvio aluviales (MVA), Vega de vallecitos de montaña con sedimentos aluviales heterogéneos y cenizas volcánicas (MVB), Laderas de lomas (LLL), cuerpos de agua (CA) y zonas urbanas (ZU).

7.1.7 *Gestión del riesgo*

Esta sección en el POMCA se encamina a la identificación de fenómenos amenazantes de origen natural en la cuenca hidrográfica, los cuales pueden afectar negativamente la biodiversidad y los ecosistemas, los asentamientos humanos y la infraestructura y también las áreas donde se desarrollan actividades productivas. Por ende, el objetivo de la gestión de riesgo es establecer medidas para evitar el deterioro de los recursos naturales, la afectación del desarrollo económico-social y evitar la configuración de nuevas condiciones de vulnerabilidad y riesgo.

La metodología implementada en la elaboración del Informe de Diagnóstico del POMCA incluyó la recopilación de reportes de antecedentes encontrados en siete fuentes: DESINVENTAR, DAPARD, UNGRD, SIMMA, dos fuentes de CORNARE y CORANTIOQUIA. Los datos fueron depurados según algunos criterios tales como su espacialización, georreferenciación, antigüedad y ocurrencia en periodos de tiempo. Con base en la información se determinaron cuatro eventos a los cuales se les realizó el análisis de gestión de riesgo: movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales. Así mismo se identificaron como detonantes de estos eventos las lluvias, condiciones geológicas, la minería, vendavales, socavación, errores humanos, entre otros.

Del procesamiento de la información recopilada se concluyó que los movimientos en masa predominan ampliamente en la cuenca sobre los demás tipos de eventos en municipios como Cocorná, San Luis, Sonsón y Granada, en menor medida se presentan en El Santuario y Puerto Nare, además son recurrentes los movimientos en masa reportados en la Autopista Medellín-Bogotá así como en varias vías de Sonsón, Granada y San Carlos, las áreas urbanas de San Francisco, San Luis y Sonsón. En segundo lugar, se ubican las inundaciones que se concentran principalmente en Puerto Nare, El Santuario y Sonsón y en menor medida en los municipios de San Luis y San Francisco, estos eventos también son comunes en las islas del Río Magdalena, en La Sierra, en la cabecera de San Carlos y en sectores rurales en general. Las avenidas torrenciales predominan en los municipios de Cocorná, Sonsón, San Carlos y San Luis. Y finalmente los incendios forestales predominan ampliamente en el Carmen de Viboral, Puerto Nare (altas temperaturas de en la zona), El Santuario, San Carlos, San Luis y Sonsón, estos tres últimos con baja participación.

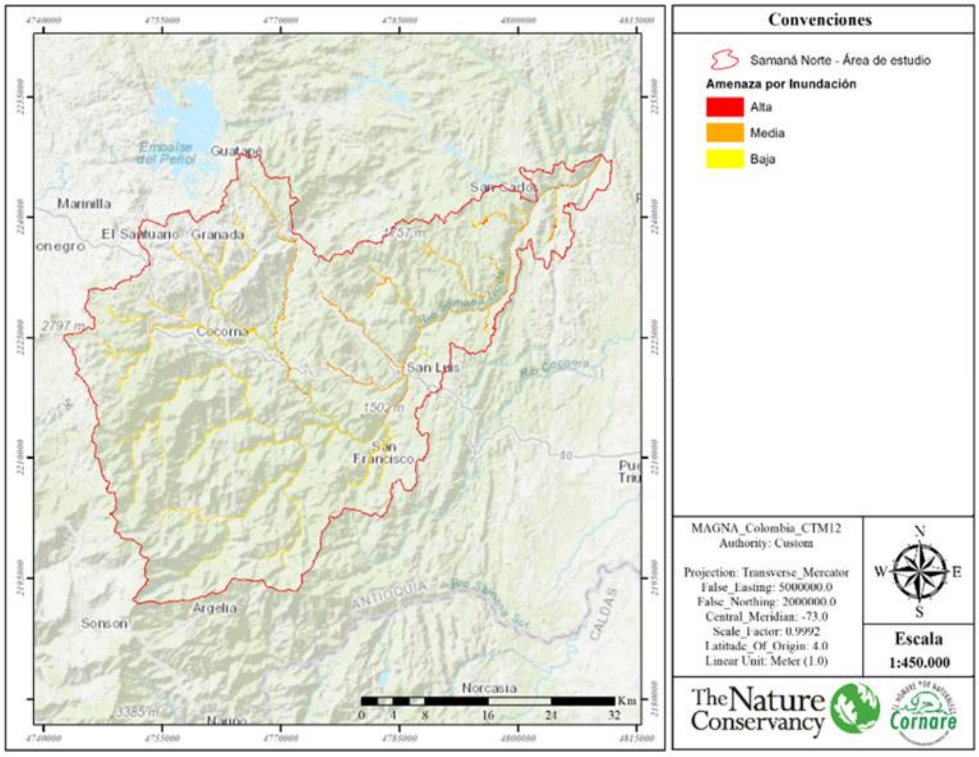
Luego del análisis de información secundaria se prosiguió a realizar los análisis de susceptibilidad y amenaza para los cuatro tipos de eventos: Inundaciones, Avenidas Torrenciales, Incendios de Cobertura Vegetal y Movimientos en Masa. Por el interés del presente proyecto sólo se describe a continuación el análisis de amenaza.

Inundaciones: La Cuenca del río Samaná Norte se caracteriza por sus pendientes moderadas a altas en su parte alta, mientras que en su parte media-baja predominan zonas con pendientes menores, donde se observan cañones del río conformados por el control estructural que presenta la cuenca. Estas áreas son surcadas por corrientes de agua que presentan crecientes e inundaciones cuyas manchas afectan algunos asentamientos humanos ubicados en las veredas y corregimientos del municipio de San Luis, y en Puerto Garza, los cuales presentan eventos cuyos efectos han obligado a las respectivas Alcaldías municipales y a las entidades ambientales, a realizar esfuerzos técnicos y

económicos con miras a solucionar estas problemáticas. En general se trata de inundaciones lentas que si bien han producido afectaciones importantes en bienes, infraestructura, no han tenido el poder destructivo que tienen eventos como las avenidas torrenciales.

La amenaza por inundación en la Cuenca del río Samaná Norte fue desarrollada a partir del análisis de eventos históricos, la geomorfología elaborada por el POMCA y el modelo de elevación digital-DEM. El mapa de amenazas por inundación obtenido del análisis es presentado en la Figura 71, en él se puede observar que las áreas de amenaza alta son muy pocas y predomina la amenaza media la cual corresponde a las planicies aluviales existentes.

Figura 71. Mapa de amenazas por inundación



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017f)

Del anterior mapa se concluye que las áreas en todo el sector oriental son las más bajas topográficamente y por ende son las que serán inundadas más fácilmente en eventos de crecientes. Posteriormente se ratificó la ubicación de las zonas de amenaza con trabajo de campo pero sólo la categorización general del terreno debido a que la escala del trabajo no permitía una delimitación a mayor detalle, de hecho, en el POMCA se hace hincapié en la importancia de desarrollar estudios a una escala más detallada.

Avenidas Torrenciales:

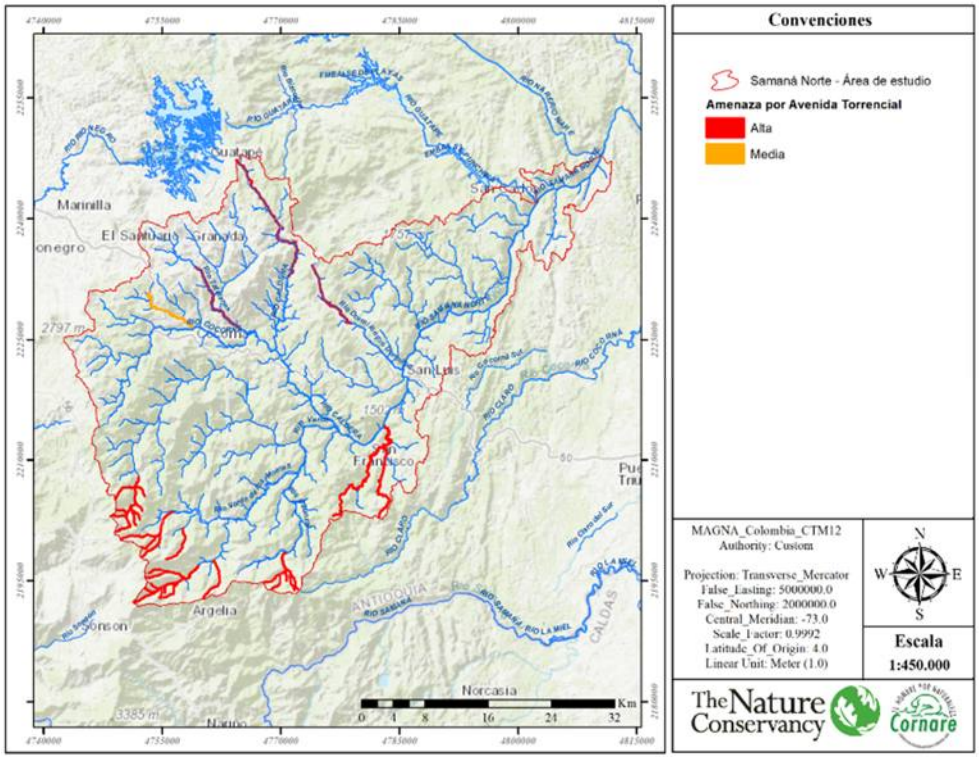
El Oriente Antioqueño tiene características particulares que contribuyen a la formación de morfologías como las superficies de erosión y los escarpes mencionados anteriormente. En algunos sitios especiales de la zona de escarpes se generan obstáculos orográficos para las masas de nubes

y de este modo son áreas aptas para la generación de avenidas torrenciales por episodios de lluvias extremas, al igual que en las grandes curvas de los cañones de los ríos.

En la región norte y sur de la cuenca del río Samaná Norte donde se encuentra el escarpe mayor del río Magdalena, es el lugar propicio para la generación de avenidas torrenciales puesto que se evidenciaban enjambres de cicatrices de movimientos en masa en las cabeceras de los ríos Dormilón y Calderas. También se observaron deslizamientos en los márgenes del río San Matías. Zonas inestables, identificadas en el trabajo de campo del POMCA, de menor tamaño y frecuencia se encontraron en los márgenes del río Tafetanes.

En el sector suroriental las cabeceras de algunos afluentes del río Verde mostraron claras evidencias de avenidas torrenciales causadas por enjambres de movimientos en masa que habían ocurrido recientemente (2005-2006 y 2012). Otro sector susceptible es el correspondiente a la curva pronunciada del río Samaná Norte aguas debajo de su confluencia con el río calderas, cerca del corregimiento de Aquitania (Figura 72).

Figura 72. Mapa de amenaza ante avenidas torrenciales



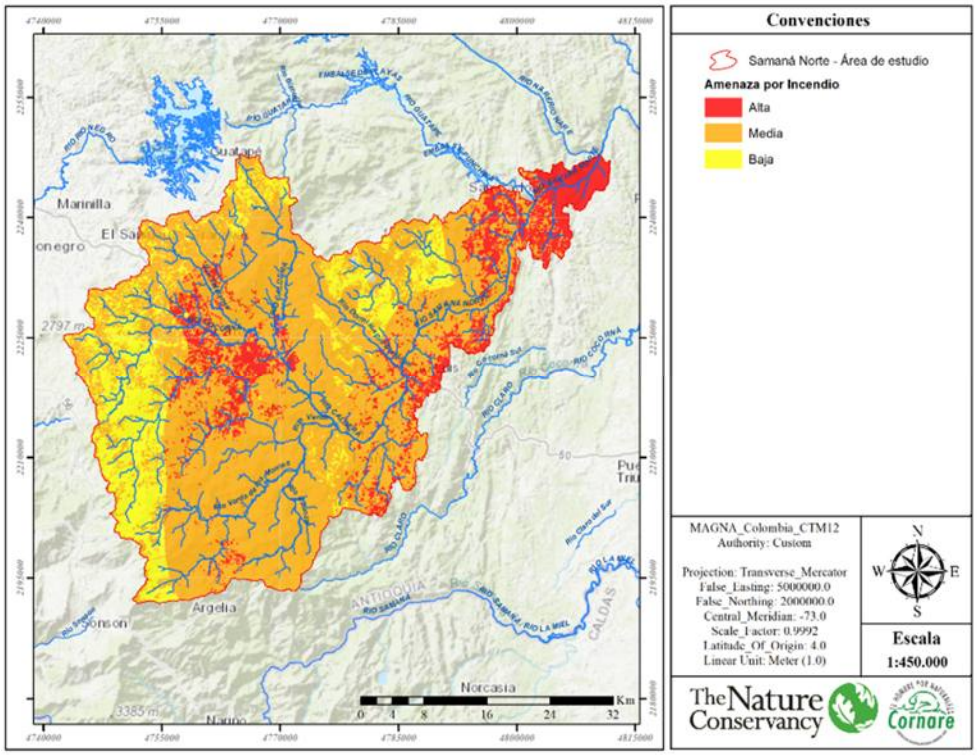
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017f)

En el mapa de la Figura 72 se puede observar que se presenta amenaza Alta por avenidas torrenciales en varias corrientes; la parte alta de los ríos Calderas, Santo Domingo, Dormilón, Chumurro, Verde, el río San Matías en su parte media, todo el río Tigrecito y las quebradas El Venado y San Pedro. Se marca como amenaza Media la parte media y baja de la quebrada La Chorrera en el municipio de Cocorná, en el cruce con el escarpe mayor del río Magdalena como elemento geomorfológico que contribuye al deslizamiento.

Incendios de Cobertura Vegetal:

Para la evaluación y zonificación de la amenaza por incendios forestales en el informe de diagnóstico del POMCA de la cuenca del río Samaná Norte se tuvieron en cuenta cinco factores: susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios, factores climáticos (precipitación y temperatura), factores del relieve, factor histórico y la accesibilidad a las vías. Los shapefiles con la información de estos factores se unieron y posteriormente se procedió a calcular la amenaza mediante una suma ponderada normalizada de las calificaciones de cada factor.

Figura 73. Amenaza por incendios forestales en la Cuenca del río Samaná Norte



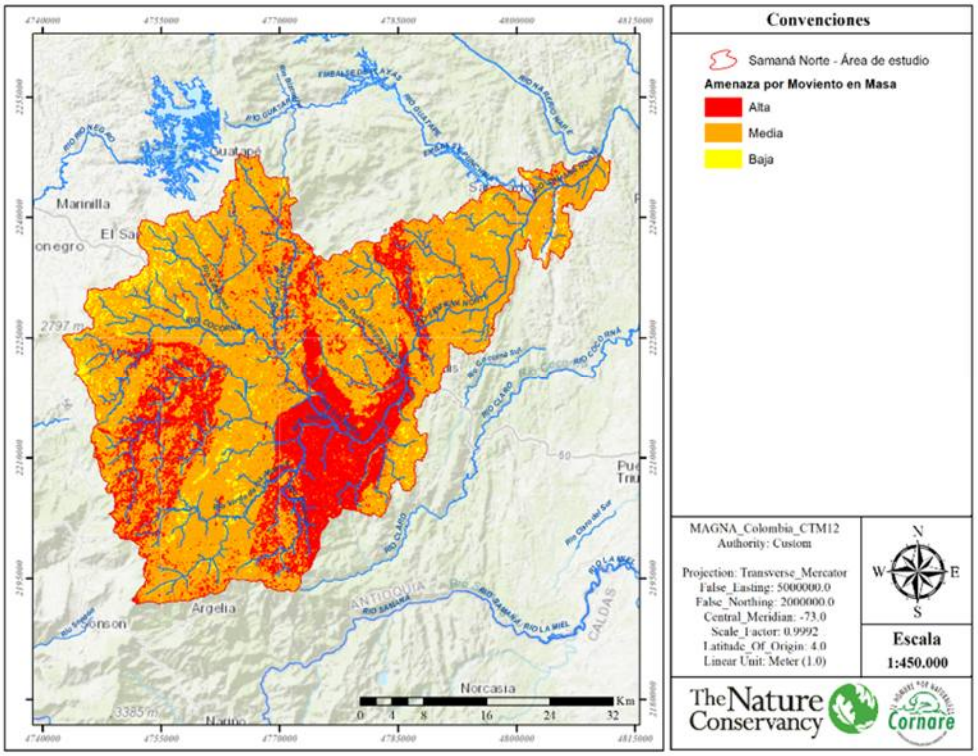
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017f)

La distribución de amenazas por incendios forestales teniendo en cuenta los cinco factores ya mencionados puede ser vista en el mapa de la Figura 73.

Movimientos en masa:

Como ya se mencionó en la sección de geomorfología, en la cuenca del río Samaná Norte se presentan condiciones naturales variables en general, desde geoformas como cañones hasta vertientes en áreas de la cuenca media. La susceptibilidad a movimientos en masa refleja estas condiciones intrínsecas del territorio, generando unas categorías altas y medias para la parte alta de la cuenca, y bajas en la parte media baja y zona de desembocadura (Figura 74).

Figura 74. Amenaza ante movimientos en masa en la Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017f)

La metodología implementada en el POMCA para el análisis de amenaza por movimientos en masa puede decirse que es la más compleja en comparación con las amenazas de los otros eventos, esto se debe principalmente a que en los registros históricos los movimientos en masa son más frecuentes y por lo tanto tienden a ocasionar más alteraciones. Siguiendo el Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas establecido por MINAMBIENTE en 2014, se realizaron una serie de pasos que involucran: la determinación de parámetros geológico-geotécnicos (cohesión, permeabilidad, etc.), la determinación de 10 escenarios teniendo como variables los niveles freáticos y la amplificación sísmica, el cálculo del Factor de Seguridad (FS), generación de mapas de amenaza para los diferentes escenarios y finalmente una normalización de todos los datos para la amenaza final.

Luego de realizar todos los cálculos y de analizar los escenarios propuestos se concluyó que el escenario que mejor refleja la condición del territorio, y que otorga una combinación técnicamente adecuada entre el periodo de retorno de lluvia y la sismicidad, es el escenario 5, con un periodo de retorno de 20 años (cuando en promedio el de la zona está entre 15-30 años) en combinación con la presencia de sismos, estas condiciones son las más aptas para la planificación ambiental del territorio.

El mapa de la Figura 74 corresponde al escenario 5, de él se puede extraer la distribución del área de las categorías de amenaza: la categoría Media predomina en la cuenca con 67%, seguida de la Alta con 25% y la categoría Baja con casi 7%. Estos resultados son consecuentes con la realidad del terreno de la cuenca, en el cual la mayoría de los movimientos están localizados en la parte alta de

la cuenca, jurisdicción de los municipios Sonsón, San Francisco y San Luis debido a una inadecuada intervención antrópica que se refleja en la apertura de taludes para viviendas y vías, ocupación de laderas de alta-media pendiente, un manejo de aguas residuales y de escorrentía inadecuado, entre otras.

Adicionalmente, dentro de los estudios de amenazas, vulnerabilidad y riesgos encontrados para los Municipios de la zona de influencia de la cuenca, se destacan los realizados por Cornare para algunos de los Municipios de su jurisdicción, que en este caso incluyen a Cocorná, Sonsón, San Francisco, Puerto Nare, San Luis, Granada, San Carlos, El Carmen de Viboral y El Santuario, en el año 2012, cuyos objetivos principales corresponden a la zonificación de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, y en la atención de las áreas afectadas por los eventos desastrosos ocurridos por la temporada invernal 2010 – 2011. De estos estudios se destaca la recopilación detallada, a partir de recorridos de campo, de las zonas afectadas durante la temporada invernal 2010 – 2011, donde se identifica la problemática presentada, se reconocen las causas de la misma y se plantean las recomendaciones de manejo orientadas a controlar, mitigar y recuperar las afectaciones encontradas por el evento desastroso.

La zonificación de amenazas se realiza a escala 1:25000 para el suelo rural y 1:5000 para las zonas urbanas, a partir de la combinación de las variables pendientes, materiales superficiales, precipitación y cobertura superficial, cuyo fin se centraba en la incorporación de dichos resultados en los diferentes instrumentos de planificación de dichos municipios.

Es importante resaltar que estos estudios fueron elaborados en el año 2012, y presentan zonificaciones de amenazas realizadas a partir de un enfoque geomorfológico basado en métodos heurísticos que difieren de los métodos estadísticos empleados en el POMCA y que corresponden a los actualmente recomendados, además que la época de los mismos, no se ajustan a los requerimientos establecidos en el Decreto 1077 de 2015, en lo que respecta a las metodologías a implementar en los estudios básicos de amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

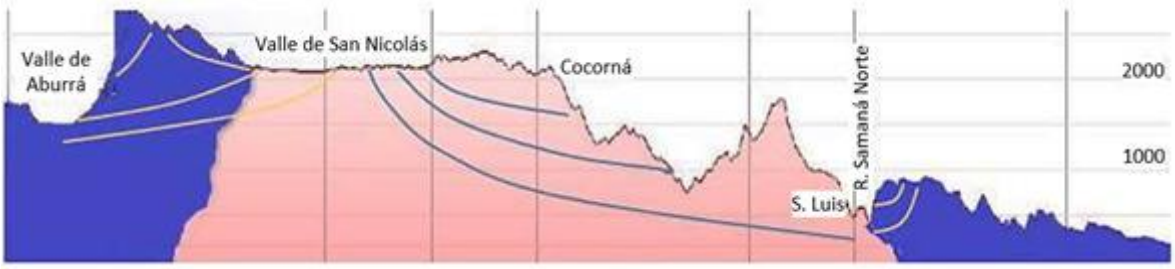
Teniendo en cuenta lo anterior, es que se considera que los estudios del POMCA corresponden a los más actualizados con respecto a esta temática, además que en la realización de este último fueron tenidos en cuenta los resultados y la información base de dichos estudios.

7.1.8 *Hidrogeología*

La Hidrogeología de Cuenca del río Samaná Norte no ha sido bien estudiada y la información más relevante al respecto se encuentra recopilada en el POMCA (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017c).

Las aguas subterráneas de la zona se originan por la precipitación que cae en los Valles de San Nicolás y La Unión, también en zonas de relieve bajo como Alejandría y San Roque, y en embalses como el de Guatapé. El potencial acuífero de la cuenca es limitado puesto que los depósitos aluviales y terrazas son muy someros (<15m) y además, las unidades geológicas no pueden constituir acuíferos dada su baja conductividad hidráulica, salvo en las zonas falladas y los depósitos aluviales y terrazas que conforman acuitardos. De esta manera se proponen en el POMCA cuatro unidades hidrogeológicas: Acuíferos libres en aluviones y terraza, acuitardos libres en suelos residuales, acuitardos en basamento rocoso y acuitardos salobres en basamento rocoso.

Figura 75. Modelo hidrogeológico regional



Fuente: Tomado de Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

El sistema hidrogeológico de la Figura 75 incluye, además de la cuenca del Río Samaná Norte, los valles de San Nicolás y La Unión, las cuencas de los ríos Guatapé y San Carlos, y la Superficie de Erosión de la Cordillera Central entre El Jordán y San Francisco. Él área de recarga se encuentra en los valles de San Nicolás y de La Unión, en los embalses de San Lorenzo, Jaguas y Punchiná y en la Superficie de Erosión de la Cordillera Central. El agua circula a lo largo de discontinuidades litológicas como diaclasas y zonas de fallas. Las fallas de Balseadero, Bizcocho y calderas son las más importantes en cuestión de la circulación de agua.

Analizando la vulnerabilidad de los acuíferos con las metodologías de DRASTIC (L et al., 1987), GOD (Foster & Hirata, 1987) y AVI (Van Stempvoort et al., 1992), se obtuvo que los resultados coinciden en la clasificación de vulnerabilidad muy alta debido a que están sometidos a contaminantes de la superficie de diversas fuentes como agroquímicas, excrementos de ganadería extensiva, etc.

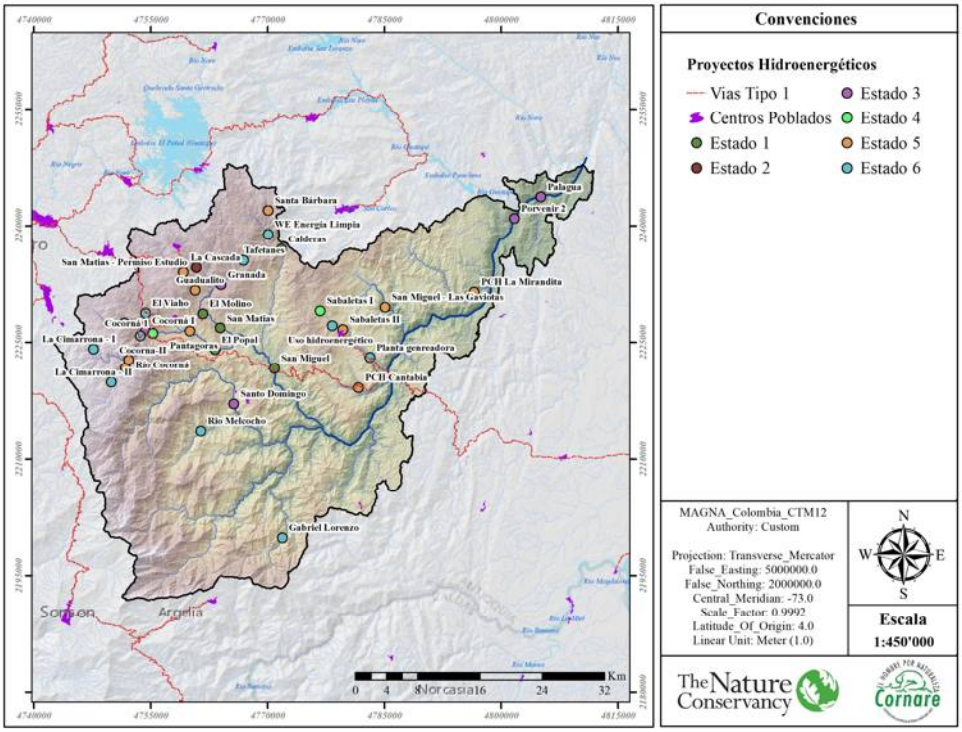
7.1.9 *Proyectos hidroeléctricos*

En la cuenca del río Samaná Norte se identificaron un total de 36 proyectos hidroeléctricos, los cuales se encuentran en diferentes estados de trámite, a saber:

- **Estado 1:** 6 proyectos hidroeléctricos en operación
- **Estado 2:** 1 proyecto en construcción
- **Estado 3:** 5 proyectos con licencia ambiental o concesión de agua
- **Estado 4:** 2 proyectos en diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental
- **Estado 5:** 11 proyectos en diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes
- **Estado 6:** 11 proyectos con licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos

En las Figura 76 se presenta la distribución de estos proyectos en cada uno de sus estados y en la Tabla 49 se consolidad sus datos.

Figura 76. Estado del trámite de los proyectos hidroeléctricos en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Tabla 49. Proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Norte

Expediente	Nombre	Modo de operación	Usuario	Este (m)	Norte (m)	Competencia	Estado
LAM3888	Calderas	Filo de Agua	ISAGEN S.A. E.S.P.	890894.6	1170902.7	ANLA	Operación
51481030217	Cocorná I	Filo de Agua	TABORDA VELEZ Y CIA S EN C	873452.1	1160381.8	Cornare	Licencia Ambiental
51972536516	Cocorná I	Filo de Agua	PRAMING Jorge Cuartas	874354.2	1160062.1	Cornare	Permisos de estudio vigentes
51971037321	Cocorna III	Filo de Agua	TABORDA VELEZ Y CIA S EN C	872882.8	1158296.0	Cornare	Tramite de licencia ambiental
51481024888	Cocorna-II	Filo de Agua	SOTECO S.A	872799.0	1159731.0	Cornare	Licencias negadas, archivadas o en caducidad
51971014062	El Molino	Filo de Agua	PCHS LOS MOLINOS S.A.S E.S.P.	880829.0	1162551.2	Cornare	Operación
51971005063	El Popal	Filo de Agua	Popal S.A.S. - E.S.P.	882402.6	1157942.3	Cornare	Operación
51970204588	El Viaho	Filo de Agua	HMV INGENIEROS LTDA	873716.0	1162632.0	Cornare	Licencias negadas, archivadas o en caducidad
57562530148	Gabriel Lorenzo	Filo de Agua	Gabriel Lorenzo	891115.5	1133732.2	Cornare	Permisos de estudio vencidos
51971034504	Granada	Filo de Agua	ENERGIA NACIONAL S.A.S	883144.2	1166303.1	Cornare	Licencia Ambiental
56971036020	Guadualito	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	879794.8	1165543.8	Cornare	Diagnostico en trámite
53130203889	La Cascada	Filo de Agua	INMAQ S.A.S E.S.P	879996.3	1168563.4	Cornare	Construcción
7027632	La Cimarrona - I	Trasvase	LA CIMARRONAS ESP	866795.0	1158027.0	Cornare	Licencias negadas, archivadas o en caducidad
7027632	La Cimarrona - II	Trasvase	LA CIMARRONAS ESP	869090.0	1153733.0	Cornare	Licencias negadas, archivadas o en caducidad
51971019893	La Hundida	Filo de Agua	HELIBERTO RAMIREZ RAMIREZ	870750.0	1161375.0	Cornare	Licencias negadas, archivadas o en caducidad
56491023192	Palagua	Filo de Agua	ISAGEN S.A. E.S.P.	924185.3	1177683.1	Cornare	Licencia Ambiental
51972537593	Pantagoras	Filo de Agua	Iconsult	879154.9	1160362.2	Cornare	Permisos de estudio vigentes
56602532238	PCH Cantabia	Filo de Agua	INGENIERIAS BASICAS	900844.9	1153092.2	Cornare	Permisos de estudio vigentes
51482537229	PCH La Confluencia	Filo de Agua	Aguas San Jose S.A.S	870875.1	1155604.0	Cornare	Permisos de estudio vigentes
56492532237	PCH La Mirandita	Filo de Agua	INGENIERIAS BASICAS	915664.7	1165453.4	Cornare	Permisos de estudio vigentes
56600209137	Planta genreadora de energía - Proyecto san Luis	Filo de Agua	ENERGIA LIMPIA Y SOSTENIBLE - LEON DARIO OROZCO	902300.0	1157000.0	Cornare	Concesiones negadas, archivadas o en caducidad
LAM4697	Porvenir 2	Embalse	ISAGEN S.A. E.S.P.	921364.9	1175751.3	ANLA	Licencia Ambiental
51482526119	Río Cocorná	Filo de Agua	Cimarrona SAS ESP	871334.9	1156602.2	Cornare	Permisos de estudio vigentes
51480209459	Rio Melcocho	Filo de Agua	HERNAN DARIO GOMEZ PÉREZ	880604.0	1147483.0	Cornare	Licencias negadas, archivadas o en caducidad
56601031344	Sabaletas I	Filo de Agua	PRAMING	895901.5	1162999.4	Cornare	Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado
56602535703	Sabaletas II	Filo de Agua	Empresa Taborda Vélez-Praming	898814.7	1160612.3	Cornare	Permisos de estudio vigentes
51971014109	San Matias	Filo de Agua	PCHS LOS MOLINOS S.A.S E.S.P.	883063.2	1160803.0	Cornare	Operación
53132531224	San Matias	Filo de Agua	JORGE ALBERTO SIERRA ARBOLEDA	878334.9	1167892.2	Cornare	Permisos de estudio vigentes

Expediente	Nombre	Modo de operación	Usuario	Este (m)	Norte (m)	Competencia	Estado
51971008174	San Miguel	Filo de Agua	CH SAN MIGUEL SAS ESP	890065.2	1155582.6	Cornare	Operación
56602531490	San Miguel - Las Gaviotas	Filo de Agua	Wilfer Dario Echeverri - WE Energia Limpia	904235.0	1163463.0	Cornare	Permisos de estudio vigentes
56492534473	Santa Bárbara	Filo de Agua	ANDRES JULIAN RODRIGUEZ GARCIA CLEAR WATER S.A.S	889214.8	1175902.4	Cornare	Permisos de estudio vigentes
8100416	Santo Domingo	Filo de Agua	EPM	884824.8	1150969.0	Cornare	Licencia Ambiental
53131029587	Tafetanes	Trasvase	ISAGEN S.A. E.S.P.	886060.0	1169458.8	Cornare	Operación
53132530815	Tafetanes-I	Filo de Agua	ENERGIA NACIONAL S.A.S E.S.P	887188.5	1170061.7	Cornare	permisos de estudio vencidos
56600204096	Uso hidroenergético	Filo de Agua	ENERGIA LIMPIA Y SOSTENIBLE - LEON DARIO OROZCO	897469.0	1161074.0	Cornare	Concesiones negadas, archivadas o en caducidad
53132530052	WE Energía Limpia. Wilfer Dario Echeverri Gomez	Filo de Agua	WE Energía Limpia. Wilfer Dario Echeverri Gomez	889195.8	1172832.8	Cornare	Permisos de estudio vencidos

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

7.1.9.1 Calderas

La central hidroeléctrica del río Calderas. Está ubicada en la vereda La Merced del municipio de Granada distante a una hora del casco urbano. Las obras de la central captan las aguas del río Tafetanes y las de Calderas y las desvían a través de un túnel hacia la quebrada Los Medios, afluente del río Calderas. Los caudales de los ríos Tafetanes y Calderas -cuyo promedio multianual es de 6,7 m^3/s, se turbinan en la central Calderas que dispone de una casa de máquinas superficial. Estas aguas se descargan a la quebrada La Arenosa, afluente del río San Carlos, a su vez tributario del embalse de Punchiná de la central San Carlos.

La desviación del río Calderas consta de una presa de concreto tipo gravedad de 25000 m^3 y 25 metros de altura en su parte más profunda, formando un embalse con una capacidad total de 330000 m^3. Las obras de captación están integradas por una estructura de toma equipada con rejas coladeras y una compuerta plana para operación en condiciones de presiones equilibradas, accionada por un malacate manual. La casa de máquinas es superficial e incluye dos turbinas tipo Pelton de eje vertical de 240 rpm, equipados con seis inyectores cada uno y una potencia nominal de 12,9 MW cada turbina y una capacidad instalada en la central de 26 MW (Cornare, 2009).

7.1.9.2 El Molino

El Proyecto Hidroeléctrico El Molino (antes denominado El Molino I) se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 95 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción de los municipios de Cocorná y Granada, en las veredas El Molino, Campo Alegre, Los Mangos, La Inmaculada y San Lorenzo del primer municipio; y en las veredas Quebradona Abajo y las Faldas de Granada. El Proyecto Hidroeléctrico El Molino, es un proyecto tipo filo de agua sin embalse, tiene una capacidad de 21 MW, para un caudal de diseño de 10 m^3/s y un salto neto de 238,4 m. Las obras de conducción tienen aproximadamente 3,4 km de longitud total.

7.1.9.3 El Popal

El proyecto se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 95 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción del municipio de Cocorná, en las veredas La Aurora, La Inmaculada, La Piñuela y San Lorenzo. El proyecto hidroeléctrico El Popal tendrá una capacidad instalada de 21,0 MW y una capacidad efectiva de 1,9 MW, para un caudal de diseño de 16,0 m^3/s y un salto neto de 146,9 m. Las obras de conducción tienen aproximadamente 3,2 km de longitud total. La casa de máquinas aloja dos unidades generadoras, cada una conformada por una turbina tipo Francis de eje horizontal, acoplada a un generador del tipo sincrónico de eje horizontal, con una velocidad de 720 rpm, para una capacidad instalada total de 21 MW.

7.1.9.4 La Cascada

El proyecto estará ubicado en el Municipio de Granada, ubicado a 77 Km de distancia de la ciudad de Medellín, entre las cuencas de los ríos San Matías, Cocorná y Calderas, afluentes de los embalses hidroeléctricos, sistemas denominados Tafetanes, Calderas y San Carlos. El relieve del Municipio pertenece al sistema montañoso de la cordillera central, con numerosas ramificaciones que separan las cuencas hidrográficas. La potencia instalada será 2,09 MW.

7.1.9.5 San Matías

El Proyecto Hidroeléctrico San Matías se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 95 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción de los municipios de Cocorná y Granada, en las veredas Los Mangos y la Inmaculada del primer municipio; y en las veredas La Arenosa y Las Faldas de Granada. El Proyecto Hidroeléctrico San Matías tendrá una capacidad de 21 MW, para un caudal de diseño de 10 m^3/s y un salto neto de 239,2 m. Las obras de conducción tienen aproximadamente 3,4 km de longitud total. El proyecto cuenta con dos turbinas tipo Francis de eje horizontal de 10,5 MW, cuya velocidad de rotación sería de 900 RPM.

7.1.9.6 San Miguel

El proyecto San Miguel se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 101 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción de los municipios de San Francisco y San Luis, en las veredas La Veta, La Lora y el Tagual del primer municipio y El Pescado del segundo. El proyecto hidroeléctrico San Miguel cuenta con una capacidad instalada de 42 MW, para un caudal de diseño de 35 m^3/s y un salto neto de 138 m. Las obras de conducción tienen aproximadamente 3,2 km de longitud total. El esquema de la casa de máquinas está compuesto por una sola caverna donde se alojan dos unidades generadoras, equipadas con turbinas tipo Francis de eje vertical con sus correspondientes generadores sincrónicos, y un banco de tres transformadores monofásicos ubicados a la entrada de la caverna. Cada unidad cuenta con una capacidad de generación de 21 MW.

7.1.9.7 Tafetanes

El Proyecto Hidroeléctrico Tafetanes aprovecha el caudal desviado del río Tafetanes para generar energía eléctrica con 4,3 MW de potencia instalada, a través de la construcción y operación de una pequeña central, aprovechando 356 m de salto bruto, con un caudal de diseño de 1,6 m^3/s proveniente del río Tafetanes. El proyecto cuenta con una turbina tipo Pelton para la generación.

7.1.10 *Planes turísticos municipales*

El Plan Estratégico Provincial no aporta suficiente información sobre la biodiversidad, solo menciona las amenazas que tienen la flora y la fauna en la Provincia del Agua, Bosques y Turismo (ABT), que está conformada por municipios que tienen área de influencia en la cuenca y por fuera de esta. Entre las amenazas se presentan las siguientes: deforestación por expansión de la frontera agropecuaria, deforestación por minería, especies invasoras con énfasis en el ojo de poeta *Thunbergia alata* y la trucha *Oncorhynchus mykiss*, cacería directa e indirecta, tráfico ilegal y contaminación. La Provincia ABT cuenta con 1735 especies de flora y 3965 especies de aves, anfibios, mamíferos, peces y reptiles, estas especies coinciden en algunos municipios (Provincia del Agua, Bosques y El Turismo, 2020). Las cifras presentadas sobre diversidad en el Plan Estratégico Provincial no concuerdan con las presentadas en el POMCA de la cuenca Samaná Norte, en especial, lo que refiere con la cantidad de especies animales que aumenta en más de dos veces la cifra de 1055 especies para este grupo de biodiversidad (Cornare & Corantioquia, 2017).

En el plan de desarrollo turístico del municipio de San Francisco se argumenta que no hay un inventario consolidado de los recursos naturales existentes de fauna y flora en su territorio, y proponen realizar inventarios de: aves, diversidad geológica, fauna y flora, a través de convenios con entidades especializadas, involucrando la comunidad de la zona y así generar mayor sentido de

pertenencia por sus recursos naturales, buscando su cuidado y protección. También lo ven impórtate como un factor para promover el turismo de naturaleza (J. Giraldo & Aisales, 2019).

El municipio de San Luis en su plan local de turismo apoyado por la empresa Celsia (González et al., 2018), menciona que: "existen estudios de la biología local desde inicios de la década del 80 del siglo XX, la información se encuentra dispersa en archivos de universidades y en documentos propios de los científicos que hicieron las investigaciones. En este sentido es necesario iniciar un proceso de recopilación de los inventarios de flora y fauna que valide la verdadera riqueza biológica existente en San Luis". Es de tener en cuenta que a pesar de que este plan local de turismo fue formulado luego del POMCA del Samaná Norte y de la presentación del estudio de impacto ambiental (EIA) del proyecto hidroeléctrico Porvenir II, la información no fue usada para documentar y fomentar el potencial biodiverso de San Luis y la cuenca del Samaná Norte. En cuanto a los ecosistemas acuáticos, no se encontraron comentarios sobre los peces, pero sí de 35 especies de reófitas que incluyen helechos, palmas, anturios, cordoncillos y muchas otras. Estas especies que mencionan en el plan local de turismo de San Luis fueron reportadas por el POMCA. y otros trabajos que se comentaran posteriormente sobre las reófitas.

7.1.11 *Fuentes de información biológica*

La información sobre la biodiversidad de Colombia esta recopilada por el sistema de información biológica (SiB Colombia), que consiste en una red nacional de datos abiertos sobre biodiversidad, que parte de la iniciativa de país y nace con el Decreto 1603 de 1994 como parte del proceso de creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA), establecido en la Ley 99 de 1993, y es el nodo oficial del país en la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (Global Biodiversity Facility Information - GBIF). Su principal propósito es brindar acceso abierto a la información sobre la diversidad biológica del país para la construcción de una sociedad sostenible. Además, facilita la publicación en línea de datos e información sobre biodiversidad, y promueve su uso por parte de una amplia variedad de audiencias, apoyando de forma oportuna y eficiente la gestión integral de la biodiversidad (*SiB Colombia*, 2021).

Teniendo en cuenta que GBIF recopila información de muchas fuentes que incluyen desde especímenes de museos recolectados en los siglos XVIII y XIX hasta fotos de teléfonos inteligentes geoetiquetadas compartidas por naturalistas aficionados, puede ser la base de datos más completa con registros comparables, comprobables y validados a nivel mundial que está en constante actualización. Para obtener la información sobre la biodiversidad de la cuenca Samaná norte, fue necesario extraer información de un total de 1´115.244 registros reportados desde 1801 al 2021, con información de 490 autores y 24750 taxones (*GBIF.Org*, 2021); luego, con el software libre de procesamiento de información geográfica (*QGIS*, 2021) se extrajeron 53352 registros publicados por 69 autores usando el polígono de la cuenca Samaná norte (Tabla 50). La biodiversidad registrada en GBIF para Samaná Norte corresponde a 3514 especies, 2398 de plantas, 13 de hongos y 1103 de animales donde se incluyen peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos, insectos, arañas, caracoles y cangrejos.

Tabla 50. Autores de los registros compartidos en *Global Biodiversity Facility Information* para la cuenca Samaná Norte

Etiquetas de fila	Plantae	Fungi	Animalia	Total
Arizona State University Biocollections	3		1	4
Asociación Primatológica Colombiana			1	1
Biodiversity Data Journal			1	1
Bioversity International	138			138
California Academy of Sciences	17		2	19
Carnegie Museums	24			24
Centre for Australian National Biodiversity Research	22			22
Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE)			7	7
Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT	173		16	189
Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad	15			15
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – Centro de Pesquisas do Cacau	2			2
Conare - Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare	2843		1489	4332
Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève - G	18			18
Cornell Lab of Ornithology			21362	21362
CSIC-Real Jardín Botánico	19			19
Dep. Biology, Univ. Autónoma de Madrid	10			10
Duke University Herbarium	8			8
European Nucleotide Archive (EMBL-EBI)			15	15
Fairchild Tropical Botanic Garden	2			2
Field Museum	4			4
GBIF-Sweden	5			5
Herbarium of the University of Aarhus	1			1
iNaturalist.org	61		578	639
Instituto Anchietano de Pesquisas/UNISINOS	1			1
Instituto de Botánica, São Paulo	6			6
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	1526	44	6935	8505
Instituto de Pesquisas Jardim Botanico do Rio de Janeiro	5			5
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazónia - INPA	5			5
Instituto Tecnológico Metropolitano			20	20
Isagen S.A.S.			489	489
Jardín Botánico del Quindío	1			1
Missouri Botanical Garden	2510			2510
MNHN - Museum national d'Histoire naturelle	1			1
Museo Entomológico de Comfenalco - Antioquia			91	91
Museo Nacional de Costa Rica	12			12
Museu Paraense Emílio Goeldi	5			5
Museum für Naturkunde Berlin			1	1
Museum of Comparative Zoology, Harvard University			2	2
National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	221			221
Natural History Museum, Vienna - Herbarium W	3			3
Naturalis Biodiversity Center	57			57
NTNU University Museum	2			2
Observation.org			20	20

Etiquetas de fila	Plantae	Fungi	Animalia	Total
Pl@ntNet	13			13
Plazi.org taxonomic treatments database	1		16	17
Pontificia Universidad Javeriana	31		34	65
Red Nacional de Observadores de Aves (RNOA)			6006	6006
Royal Botanic Gardens, Kew	2			2
Tasmanian Museum and Art Gallery	5			5
The International Barcode of Life Consortium	4		29	33
The New York Botanical Garden	351	1		352
UNIBIO, IBUNAM	22			22
Universidad Católica de Oriente	378		608	986
Universidad de Antioquia	4775		248	5023
Universidad de Caldas	32		2	34
Universidad de la Salle	16		4	20
Universidad de Nariño	7			7
Universidad del Quindío	24			24
Universidad del Valle			2	2
Universidad Icesi	2			2
Universidad Industrial de Santander	10			10
Universidad Nacional de Colombia	1427	1	471	1899
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia			1	1
Universidad de de São Paulo	1			1
Universidade Estadual de Feira de Santana	1			1
Universidad de Federal do Paraná	2			2
University of Michigan Herbarium	13			13
University of Texas at Austin, Biodiversity Collections	14			14
Xeno-canto Foundation for Nature Sounds			4	4
Total	**14851**	**46**	**38455**	**53352**

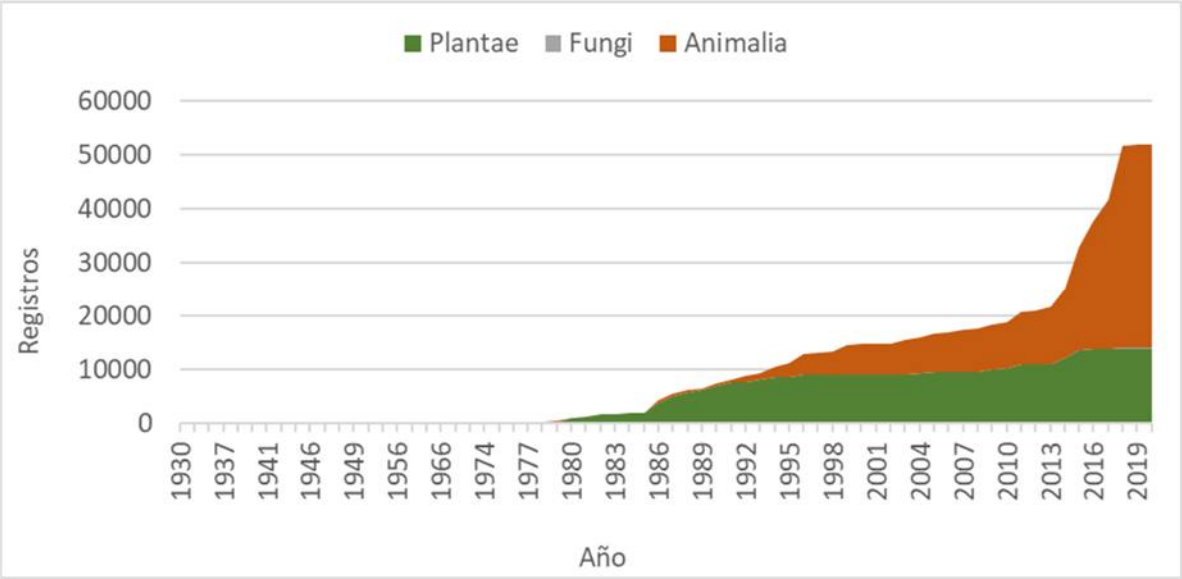
Fuente: Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org (2021)

Es importante aclarar que la información compartida en Global Biodiversity Information Facility (*GBIF.Org*, 2021) se basa en registros realizados desde el año 1930 hasta el año 2021, en muchos casos realizados por instituciones extranjeras y nacionales dedicadas a generar conocimiento sobre la biodiversidad global y nacional. El primer registro se realizó en 1930 el Missouri Botanical Garden con la planta *Monticalia ledifolia* en el municipio de San Carlos, después de este año los registros comenzaron a incrementar gracias a las universidades colombianas, al centro internacional de agricultura tropical (CIAT) y museos del exterior. A partir de la década de los 60s aparecen los reportes del Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH) que fueron generados por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA), ya que el instituto fue fundado en 1993.

Entre la década de los 80s y 90s el incremento en los registros es debido a los reportes realizados por más colecciones científicas de universidades nacionales además a instituciones internacionales, y en el año 2004 se evidencian los primeros registros de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare). En la Figura 77 se puede observar la diferencia en la cantidad y aumento en los registros, donde las plantas no incrementan significativamente la cantidad de registros, mientras los registros de animales hasta el año 2018 presentaron un incremento muy significativo, esto se atribuye a la observación de aves y nuevas tecnologías para el

registro de la biodiversidad como iNaturalist, la cual es iniciativa conjunta de la Academia de Ciencias de California y National Geographic Society a nivel internacional, y adoptada por el IAvH como herramienta de ciencia participativa que vincula a comunidades no científicas. El incremento significativo de los registros de aves es gracias a los reportes de la comunidad eBird que es coordinada por el laboratorio de Ornitología de Cornell desde el año 1994 y al avistamiento de aves como actividad de turismo de naturaleza.

Figura 77. Cantidad de registros acumulados reportados en Global Biodiversity Facility Information para la cuenca Samaná Norte



Fuente: Tomado de Global Biodiversity Facility Information

Los registros encontrados en GBIF pasan por varios procesos de revisión por parte de quienes originan los registros, pasando por ora revisión luego por entidades que sirven de nodo para acopiar los registros. En el caso de los aportes de origen nacional la revisión la realiza SiB Colombia, a nivel internacional hay otras entidades, por lo cual es una aproximación muy acertada sobre el estado de la biodiversidad mundial y de la cuenca Samaná norte. Cornare y Corantioquia son las corporaciones ambientales autónomas que en cooperación con el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) están encargadas de velar por la conservación y uso sostenible de los recursos naturales a nivel local y además les corresponde la revisión y actualización constante de estos registros ya que muchos han cambiado o actualizado su distribución espacial y clasificación taxonómica.

Otras fuentes de información sobre la biodiversidad de la cuenca Samaná Norte son los artículos científicos que han sido publicados con información de la cuenca de interés, y a su vez han sido insumo para las revisiones de los estudios de impacto ambiental, planes de turismo como en el municipio de San Luis y para el diagnóstico del POMCA. Entre los trabajos más mencionados se presenta la descripción de nuevas de especies de reófitas, tal es el caso de *Cuphea fluviatilis* que fue colectada por investigadores del herbario de la Universidad de Antioquia (UdeA) en el año 1987, pero la descripción como nueva especie se realizó el año 2009 en por el *Missouri Botanical Garden* a partir de una nueva colecta realizada durante 1990 en el río Samaná Norte, sobre la rivera izquierda cerca de la autopista Medellín Bogotá (Graham, 2009). La muestra colectada durante 1987

se había considerado que era la especies *Cuphea hyssopifolia* con distribución en la Amazonía, lo cual demuestra la importancia de los registros de las colecciones científicas y su constante revisión.

Otra nueva especie de reófita descrita recientemente fue la palma andina llamada *Aiphanes argos* colectada en el río Samaná Norte municipio de San Carlos en el año 2016 y publicada en el 2017 (Bernal et al., 2017). Esta publicación comenta que es una planta endémica de una pequeña área en el cañón del río Samaná Norte en Antioquia, donde se encuentra en peligro crítico, ya que sus poblaciones están amenazadas por el represamiento del río por el proyecto Hidroeléctrico Porvenir II. Y el trabajo que recopila la diversidad de reófitas de gran parte de la cuenca, fue llamado "*Rheophytes of the Samana´ Norte River, Colombia: A Hydroelectric Project Threatens an Endemic Flora"*, debido a la gran cantidad de especies encontradas en un tramo de 61,4 Km desde la confluencia de los ríos Melcocho y Santo Domingo, hasta la confluencia de los río Samaná Norte y Nare, donde se encontraron 58 especies de reófitas, de las cuales siente son consideradas especies nuevas y nueve son endémicas, proponiendo estas especies endémicas en estado de amenaza de peligro crítico (CR) debido a su distribución restringida menor de 10 Km^2. Los autores de estas investigaciones califican la cuenca del río Samaná Norte como la región con mayor diversidad de palmas reófitas del mundo (Hoyos & Bernal, 2018). La evidencia de la presencia de todas estas especies, además de estar en la región, también se encuentran en colecciones a nivel publicadas en sus bases de datos y compartidos en *Global Biodiversity Facility Information* (*GBIF.Org*, 2021).

En cuanto al inventario de los peces que habitan en los ecosistemas acuáticos del oriente de Antioquia se recopiló en un trabajo realizado durante el año 2008, donde presentan 103 especies como resultados de estudios de impacto ambiental que se encuentran almacenadas en bibliotecas de universidades, corporaciones autónomas regionales y empresas (Jaramillo et al., 2008a). Recientemente se han publicado listados e inventarios de los humedales del altiplano del oriente de Antioquia donde reportaron 9 especies, de las cuales 7 son introducidas a Colombia (J. García et al., 2018) y, en una revisión realizada para el municipio de Guarne, donde reportaron 11 taxones de los cuales dos son especies introducidas (Ospina, 2018).

Dentro de las otras fuentes de información encontradas, están los trabajos de bio modelación de especies realizadas por el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) y TNC, los cuales son aproximaciones a nivel de macrocuenca del río Magdalena que tratan de estimar la distribución de especies y atributos ecológicos clave como las zonas de reproducción de especies de peces migratorios o zonas de desove. En este caso, se encontró que los modelos generados por ambas instituciones para la cuenca Magdalena no contaron con suficientes elementos que permitieran conocer el real comportamiento de los peces en la cuenca Samaná Norte y se deben incorporar variables como la ubicación de las zonas de barrera naturales y antrópicas para la migración de los peces, colectas de ictioplancton en sitios claves de la cuenca cómo las barreras anteriormente mencionadas y la adecuada identificación del ictioplancton usando técnicas moleculares (López et al., 2018). La necesidad de ajustar estos modelos se basa en la importancia de conocer y conservar las áreas y distancias que necesitan nadar los peces para su ciclo vital, debido a la gran amenaza que hay sobre los afluentes del río Magdalena por la construcción de hidroeléctricas, contaminación y otras alteraciones antrópicas. Estos modelos pueden apoyar las decisiones de generadores o autoridades ambientales, por ejemplo, en el momento de diseñar, planificar y licenciar proyectos hidroeléctricos, dado que pueden emplearse para evaluar posibles alternativas de desarrollo y estimar sus impactos sobre las áreas de importancia para peces.

7.1.12 *Áreas protegidas*

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Norte, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las "Reservas Forestales Protectoras Regionales" (RFPR), que lo que buscan es que los ecosistemas boscosos mantengan su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito "Distrito Regional de Manejo Integrado" (DRMI), los cuales corresponden a espacios geográficos, en el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute. Actualmente figuran en la cuenca la RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, la RFPR Cañones de los ríos Melcocho y Santo Domingo, la RFPR Punchiná, la RFPR La Tebaida, el DRMI Las Camelias, el DRMI Cuchillas Los Cedros, DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé, el DRMI Sistema Viaho-Guayabal, el DRMI Cerros de San Nicolás y DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón. En la Tabla 51 se presenta el resumen de las áreas protegidas en la cuenca del río Samaná Norte de acuerdo con los actos administrativos presentados por Cornare en https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/.

Tabla 51. Áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte

Nombre	Acuerdo	Regional	Área (ha)
DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras	Acuerdo Corporativo 395 de 2019	Bosques	3,7
DRMI Cerros de San Nicolás	Acuerdo 323 de 2015 y Acuerdo 376 de 2018	Valle de San Nicolás	3,3
DRMI Cuchillas Los Cedros	Acuerdo Corporativo 329 de 2015	Valle de San Nicolás	277,9
DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé	Acuerdo Corporativo 268-2011, 294-2013, 370-2017, 384-2019 y 402-2020	Embalses	5,1
DRMI Las Camelias	Acuerdo Corporativo 328 de 2015	Embalses	5506,0
DRMI Páramo de Vida Maitamá - Sonsón (Páramo de Sonsón)	Resolución 493 de 2016 (MADS) y Acuerdo Corporativo 388 de 2018	Páramo	6955,4
DRMI Sistema Viaho – Guayabal	Acuerdo Corporativo 331 de 2015	Valle de San Nicolás	5148,1
RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo - (Páramo de Sonsón)	Resolución 493 de 2016 (MADS) - Acuerdo Corporativo 322 de 2014	Valle de San Nicolás	26349,5
RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa	Acuerdo Corporativo 324 de 2015	Bosques	15932,5
RFPR La Tebaida	Acuerdo Corporativo 327 de 2015	Embalses	6686,7
RFPR Punchiná	Acuerdo Corporativo 264 de 2011 y Acuerdo 320 de 2015	Embalses	142,2

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Por otra parte, en el trabajo liderado por el Instituto Alexander von Humboldt sobre las áreas clave para conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia se identificaron 139 áreas claves para la conservación (ACC), estas tienen las características para proteger la biodiversidad acuática que contienen una o más especies amenazadas (VU, EN, CR), en una superficie delimitada en función de la hidrografía, geomorfología, topografía, relieve y altitud, tal que le confiera una identidad fisiográfica y biogeográfica propia, con ecosistemas terrestres y

acuáticos asociados con especies determinantes, y ajustadas a zonas y subzonas hidrográficas definidas de forma jerárquica (C. Lasso, Córdoba, & Morales, 2017).

El drenaje del río Samaná Norte que hace parte de la cuenca del río Nare, está ubicado en el ACC - 13 medio Magdalena -Barranca - Honda, donde 12 especies de peces fueron las determinantes para la elección de esta zona (Mesa et al., 2017), de las cuales se reportan para la cuenca del Samaná Norte las siguientes 10: dorada (*Brycon moorei*), vizcaína (*Curimata mivartii*), pataló (*Ichthyoelephas longirostris*), comelón (*Megaleporinus muyscorum*), capaz (*Pimelodus grosskopfii*), bocachico (*Prochilodus magdalenae*), bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), picuda (*Salminus affinis*), blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y rollizo (*Characidium phoxocephalum*) (Cornare & Corantioquia, 2017).

También se proponen áreas claves de conservación para otros grupos de animales. Para los moluscos, se propone la ACC - 2 Nare Cocorná con la especie *Pomacea palmeri* como determinante en los municipios de El Carmen de Viboral, Granada, Cocorná y San Luis, los cuales hacen parte de la cuenca del Samaná Norte (C. Lasso & Córdoba, 2017). Por parte de los cangrejos, el ACC – 7 río Nare Las Mercedes con las especies determinantes *Phallangothelphusa juansei, Strengeriana antioquensis* y *Strengeriana flagellata* en los municipios de El Carmen e Viboral, Cocorná, Puerto Triunfo, San Francisco, San Luis y Sonsón (C. Lasso, Córdoba, & Campos, 2017). En cuanto a las tortugas se menciona el ACC – 4 Magdalena medio – río Negro y Carare, como la zona clave para las especies determinantes de *Podocnemis lewyana* y *Trachemys callirostris* (Morales et al., 2017), aunque para la cuenca del Samaná Norte solo se reporta la tortuga de río *Podocnemis lewyana* (Cornare & Corantioquia, 2017).

Las aves que prefieren los ecosistemas acuáticos quedaron en el ACC – ríos La Miel, Nare, Carare y Río Negro, donde la especie determinante fue *Chauna chavaria* (Diaz, Córdoba, Velasquez, et al., 2017); esta especie prefiere zonas más bajas y cenagosas en comparación a la cota mínima de la cuenca del río Samaná norte (137 msnm). En cuanto a los mamíferos, la zona del Magdalena medio de Antioquia no quedo dentro de un área clave de conservación a pesar de que el POMCA reporta la nutria *Lontra longicaudis* y la danta *Tapirus terrestres* (Diaz, Córdoba, Mosquera, et al., 2017).

7.1.13 *Información económica*

El diagnóstico económico para los municipios de la cuenca se realizó a partir de la revisión de información de fuentes oficiales como Censo Nacional de Población y Vivienda (DANE, 2018b), Anuario estadístico de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2018), Encuesta Calidad de Vida (Gobernación de Antioquia, 2019), Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (Agricultura, 2019), Censo Nacional Pecuario (ICA, 2020), Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Samaná (POMCAs et al., 2017); así como Planes de Desarrollo Municipales y Planes Turísticos Municipales.

7.1.14 *Plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH)*

Según el Decreto 1640 de 2012 el ordenamiento de una corriente depende de la estructura hidrográfica para la planificación y manejo del recurso hídrico, esto es consecuente con la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico (MAVDT, 2010). Como elementos estructurantes para la planificación es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: (i) ubicación del cuerpo de agua en la estructura hidrográfica de la cuenca, (ii) delimitación del área de trabajo: Cuenca hidrográfica,

(iii) localización y caracterización de las redes hidrometeorológicas y de calidad, (iv) revisión de instrumentos de planificación ambiental.

En la revisión del seguimiento del PORH y los objetivos de calidad de las fuentes receptoras de vertimiento de los 26 municipios de la jurisdicción de Cornare para el periodo 2016-2026 (de acuerdo con la resolución N° 112-5304-2016) (Cornare, 2016), se encontró que el río Samaná Norte presenta un aumento fluctuante de la carga contaminante, los usuarios domésticos son los que aportan la mayor cantidad de carga, los mayores aportes son generados por el municipio de San Carlos. En cuanto a usuarios del sector industrial no se observan grandes aportes en carga por parte de los usuarios a lo largo del tiempo.

El análisis de calidad en la cuenca del río Samaná Norte permitió caracterizar lo siguiente:

- **pH:** en el río Samaná Norte se encontraron potenciales de hidrógeno muy estables y tendientes a la neutralidad. Los valores obtenidos fueron de 7,1 unidades de pH; 6,98 unidades de pH; 7,22 unidades de pH; 7,23 unidades de pH para las estaciones sobre los ríos Cocorná (Estación El Ocho), Calderas (Estación Calderas), Samaná Norte (Estación La Garrucha) y Samaná (Estación Canal De Fuga). Estos valores indican una estabilidad en cuanto al pH y se asocian a una buena capacidad buffer. Los valores encontrados son adecuados en cuanto a la calidad ambiental del ecosistema acuático.
- **Oxígeno Disuelto:** el oxígeno disuelto (OD) y la saturación fueron altos, lo cual indica una excelente disponibilidad de este gas para los procesos metabólicos de los diferentes ríos de la cuenca. Los resultados obtenidos para las estaciones sobre los ríos Cocorná (Estación El Ocho), Calderas (Estación Calderas), Samaná Norte (Estación La Garrucha) y Samaná (Estación Canal De Fuga) fueron de 8,6 mg/L; 9,39 mg/L; 8,62 mg/L y 8,64 mg/L, respectivamente. Todos estos valores se asociaron con niveles de sobre saturación de oxígeno, lo cual se puede asociar con una muy buena capacidad de reaireación de la corriente y baja demanda de oxígeno para procesos de oxidación en los diferentes ecosistemas acuáticos analizados.
- **DBO:** sobre este parámetro se encontraron bajos registros de demanda de oxígeno en todos los puntos de monitoreo; lo cual guarda coherencia con las altas concentraciones de OD analizadas con anterioridad. El rango de variación para esta variable estuvo entre 1,43 mg/L y 8,1 mg/L. Los valores obtenidos se relacionan con baja presencia de materia orgánica susceptible de ser oxidada por vía aerobia mediante los microorganismos.
- **DQO**: los valores registrados para este parámetro también fueron bajos y presentaron un rango de variación entre 10 mg/L y 24,5 mg/L; correlacionando ambos parámetros (DBO y DQO) se observa una baja presencia de materia orgánica e inorgánica en los ríos que conforman la cuenca Samaná Norte, siendo la fracción más representativa los elementos inorgánicos que no son degradables por microrganismo. Los resultados obtenidos se asocian con fuentes hídricas con baja intervención antrópica y baja presencia de vertimientos de aguas residuales.

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** la carga de sólidos en suspensión sobre los ríos de la cuenca Samaná Norte fue baja, lo cual es indicativo de aguas claras con facilidad para los procesos fotosintéticos en la columna de agua. Para las estaciones sobre los ríos Cocorná (Estación El Ocho), Calderas (Estación Calderas), Samaná Norte (Estación La Garrucha) y Samaná (Estación Canal De Fuga) los resultados fueron de 10,2 mg/L; 26 mg/L; 21,6 mg/L y 15 mg/L, respectivamente. Estos valores se asocian a bajas turbiedades; bajo material en suspensión proveniente de procesos erosivos o de socavación de la corriente. Adicionalmente también se puede relacionar una baja presencia de vertimientos si se correlacionan los SST con parámetros como el OD, DBO y DQO analizados anteriormente.
- **Conductividad eléctrica**: en las estaciones monitoreadas sobre la cuenca Samaná Norte se registraron las siguientes condiciones: río Cocorná (Estación El Ocho) 40,4 uS/cm, Calderas (Estación Calderas) 45,4 uS/cm, Samaná Norte (Estación La Garrucha) 33,2 uS/cm, Samaná (Estación Canal De Fuga) 44,3 uS/cm. Estos resultados están asociados a una baja presencia de iones o sales en solución. En términos generales se aprecia una estabilidad espacial en el parámetro, sin diferencias relevantes entre los resultados analizados.
- **Coliformes fecales:** En todos los ríos estudiados sobre la cuenca Samaná Norte se registraron concentraciones de Escherichia Coli, algo típico debido a las características de este microrganismo. La variación espacial en las concentraciones fue amplia con registros de 3150 NMP/100 ml; 550 NMP/100 ml; 3000 NMP/100 ml y 200 NMP/100 ml en los ríos Cocorná (Estación El Ocho), Calderas (Estación Calderas), Samaná Norte (Estación La Garrucha) y Samaná (Estación Canal De Fuga), respectivamente. En términos generales las concentraciones son bajas en la mayoría de las estaciones monitoreadas.

Finalmente, en el PORH se establecen los objetivos de calidad, entendidos como el instrumento que establece lineamientos con la finalidad de disminuir la carga contaminante y determinar unos usos potenciales del agua para las corrientes objeto de ordenamiento. Estos objetivos se construyen en función de escenarios de simulación y teniendo en cuenta los diferentes planes que planifiquen el territorio y la cuenca. A continuación, se listan los objetivos de calidad del río Samaná Norte:

- Operar y mantener la PTARD para mantener su eficiencia mínima en 40% para DBO5 y 50% para Sólidos suspendidos totales con un 80% de cobertura para recuperar su calidad para usos diferentes al actual.
- Operar y mantener la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Granada para conservar su calidad, mantener la cobertura de tratamiento mayor a 90%. Incorporando a la PTARD los vertimientos que recibe la quebrada El Panteón
- Operar y mantener las Plantas de tratamiento de las aguas residuales del municipio de Cocorná para que operen con una eficiencia mínima del 40% en DBO5 y 50% en Sólidos Suspendidos totales y mantener siempre la cobertura del tratamiento superior al 90%
- Operar y mantener las Planta de tratamiento de las aguas residuales municipales de San Luís para que funcionen con una eficiencia mínima del 40% en DBO5 y 50% para Sólidos suspendidos Totales con una cobertura en tratamiento mayor a 80%.

- Operar y mantener la Planta de tratamiento del municipio de San francisco para alcanzar la eficiencia del 40% en DBO5 y 50% para Sólidos Suspendidos Totales con un 80% de cobertura en Tratamiento.

7.2 Cuenca del río Samaná Sur

7.2.1 *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica*

Tal y como se expuso en el numeral 7.1.1 sobre la importancia de los Planes de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrográficas (POMCA), el POMCA de la Cuenca del río Samaná Sur es un elemento fundamental de información para la realización del análisis de situación de la cuenca y la correlación de algunos de los indicadores de Sostenibilidad ya que contiene información al año 2017 de la caracterización detallada de los componentes ambiental, económica, social y cultural; el estado de conservación de las áreas protegidas, las problemáticas en torno al recurso hídrico, usos del suelo, así como de información cartográfica completa avalada por la Autoridad Ambiental como insumo para la realización y análisis para este estudio.

En forma de síntesis, en la Tabla 52 se presenta la línea base de los indicadores de la cuenca, la cual es producto de la caracterización de la cuenca, su estado situacional y los análisis de la síntesis ambiental, resultado de la fase de Diagnóstico; con el fin de mostrar una visión en términos generales del estado de la Cuenca para el año 2017 en temas de hidrología, geomorfología, calidad del agua, estado de las coberturas vegetales y áreas protegidas, sectores económicos, desigualdad y pobreza, entre otros.

Tabla 52. Consolidación Línea Base de Indicadores de la caracterización de la Cuenca del río Samaná Sur

Componente	Indicador	Resultado
Biofísico	Índice de aridez (IA)	El Índice de Aridez para la cuenca del río Samaná Sur, da como resultado valores entre 0,04 y 0,12, lo cual indica que toda la cuenca presenta altos excedentes de agua para el sostenimiento de los ecosistemas
	Índice de uso del agua superficial (IUA)	En condiciones de año medio el IUA se clasifica como Bajo para el 100% de la cuenca, indicando una baja presión sobre el recurso. Para condiciones de año seco, las subcuencas desde la parte media de la cuenca hasta el final aguas abajo, aumentan el IUA a Alto, siendo esta área un 66,7% de la cuenca. La parte media alta aumenta a un IUA moderado con un 25,58% de la cuenca y sólo la subcuenca del Río Dulce permanece en IUA Bajo.
	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	Todas las subcuencas que conforman la cuenca del río Samaná Sur presentan un Índice de Regulación Alto. La cuenca tiene buena capacidad de regular los caudales, lo cual favorece un abastecimiento de caudales en temporadas secas.
	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)	Para la cuenca la vulnerabilidad es baja en años medios, y en un 92,36% es moderada para año seco
	Índice de calidad de agua (ICA)	La calidad del agua en 12 de los 20 puntos monitoreadas (60%), es buena, con un índice de calidad el agua que varía entre 0,71 y 0,90. Calidad excelente se encontró en 7 puntos (35%) con un ICA mayor a 0,90, mientras que sólo un punto (5%) presentó calidad media. La estación con la calidad del agua más baja fue el punto 4, ubicada sobre la quebrada Cañada San Isidro, con un valor del ICA de 0,65. Este punto está ubicado después de las descargas de aguas residuales municipales de Argelia.

Componente	Indicador	Resultado
		También se puede observar que el 57% de las estaciones ubicadas antes de las descargas de ARD tiene un índice de calidad del agua excelente y un 43% una calidad buena. Sin embargo, la relación cambia luego de las descargas de aguas residuales, en donde se obtuvo que el 86% tiene calidad buena y el 14% restante calidad media. Lo anterior demuestra que los vertimientos de aguas residuales en la cuenca del río Samaná Sur, afectan la calidad del agua de las fuentes superficiales receptoras de estos.
	Índice de alteración potencial a la calidad del agua (IACAL)	El IACAL para el año de oferta hídrica media, presenta en todas las subcuencas unos niveles de presión entre "Baja" y "Moderada", siendo la presión "Moderada" las más frecuente, hallándose en el 62,5% de las subcuencas. El IACAL para el año seco refleja que las subcuencas presentan un nivel de presión entre "Moderada" y "Media Alta", en donde la presión "Media Alta" se identifica en el 56,3% de las subcuencas. La distribución espacial de los niveles de presión por subcuenca muestra que el mayor nivel de alteración potencial de la calidad del agua, tanto para año medio como para año seco, se presenta en la subcuenca del Río San Pedro – Quebrada Damas; mientras que las subcuencas con menor nivel de presión serían la de Río Dulce y Río Hondo. Es importante resaltar que una diferencia contundente entre la primera subcuenca (Río San Pedro – Quebrada Damas) con las últimas, es el grado de intervención antrópica, lo cual impacta direcatamente el nivel de cargas generadas y los niveles de presión obtenidos en el cálculo del IACAL.
	Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN)	Este indicador dio como resultado que la totalidad de las áreas de los municipios presentaron valores de cambio bajo, con valores tanto positivos como negativos, es decir, con ganancias o pérdidas de coberturas naturales.
	Índice de vegetación remanente (IVR)	El índice de vegetación remanente para la totalidad de la cuenca dio un valor de 61,3%, lo cual mostro que es un área parcialmente transformada de Sostenibilidad media (calificación 15).
	Índice de fragmentación	El análisis de fragmentación mostro que la mayor parte de la cuenca se compone de coberturas que generaron presión sobre las áreas remanentes de las coberturas naturales extendiéndose en el 36,8% del área, seguido de las áreas naturales sin presión y las coberturas naturales bajo presión (30,1%), mientras que las áreas neutras representaron apenas el 2,9% de la cuenca
	Indicador de presión demográfica-IPD	El índice de presión demográfica muestra que la totalidad de los municipios presentaron valores negativos, por lo tanto, todas las unidades expulsan población y la Sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse
	Índice de ambiente crítico-IAC	El índice de ambiente crítico mostro que la totalidad de las unidades presentaron una calificación de relativamente estable
	Porcentaje de área (ha) con coberturas naturales en las cuencas abastecedoras municipales o rurales	En cuanto a las áreas de intervención, se implementó actividades relacionadas con restauración en 75,4 ha en 2 de las 5 subcuencas abastecedoras de la cuenca del río Samaná Sur. La unidad que presentó las mayores áreas de intervención fue el Río San Julián con 60,4 ha (80%). De estas acciones las de tipo pasivo se extendieron en el 80% del área
	Porcentaje de área (ha) de áreas protegidas del SINAP	El total de las áreas protegidas incluyendo la reserva forestal Central declarada en la ley 2 de 1959 y reglamentada por la resolución 1922 de 2013, dentro de la cuenca del río Samaná Sur es de 64476,99 ha (60,65% del área de la cuenca).
	Porcentaje de área (ha) de ecosistemas estratégicos	El mapa de ecosistemas de la cuenca hidrográfica Samaná Sur, de acuerdo a la clasificación del IDEAM (2007), indica que el ecosistema vegetación secundaria del Orobioma Bajo de los Andes, presenta el mayor porcentaje de cobertura en esta cuenca. El área ocupada en la cuenca con este ecosistema es del 21,11% y los bosques naturales del Orobioma medio de los Andes representan el 19,74%. El área de cultivos anuales o transitorios y el área de cultivos semipermanentes y permanentes en el Orobioma bajo de los Andes es del 17,77% y 14,58% respectivamente. Contrastan los pastos en el Orobioma alto y los bosques naturales en el Orobioma bajo de los Andes, con el 5,4% y 5,21% respectivamente. Los demás ecosistemas tienen muy baja representatividad.

Componente	Indicador	Resultado
	Índice del estado actual de las coberturas naturales	La síntesis de los indicadores para la cuenca mostro como resultados que la totalidad de la cuenca se encuentra conservada
	Porcentaje de las áreas con conflictos de uso del suelo	En la cuenca el 78,22% del área se encuentra en conflicto por sobreutilización y por subutilización, así: Tierras con conflictos por subutilización (S): Subutilización ligera (S1): el 33,26% de las tierras cuyo uso actual es muy cercano al uso principal, por ende, a los usos compatibles, pero que se ha evaluado como de menor intensidad al recomendado. Subutilización moderada (S2): El 5,45% de las tierras cuyo uso actual está por debajo, en dos niveles de la capacidad de uso de la tierra principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras. Subutilización severa (S3): El 1,59% de las tierras cuyo uso actual está muy por debajo, en tres o más niveles de la capacidad de uso de la tierra de uso principal recomendada. Tierras con conflictos por sobreutilización (O): Sobreutilización ligera (O1): El 5,11% de las tierras cuyo uso actual está cercano al uso principal, pero que se ha evaluado con un nivel de intensidad mayor al recomendado y por ende al de los usos compatibles. Sobreutilización moderada (O2): El 10,27% de las tierras en las cuales el uso actual se encuentra por encima, en dos niveles, de la capacidad de uso de la tierra principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras. Es frecuente encontrar rasgos visibles de deterioro de los recursos, en especial la presencia de procesos erosivos activos. Sobreutilización severa (O3): El 21,14% de las tierras en las cuales el uso actual supera en tres o más niveles, la clase de la capacidad de uso de la tierra principal recomendado, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos, tales como procesos erosivos severos, disminución marcada de la productividad de las tierras, procesos de salinización, entre otros.
Socioeconómico y Cultural	Estado de servicios sociales básicos	Cobertura de Salud Antioquia 2013- Caldas 2014: Municipios de Antioquia 75%, Norcasia 39% y Samaná 6,8%; Población sin cobertura de salud: Entre el 10% y 20%. El acceso a los servicios de salud requiere de grandes desplazamientos para la población ubicada en lo rural disperso, esta realidad se ve contrarrestada con la presencia de centros de salud en algunos corregimientos que no se encuentran en la cuenca con los que existen conexiones viales. El acceso a servicios especializados se realiza mediante el traslado a Medellín, La Dorada o Manizales de acuerdo a las posibilidades de conectividad vial que ofrece la cuenca. La incidencia de enfermedades vehiculizadas por agua o transmisibles por vectores es baja; las intoxicaciones por uso de agroquímicos comportan indicadores elevados en los municipios que componen la cuenca superando ampliamente el promedio departamental y de las subregiones del Oriente antioqueño a la que pertenecen Sonsón, Argelia y Nariño, Alto Oriente Caldense a la que pertenecen Samaná y Pensilvania y el Magdalena Caldense –Norcasia-
		Cobertura educativa bruta 2015: primaria 96%, secundaria 88%. La cobertura educativa primaria es casi universal, el acceso a la misma se facilita por la existencia de establecimientos educativos en casi todas las veredas de la cuenca y todos los centros poblados, a pesar de lo anterior, para algunos estudiantes implica grandes desplazamientos de los establecimientos educativos a la vivienda, esto en correlación con el temprano acceso de niños y jóvenes a las actividades de producción fomenta la reducción de la cobertura educativa secundaria. El acceso a la educación superior es prácticamente nulo en la cuenca pues implica el traslado permanente a Sonsón, Manizales, Medellín o la Dorada.
		Tasas de analfabetismo Antioquia 2013- Caldas 2014: Entre el 9,23% y 23,22%. Las tasas de analfabetismo de la población de la cuenca son elevadas, especialmente en los municipios de Caldas; el indicador se eleva conforme aumenta la edad, esto indica una ampliación de la oferta educativa en las últimas décadas en los municipios de ambos departamentos.
		Déficit De vivienda 2005: 49,62% de las viviendas en déficit. El mayor déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda se presenta en el sector rural y evidencia condiciones de hacinamiento, construcciones en materiales inadecuados y la ausencia de intervención estatal con programas de vivienda. La utilización de materiales como la madera y la pervivencia de pisos en tierra son algunas de las mayores problemáticas de las viviendas de la cuenca.
		Cobertura de acueducto Antioquia 2013- Caldas 2014: 37,43%

<table>
<tr><th>Componente</th><th>Indicador</th><th>Resultado</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>La cobertura de acueductos a nivel rural es baja, la elevada distancia entre viviendas, la ausencia de programas de extensión de redes en centros poblados y la disponibilidad de fuentes de agua en la propiedad rural son los factores más influyentes en este fenómeno.
Las cabeceras municipales (Argelia y Nariño cuentan con una cobertura cercana al 100% gestionada por empresas de servicios locales; a nivel rural las coberturas se logran mediante una red de acueductos veredales que gestionan recursos y se encargan del mantenimiento de la infraestructura y la expansión de redes.
La baja concurrencia de enfermedades de origen hídrico o generadas por el consumo de agua o alimentos contaminados demuestra que, a pesar de la baja cobertura de acueducto en la cuenca, la calidad del agua para consumo humano es aceptable, esto se da gracias a prácticas como el cerramiento y mantenimiento de las bocatomas de agua y la extensión de hábitos saludables en torno al consumo del líquido.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Viviendas con energía eléctrica: 87%.
La cobertura de energía es elevada incluso en las áreas rurales dispersas; en la zona baja de la cuenca cercana al encuentro con el río la miel las veredas de Sonsón y Norcasia se encuentran muchas viviendas sin cobertura de energía eléctrica, esto obliga a la utilización de gas propano, en su ausencia se utilizan los recursos madereros de la zona con el agravante que es el área de la cuenca donde hay una menor cantidad de coberturas vegetales.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Saneamiento básico Antioquia 2013-Caldas 2014: Viviendas con alcantarillado 24,59%; Viviendas sin conexión a pozo séptico o alcantarillado: 45%.
Apenas un cuarto de las viviendas tienen acceso a alcantarillado, estas se encuentran en las cabeceras urbanas de Argelia y Nariño y centros poblados que tienen sistemas de disposición de residuos en red, es de aclarar que al momento no existen plantas de tratamiento de aguas residuales; el sistema privilegiado para saneamiento básico de la cuenca es el de pozos sépticos, sin embargo, el 55% de las viviendas no disponen de saneamiento básico lo que se convierte en una fuente de vertimientos a las fuentes de agua.</td></tr>
<tr><td></td><td>Demografía</td><td>Tasa de crecimiento poblacional proyectada 2005-2015:
<table><tr><th>Municipio</th><th>Tasa de crecimiento Proyectada 2015-2020</th></tr><tr><td>Argelia</td><td>-0,016</td></tr><tr><td>Nariño</td><td>0,012</td></tr><tr><td>Sonsón</td><td>-0,01</td></tr><tr><td>Norcasia</td><td>-0,008</td></tr><tr><td>Pensilvania</td><td>-0,0001</td></tr><tr><td>Samaná</td><td>0,0002</td></tr></table>
Para el periodo de 2005 a 2015 solamente los municipios de Samaná y Nariño proyectaban crecimiento de su población, los restantes decrecen; Argelia y Sonsón de forma acelerada, Norcasia y Pensilvania de forma más pausada. Para el periodo de tiempo analizado todos los municipios tienen crecimiento natural a la vez, su saldo migratorio es negativo.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Densidad poblacional 2013: 33,92 Hab/km^2; Argelia, Nariño y Pensilvania tienen las densidades poblacionales más elevadas, los dos primeros por la gran cantidad de población en sus cabeceras urbanas, además de centros poblados como Arboleda y Pueblo Nuevo en Pensilvania y en el caso de Nariño Puente Linda y Puerto Venus; las densidades poblacionales para la cuenca tienen un indicador menor que el de los municipios, debido al vasto territorio que la compone en relación con la población allí asentada.</td></tr>
<tr><td></td><td>Desigualdad y pobreza</td><td>GINI Ingresos entre 0,522 y 0,801. Vulnerabilidad socio ambiental: nivel alto a crítico del 64,4% de su territorio, solo en el 7,55% del territorio arroja baja vulnerabilidad socio ambiental de las personas. Por su parte, el 2,21% del territorio podría ser jalonador de mejores condiciones por su estado de baja vulnerabilidad.</td></tr>
<tr><td></td><td>Seguridad alimentaria</td><td>Nivel Medio de seguridad alimentaria ISA: 0,75, correspondiente a una calificación media.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>En la Cuenca la desnutrición crónica de niños menores de 4 años está entre el 9,77% hasta el 14,8%.</td></tr>
<tr><td></td><td>Sistema cultural</td><td>Presencia de un número significativo de organizaciones sociales y comunitarias activas en el territorio.</td></tr>
</table>

Componente	Indicador	Resultado
	Porcentajes de áreas de sectores económicos	Los pastos son el 33,18% de los usos económicos del suelo.
		Bosques 61,29%.
		Cultivos permanentes y transitorios 3,62%
		Minería 0,29%.
		Asentamientos rurales, infraestructura y tejido urbano el 0,12%.
		Plantaciones forestales 0,12%.
	Distribución de la propiedad rural	El coeficiente de GINI de la cuenca se sitúa en un valor de 0,72, lo que muestra que, comparativamente con el índice del departamento de Antioquia (0,81) y Caldas (0,82), en la cuenca existe una menor inequidad en la distribución de la tierra rural. Sin embargo, este valor es distante a la situación ideal de perfecta distribución de la tierra (0), dada la primacía de pequeños predios (fraccionamiento) en cuanto a número, a la par que existen menos predios de más de 20ha que ocupan la mayor parte del territorio.

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017i)

Es de resaltar que la fase de Prospectiva y Zonificación Ambiental es de gran importancia para la elaboración y análisis situacional de la Cuenca del río Samaná Sur, ya que esta fase tiene como objetivo proporcionar información referente a las áreas de interés estratégico para la conservación del recurso hídrico, las áreas de amenaza y las tendencias de desarrollo económico; mediante el diseño de escenarios futuros del uso coordinado y sostenible del suelo, de las aguas, de la flora y de la fauna presente de la cuenca, a partir de la correlación de los componentes de geología, capacidad de uso del suelo, coberturas naturales, biótico, hidrología, calidad del agua, social, económico y gestión de riesgo presentes en la cuenca. De esta forma, desde la revisión de documentos técnicos y científicos y las verificaciones en campo permite identificar dinámicas que van acorde o entran en conflicto con el escenario prospectivo y Zonificación Ambiental y por ende la Sostenibilidad de la cuenca.

A continuación, en la Tabla 53 se presenta la Prospectiva y Zonificación Ambiental al año 2032 de la Cuenca del río Samaná Sur en donde se exponen la categoría de ordenamiento Conservación y Protección Ambiental integrada por áreas destinadas a la protección complementarias para la conservación, por amenazas naturales, por importancia ambiental y por restauración ecológica; asimismo, la categoría de ordenamiento Uso Múltiple integrada por áreas destinadas a la restauración para la producción, áreas de producción agrícola y agropecuaria sostenible, áreas urbanas y por último áreas con licencia ambiental.

Tabla 53. Categoría de Ordenamiento y áreas de la Zonificación Ambiental de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Sur

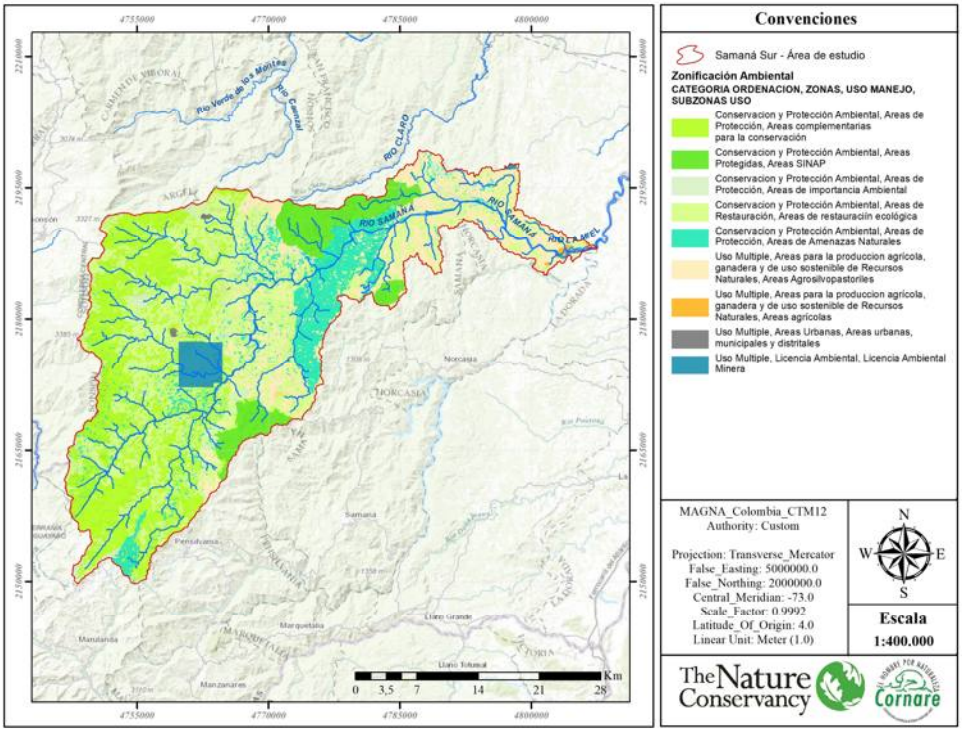
Categoría	Zona uso y manejo	Subzona uso y manejo	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Conservación y Protección Ambiental	**Áreas de Protección**	**Áreas complementarias para la conservación**	AICAS	151,10	0,13%
			Ley Segunda	17694,50	15,18%
			Ley Segunda - Tipo A	12371,87	10,61%
		Áreas de Amenazas Naturales	Por Amenaza Inundación Alta	279,41	0,24%
			Por Amenaza Inundación y Mov Masa Alta	45,31	0,04%
			Por Amenaza Mov Masa Alta	13099,36	11,24%
		Áreas de importancia Ambiental	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	15,88	0,01%
			Cuerpos de Agua Naturales	33,56	0,03%
			Humedales	35,46	0,03%

Categoría	Zona uso y manejo	Subzona uso y manejo	Descripción	Área (ha)	Área (%)
			Microcuenca Abastecedora	498,89	0,43%
			Otras subzonas de importancia ambiental	608,54	0,52%
			Paramos	727,43	0,62%
			Sistemas forestales protectores (FPR)	1376,20	1,18%
	Suma Áreas de Protección			**46937,52**	**40,26%**
	Áreas de Restauración	**Áreas de restauración ecológica**	Restauración ecológica	42241,46	36,23%
	Suma Áreas de Restauración			**42241,46**	**36,23%**
	Áreas Protegidas	**Áreas SINAP**	Distrito Manejo Integrado	730,28	0,63%
			Parque Natural	2685,48	2,30%
			Preservación SINAP	3104,24	2,66%
			Reserva Forestal Protectora	96,32	0,08%
			Reserva SINAP	19,72	0,02%
			Restauración SINAP	1042,12	0,89%
			Uso Sostenible SINAP	1336,48	1,15%
	Suma Áreas Protegidas			**9014,64**	**7,73%**
Suma Conservación y Protección Ambiental				**98193,61**	84,23%
Uso Múltiple	**Áreas para la producción agrícola, ganadera y de uso sostenible de Recursos Naturales**	**Áreas agrícolas**	Cultivos permanentes intensivos (CPI)	28,23	0,02%
			Cultivos transitorios intensivos (CTI)	68,11	0,06%
			Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	230,79	0,20%
		Áreas Agrosilvopastoriles	Pastoreo extensivo (PEX)	653,43	0,56%
			Pastoreo semi-intensivo (PSI)	3,58	0,00%
			Sistema forestal productor (FPD)	11514,03	9,88%
			Sistemas silvopastoriles (SPA)	3046,93	2,61%
	Suma Áreas para la producción agrícola, ganadera y de uso sostenible de Recursos Naturales			**15545,10**	**13,33%**
	Áreas Urbanas	**Áreas urbanas, municipales y distritales**	Áreas urbanas, municipales y distritales	190,55	0,16%
	Suma Áreas Urbanas			**190,55**	**0,16%**
	Licencia Ambiental	**Licencia Ambiental Minera**	Licencia Ambiental Minera	2648,91	2,27%
	Suma Licencia Ambiental			**2648,91**	**2,27%**
Suma Uso Múltiple				**18384,56**	**15,77%**
Total general				**116578,17**	**100,00%**

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017l).

En la Figura 78 se observa el mapa de Zonificación Ambiental de la Cuenca del río Samaná Sur con sus respectivas categorías de ordenamiento de Conservación y Protección Ambiental y de Uso Múltiple. De acuerdo con los resultados del POMCA, las áreas destinas a la conservación y protección ambiental corresponden a un 84% del área del total de la cuenca debido a áreas complementarias para la conservación y áreas de protección por amenaza natural de movimientos en masa.

Figura 78. Zonificación Ambiental Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017l).

En cuanto a las áreas protegidas presentes en la Cuenca del río Samaná Sur, se encuentra el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Laguna de San Diego con una representatividad en la cuenca del 730,28 ha; el DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras (con 1989,6 ha), el DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón (con 17210,7 ha), el Parque Nacional Natural (PNN) Selva de Florencia con 2685,48 ha y la Reserva Forestal Protectora (RFPR) Chuchilla del Tigre, Calón y La Osa con 5593,91 ha; siendo el área protegida con mayor área en la cuenca.

A partir de la revisión del POMCA del río Samaná Sur se determinó que la cuenca presenta alta oferta hídrica, reflejada en un rendimiento hídrico promedio en la cuenca para año medio de 85,6 l/s/km2. Los máximos rendimientos se localizan en parte media de la cuenca en los ríos Hondo, quebrada El Pozo, río La Paloma y Negrito, con valores que oscilan entre 90 a 100 l/s/km2 y los menores rendimientos se presentan en la parte alta en las subcuencas del Río Samaná, Quebrada La Iguana y San Pedro, con un rendimiento de 70 l/s/km2. Estos valores son un reflejo de la alta precipitación que se presenta en la cuenca. Según el índice de regulación estimado en el POMCA todas las subcuencas que conforman la cuenca del Río Samaná Sur presentan un Índice de Regulación Alto (En términos generales esto indica que la cuenca tiene buena capacidad de regular los caudales). Sin embargo, se debe considerar el efecto de la variabilidad interanual en la hidrología y la capacidad de regulación de la cuenca, ya que el máximo rendimiento hídrico para condición seca es de 51 l/s/km2 lo que representa una reducción aproximada del 54% en comparación a los rendimientos máximos en condiciones medias.

La disminución del rendimiento hídrico en condiciones secas puede generar conflictos de uso, por esta razón, es prioritario identificar los usuarios y el tipo de uso del agua que se da en la cuenca. En el POMCA se determinó que la demanda hídrica según los usos del agua es: generación hidroeléctrica (9476 l/s), uso piscícola (3,13 l/s), uso recreativo (4,27 l/s), uso doméstico (32,06 l/s), uso pecuario (0,074 l/s), uso agrícola (0.062 l/s) y uso industrial (120,91 l/s). El sector que mayor cantidad de agua demanda es el sector de generación de energía hidroeléctrica, esta demanda hídrica corresponde principalmente a los proyectos de generación PCHs, dos en la subcuenca del río La Paloma y una tercera en la subcuenca del río San Pedro-Qda, todos estos dentro de lo que se denomina generación a filo de agua, o sin embalse de almacenamiento.

A partir de índice de uso en la cuenca para las condiciones más críticas (condición seca) se determinó que el uso es alto en el 66,7% de la cuenca, en el 25,58% del área el IUA es moderado y en sólo la subcuenca del Río Dulce se obtiene un IUA Bajo. Este incremento en la presión se debe a la disminución drástica de la oferta disponible en año seco. Frente a la vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH) para condición crítica se determinó que el 92,36% de la cuenca presenta una vulnerabilidad media y el porcentaje restante una vulnerabilidad baja.

En cuanto a la calidad del recurso hídrico, se determinó a partir del índice de alteración potencial de la calidad del agua para el año de oferta hídrica media, que en todas las subcuencas el nivel de presión oscila en las categorías Baja y Moderada, siendo la presión Moderada la más frecuente (62,5%), estos resultados sugieren que los niveles de contaminación generados pueden ser asimilados por las fuentes de agua sin que su calidad se afecte significativamente. Para las condiciones hidrológicas de año seco las subcuencas presentan un nivel de presión entre Moderado (43,7%) y Medio Alto (56,3%), esta diferencia es explicada por la disminución drástica de la oferta hídrica para la condición hidrológica seca.

Finalmente, en lo referente a las condiciones climáticas de la cuenca se debe destacar que se presenta un balance positivo entre precipitación y evapotranspiración. El agua que recibe la cuenca es suficiente para abastecer sus propios ecosistemas, presentando altos excedentes de agua según el índice de aridez.

Sobre la biodiversidad presente en la cuenca, el POMCA reporta alrededor de 471 especies de plantas, de las cuales 86 están bajo algún grado de amenaza, 58 son endémicas, 15 introducidas, 138 son usadas por las comunidades de la región y 173 son consideradas acuáticas y riparias (una hidrófita, 23 de halófitas y 149 de riparias). Las plantas hidrófitas está dentro de una familia, Apiaceae correspondiente a una especie. Las especies halófitas están representadas dentro de 10 familias con 23 especies. La familia con mayor número de especies es Cyperaceae con 8 y representa el 34,7% del este grupo, seguida de Juncaceae con tres especies. Las plantas riparias se agrupan en 72 familias y 149 especies. Las familias con mayor número de taxa son Fabaceae con 34, Melastomataceae con 34 y Orchidaceae con 16 especies. Entre las especies reportadas, se hallaron 41 que se consideran importantes para la conservación según criterios de estado de conservación, endemismo o distribución restringida, recurso genético, especie poco frecuente o abundante, y especies vedadas (Cornare & Corantioquia, 2017).

En cuanto a la diversidad de animales (Aves, mamíferos, anfibios, reptiles y peces) se registran 918 especies, lo que representa el 17% de la biodiversidad colombiana para la fecha de publicación de POMCA, de las cuales, 106 son endémicas para Colombia y 65 están bajo algún grado de amenaza

nacional o internacional correspondiendo al 17,9% y 16,84% de las presentes en el territorio nacional respectivamente. De anfibios se reportan 98 especies, de las cuales 26 son endémicas y 19 presentan estatus de amenaza; de reptiles se reportan 97 especies, 53 endémicos y31 especies reguladas por CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), de aves se reportan 649 especies, 16 endémicas y 17 catalogadas bajo algún grado de amenaza; de mamíferos 83 especies, 6 endémicas y 5 especies bajo algún grado de amenaza; y 43 especies de peces, de los cuales 21 son endémicos y 21 presentan algún grado de amenaza. En cuanto a estos reportes es importante comentar que muchas de las especies tienen amplia relación con los ecosistemas acuáticos, mientras que los peces, siendo de hábitos totalmente acuáticos hay algunos de ellos que realizan migraciones por fuera de la cuenca y a su vez son usados por pescadores como sustento alimentico y económico (Corpocaldas-Cornare, 2017).

7.2.2 *Planes de desarrollo*

Acorde con la descripción de la sección 7.1.2, se realiza la revisión de los Planes de Desarrollo de los municipios de Samaná, Pensilvania, Norcasia, Nariño, Argelia y Sonsón en jurisdicción de la Cuenca del río Samaná Sur. En la revisión se observa la articulación de los Planes de Desarrollo de acuerdo con lo referentes ambientales suministrados por CORNARE y la articulación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) siendo un referente de planeación de largo plazo, el cual contiene una serie de medidas audaces y transformadoras para consolidar el camino de la Sostenibilidad de manera que se incluyan a diferentes instrumentos de planificación.

A continuación, en la Tabla 54 se expone las observaciones con respecto a la Sostenibilidad en los Planes de Desarrollo en cada uno de los municipios en jurisdicción de la Cuenca del río Samaná Sur, desde el diagnóstico de las situaciones, problemáticas entorno a la Sostenibilidad y las líneas estratégicas articuladas a los ODS.

Tabla 54. Observaciones con respecto a la Sostenibilidad en los Planes de Desarrollo de los municipios de la Cuenca del río Samaná Sur

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas para entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
Samaná	- 5 cuencas hidrográficas, la cuenca del río Tenerife, cuenca del río la miel, cuenca del río moro, cuenca del río manso y la cuenca del río Samaná, - Gran biodiversidad con 1089,3 hectáreas que hacen parte de ecosistemas estratégicos, categoría de humedades, 8515,6 hectáreas pertenecen al SINAP que equivalen aproximadamente al 10,7% del territorio. - Zonas como el parque natural selva de Florencia (62% del municipio), y la laguna de San Diego.	- Vendavales, deslizamientos de tierra o movimientos de masa, inundaciones, sequías e incendios forestales. - Prácticas como quemas para siembra, tala de árboles, la pesca indiscriminada, cacería, contaminación de aguas, mal manejo en la disposición de residuos sólidos y líquidos, la minería artesanal, actividades recreativas a campo abierto en el que no se tenga cuidado con colillas de cigarro, fogatas, vidrios, o cualquier material, líquido inflamable o sensible al calor.	- En el diagnostico se plantean varias estrategias entorno a los ODS como el cambio climático.	(Alcaldía de Samaná, 2020a)
Pensilvania	- Se organizan para la conservación y protección en comisiones ambientales de las JAC, el consejo municipal de medio ambiente, el comité interinstitucional de educación ambiental, el Comité Técnico de Salud Ambiental-COTSA Caldas, los Consejos de Cuenca de los ríos "La Miel", "Arma" y "Samaná Sur", el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, las Reservas Forestales Protectoras: El Popal y La Linda y las fundaciones que trabajan en pro de los animales, la fauna y flora y los procesos sociales alrededor de la protección.	-No hay consolidación respecto a datos de Sostenibilidad.	- Las líneas estrategias van entorno a la protección de las cuencas abastecedoras. - Plantean alianzas estratégicas con la Corporación Autónoma de Caldas, las alcaldías de Manzanares y Marquetalia, cuerpos de socorro, empresa privada, Movimiento Ambiental Campesino.	(Alcaldía de Pensilvania, 2020)
Norcasia	- Cobertura de alcantarillado del 60,56%, cobertura de acueducto se ubica en el 80,88% - Red hídrica conformada por las microcuencas: Hermanos Botero, la Virgen, La Ye, Las Delicias, Los Ceibos y Bosques. - Un área de 699,6 ha en humedales, como un ecosistema estratégico. Así mismo posee un área de bosque estable de 6373. - Zonas de recarga acuífera: Cuenca hidrográfica del río La Miel - Zona de recarga de Acuífero del río Grande de La Magdalena. - Áreas abastecidas de acueductos colectivos ABACOS: Depende de las Quebradas la Y, La Virgen y Las Pavas. - Fuentes abastecedoras de acueducto urbano: Q. La Y, Q. La Virgen, Q. Las Pavas. (IUA, Muy alto y IVH, Muy alto).	-No se presta el servicio de recolección de residuos zona rural. -Los tres sectores de mayor emisión CO2 son: Pecuario, Industria/Energía y Forestal, generando un Riesgo muy alto sobre el "Recurso Hídrico y la Biodiversidad".	-Lograr el acceso y calidad de los servicios públicos de acueducto. -Ejecutar estrategias y lineamientos para la gestión integral de los residuos. -Minimizar los impactos ambientales en la salud y el ambiente generados por el inadecuado manejo de los residuos sólidos en el municipio. - Identificar, delimitar y conservar la Estructura Ecológica principal (EEP), con el propósito de mejorar y mantener la oferta de bienes y servicios ambientales. -Realizar procesos de educación y participación ambiental en el municipio para lograr una mejor conciencia ambiental sobre el mantenimiento y conservación de los recursos naturales. -Conservar los ecosistemas estratégicos como estrategia para la regulación y mantenimiento del recurso hídrico. -Incentivar procesos de separación en la fuente y reciclaje de los residuos sólidos. -Promover el desarrollo e implementación de Estrategias municipales de Cambio Climático.	(Alcaldía de Norcasia, 2020)
Nariño	-Cobertura total de acueducto en la zona urbana es de 98%, cuenta con 11 acueductos que abastecen el 16% de la zona rural.	-El Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA), este se encuentra en el 37,4% correspondiente a un nivel de "riesgo alto".	-Debe enfocarse principalmente en el manejo integral de las (GEI), en particular las del sector AFOLU, especialmente en la	(Alcaldía de Nariño, 2020b)

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas para entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
	- El índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) es 0,0% el cual se clasifica en la categoría "sin riesgo" en la zona urbana. -No presenta sectores críticos con problemas de abastecimiento. - Cuenta con 265 hectáreas de bosque protegidas mediante el esquema de pago por servicios ambientales bajo la metodología BanCO2 en su territorio. -Cobertura del servicio de alcantarillado (redes) en la zona urbana es del 90%. - Cobertura en sistemas individuales o colectivos de tratamiento de aguas residuales en la zona rural (pozos sépticos) acumulado a 2018 es de 35%. - Tiene el 100% del área en el POMCA de la cuenca del Rio Samaná Sur. -Conservación y protección Ambiental Samaná Sur: 28242,71 ha. -Ecosistema estratégico Paramo de Sonsón: 601,50 ha. - Cuenta con relleno sanitario "vereda Quebrada Honda". - No reporta la existencia de censo para minería de subsistencia, documenta 1 explotación minera denominadas Mina Espíritu Santo con licencia ambiental para extraer minerales de oro y sus concentrados, de las empresas TES S.A.	- Tiene un sistema de tratamiento de aguas residuales construido, pero este no se encuentra funcionando en la actualidad. - Puerto venus no se cuenta con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). - La zona rural, no cuenta con redes de alcantarillado. - Difícil de cobertura en el sistema individual o colectivo de tratamiento de aguas residuales. - No cuenta con escombrera municipal.	gestión de las emisiones provenientes de la producción ganadera, la deforestación y los cambios de uso del suelo rural.	
Argelia	- Coberturas de acueducto y alcantarillado han ido aumentando significativamente a la fecha en un 98%, El 80% de las viviendas rurales no tienen acueducto. -El 100% de las veredas del municipio no tiene el servicio de recolección de basuras. -El IRCA es alto para las zonas urbano y rural. - No existe infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, generando alta contaminación a las fuentes hídricas. - Cuenta con un relleno sanitario. - Bajos recursos de cofinanciación. - Débiles procesos de formación ambiental. -poco control de la autoridad ambiental. -Cuenta con amplios recursos forestales. -Se conserva el ecosistema estratégico de la zona páramo. -Saneamiento básico rural, déficit de sistemas construidos y/o instalados, lo que representa una alta contaminación al recurso hídrico y a la salud pública.	- Falta de potabilización del agua. -Déficit de cobertura de acueducto en la zona rural. -Difícil de recolección de basuras en la zona rural. -Riesgo en el IRCA para la zona urbana y rural -Falta infraestructura para el tratamiento de aguas residuales. -La vida útil del relleno sanitario tiene vigencia hasta el 2020. -Alta contaminación del recurso hídrico. -Uso poco racional del agua. -Baja cobertura de saneamiento básico (pozos sépticos que afectan a la población rural. -Daño en los ecosistemas. -Se ha presentado una significativa deforestación, ampliación de la frontera agropecuaria. -Déficit en el saneamiento básico rural. - Débil protección de los recursos naturales.	-Para la Cobertura de Acueducto, alcantarillado y aseo se presentan las siguientes estrategias: Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado. -Aumentar al 50% la Cobertura de acueducto y Alcantarillado -Aumentar a 11676 hectáreas el área de bosque estable en la entidad territorial -Disminuir a 33 hectáreas el área deforestada en la entidad territorial.	(Alcadía de Argelia, 2020)
Sonsón	La información se presenta en el capítulo de POT de la Cuenca del río Samaná Norte			

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

7.2.3 *Instrumentos de ordenamiento territorial*

Acorde con la descripción realizada en el ítem 7.1.4, durante la revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial en relación con la Sostenibilidad (ver Tabla 55), al realizar una búsqueda se encontró que aunque los municipios de la Cuenca del río Samaná Sur cuentan con POT, PBOT y EOT no hay documentos disponibles para observar y analizar información, a excepción del EOT Nariño que tiene revisión y ajuste general del 2020 y acuerdo de adopción 001 del 9 de marzo del 2021. Para el caso en el cual no se contó con documentación, se extrajo información de otros documentos como los Planes de Salud, por tal razón, se evidencia que no hay información sobre el estado de las dimensiones ambiental, económica y sociocultural y las actividades principales o prospectivas para el desarrollo del municipio y asimismo no se relaciona la articulación con los determinantes ambientales, los referentes ambientales, los planes de desarrollo y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Tabla 55. Observaciones relacionadas a la Sostenibilidad en los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de la Cuenca del río Samaná Sur

Municipio	Observaciones de sostenibilidad	Problemáticas para entorno a la sostenibilidad	Estrategias	Referencia
Samaná	-No hay agua potable y la cobertura de alcantarillado es deficiente en zonas rurales. -Se evidencia un déficit en la cobertura de acueducto y alcantarillado, ocasionando gran nivel de contaminación de las fuentes hídricas. -Desconocimiento frente a la legislación que rige la utilización de los recursos naturales. -Falta de mantenimiento de pozos sépticos por parte de la comunidad.	-Dificultad para la puesta en marcha de procesos que conlleven al bienestar de la población en respuesta a los procesos normativos ambientales.	-Acceso al agua potable y coberturas de acueducto, alcantarillado y aseo.	(Alcaldía de Samaná, 2020b)
Pensilvania	-4000 hectáreas de plantaciones comerciales, constituidas en su gran mayoría por especies como pino, eucalipto y ciprés. En los bosques naturales, en su mayoría han sido explotadas las especies valiosas como el cedro (Cedrela odorata), cedro negro (Juglans neotropica), comino (Aniba perutilis), cedro de altura (Cedrela montana), Pinos colombianos (Retrophyllum rospigliosii, Prumnopitys montaña, Podocarpus oleifolius) y abarco (Cariniana pyriformis). -Extensión de bosques de 162691 ha aproximadamente. -11,43% dedicadas al café, 44,51% ganadería extensiva, el 1,56% a cultivos no tradicionales y caña panelera, 5,9% a bosque plantado y el 36,6% en bosque natural y rastrojo.	-No se especifica en los documentos.	- No se especifican en los documentos.	(Alcaldía de Pensilvania, 2020)
Norcasia	La información se encuentra en el plan de desarrollo presentado en ítem anterior.			
Nariño	-Se hace descripción de bosques -Dos cuencas hidrográficas en el municipio las cuales le sirven de límite municipal: el río Samaná Sur (112 cuerpos de agua de orden 1) y el río Negrito (47 fuentes de agua de primer orden).	-presenta información actualizada del estado de ordenamiento actual del municipio en donde se establece los usos y distribución del suelo, así como las estrategias del plan.		(Alcaldía de Nariño, 2020a)
Sonsón	La información se presenta en la revisión de los POT de Samaná Norte.			

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

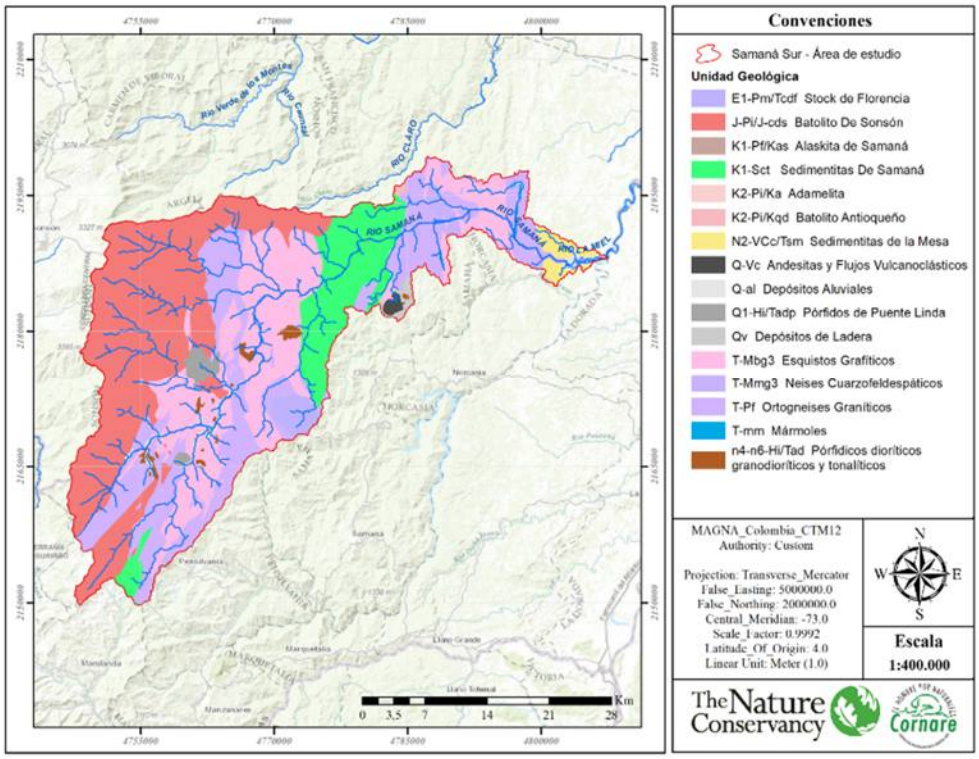
7.2.4 *Geología*

Al igual que para la cuenca del río Samaná Norte, la información secundaria para la Geología, Geomorfología y Gestión del Riesgo de la cuenca del río Samaná Sur fue tomada del POMCA y se presenta a continuación de manera sintetizada según los objetivos del presente proyecto.

La Cuenca del río Samaná Sur se localiza en una amplia zona montañosa de forma triangular (similar a la cuenca Samaná Norte), tiene como cotas extremas el Páramo de Sonsón a 3350msnm y la confluencia de los ríos Samaná Sur y La Miel a 150msnm.

La litología del área está constituida principalmente por el núcleo ígneo - metamórfico de la Cordillera Central, sobre el cual se encuentran dos formaciones sedimentarias: las Sedimentitas de Samaná en la parte central y la Formación Mesa en su extremo oriental. Las vulcanitas de San Diego ocupan una pequeña parte en el divorcio de aguas de los ríos Samaná Sur y La Miel al noroeste del municipio de Norcasia. Los depósitos cuaternarios están dominados por vegas de inundación y los depósitos torrenciales y de vertiente se encuentran ampliamente distribuidos por la cuenca.

Figura 79. Mapa geológico de la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Editado de la compilación a partir de las Planchas 167, 168, 187 y 5-09 de INGEOMINAS (hoy Servicio Geológico Colombiano)

En la Figura 79 se muestra el mapa geológico de la cuenca con las respectivas unidades geológicas. El basamento está conformado por los granitoides del Batolito Antioqueño y del Batolito de Sonsón que predominan en el occidente de la cuenca, anfibolitas del Complejo El Retiro, esquistos del Complejo El Retiro, cuarcitas y neises en la parte suroriental, además de las Formaciones sedimentarias ya mencionadas.

De acuerdo con la información geológica en la cuenca del río Samaná Sur, el potencial minero se encuentra representado principalmente por las unidades de origen metamórfico asociadas al complejo Cajamarca, donde predominan ortogneises graníticos y que se distribuyen principalmente hacia el costado oriental de la Cuenca, cuyos minerales son explotados principalmente como materiales de construcción.

Otra de las unidades de importancia corresponde al Batolito de Sonsón, está constituido mayoritariamente por tonalitas, pero también hay presencia de facies de dioritas, aplitas y gabros, los cuales son de alto interés económico por su potencial de minerales metálicos, materiales de construcción, además de materiales como arcillas, relacionados con suelos residuales derivados de éstos materiales.

En la cuenca igualmente se presenta la unidad de sedimentitas del río Samaná, que corresponde a un grupo de conglomerados, areniscas, lodolitas y lutitas que se encuentran alrededor del municipio de San Luis y al Este del municipio de Nariño y cuyo valor económico está representado por su utilidad como materiales de construcción.

Según la información reportada en el catastro minero actualmente en la cuenca del río Samaná Sur se han otorgado por la Secretaría de Minas Departamental un total de diecinueve (19) títulos mineros vigentes, quince (15) de ellos en la modalidad de contratos de concesión, uno (1) con licencia de explotación, dos (2) en autorización temporal y uno (1) en la modalidad de reconocimiento de la propiedad privada. Los materiales incluidos en estos títulos corresponden principalmente a oro y asociados, cobre y asociado, y en menor proporción acillas y arenas. Se destaca que 2 de éstos títulos mineros se encuentra con licenciamiento ambiental por parte de la Corporación.

Estos títulos mineros se distribuyen a lo largo de toda la cuenca, con un mayor predominio hacia el costado oriental, en los municipios de Sonsón y Samaná, donde geológicamente se reportan rocas metamórficas correspondientes a ortogneis granítico, además de Sedimentitas del río Samaná. Igualmente, el título de mayor extensión se localiza en el Municipio de Nariño, correspondiente a un contrato de concesión para minerales preciosos.

Tabla 56. Títulos mineros en la Cuenca del río Samaná Sur

CODIGO	MODALIDAD	MINERALES	FECHA_DE SOLICITUD
KGS-10181	AUTORIZACION TEMPORAL	Arenas, arenas arcillosas, arenas feldespáticas, arenas industriales, arenas y gravas silíceas, gravas	28/07/2009
500620	AUTORIZACION TEMPORAL	Arenas (de rio), gravas (de rio)	11/06/2020
H7055005	CONTRATO DE CONCESION (D 2655)	Minerales de cobre y sus concentrados, minerales de molibdeno y sus concentrados, minerales de oro y sus concentrados, minerales de plomo y sus concentrados, minerales de zinc y sus concentrados	17/08/2006
JAV-16061	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de cobre y sus concentrados, minerales de molibdeno y sus concentrados, minerales de oro y sus concentrados, minerales de plata y sus concentrados, minerales de platino (incluye platino, paladio, rutenio, rodio, osmio) y sus concentrados.	31/01/2008
HJ3-08521	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Anhidrita, antracita, arcilla común, arcillas, arcillas especiales, arcillas refractarias, arenas, arenas arcillosas, arenas feldespáticas, arenas industriales, arenas y gravas silíceas, areniscas, asbesto, asfalto natural, azufre, bauxita, bentonita, c	3/10/2006

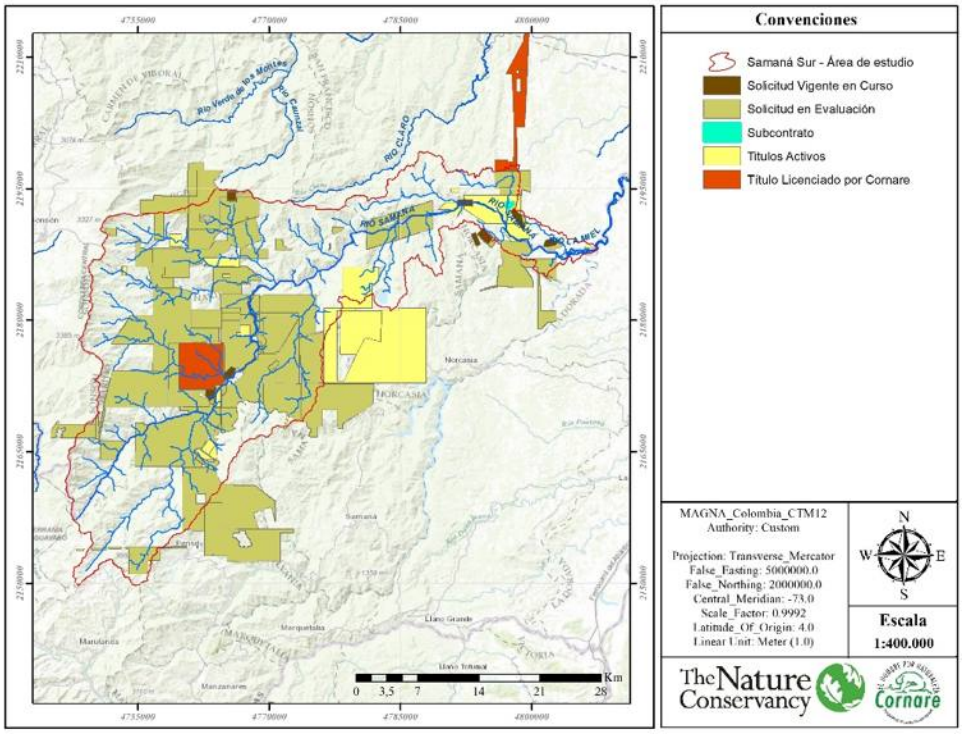
CODIGO	MODALIDAD	MINERALES	FECHA_DE SOLICITUD
LDL-09001	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de oro y sus concentrados, roca o piedra caliza (para construcción)	21/04/2010
736-17	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de molibdeno y sus concentrados, minerales de oro y sus concentrados, minerales de plata y sus concentrados, minerales de platino (incluye platino, paladio, rutenio, rodio, osmio) y sus concentrados, minerales de zinc y sus concentrados	20/05/2005
LDL-09002X	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de oro y sus concentrados, roca o piedra caliza (para construcción)	21/04/2010
B7359005	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de oro y sus concentrados	16/05/2006
ICQ-08062	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de cobre y sus concentrados, minerales de molibdeno y sus concentrados, minerales de oro y sus concentrados, minerales de plata y sus concentrados, minerales de platino (incluye platino, paladio, rutenio, rodio, osmio) y sus concentrados.	26/03/2007
B7674B005	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de cobre y sus concentrados, minerales de molibdeno y sus concentrados, minerales de oro y sus concentrados, minerales de plata y sus concentrados, minerales de platino (incluye platino, paladio, rutenio, rodio, osmio) y sus concentrados.	11/10/2006
755-17	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales y concentrados de uranio	10/10/2005
B7450B005	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de oro y sus concentrados, minerales de plata y sus concentrados, minerales de platino (incluye platino, paladio, rutenio, rodio, osmio) y sus concentrados	17/07/2006
ILS-14481	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Anhidrita, antracita, arcilla común, arcillas, arcillas especiales, arcillas refractarias, arenas, arenas arcillosas, arenas feldespáticas, arenas industriales, arenas y gravas silíceas, areniscas, asbesto, asfalto natural, azufre, bauxita, bentonita, c	28/12/2007
ICQ-09101	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de oro y sus concentrados	26/03/2007
664-17	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de oro y sus concentrados	11/06/2004
IF5-11131	CONTRATO DE CONCESION (L 685)	Minerales de oro y sus concentrados	5/06/2007
L1882005	LICENCIA DE EXPLORACION	Minerales de oro y sus concentrados	14/11/1997
EDLD-08	RECONOCIMIENTO PROPIEDAD PRIVADA	Minerales de oro y sus concentrados	14/08/1990

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de títulos mineros compilados Cornare (2021)

Además de los títulos mineros otorgados, se identifican un total de 60 solicitudes en evaluación, 8 de ellas vigentes y en curso de contratos de concesión, que cubre gran parte de la cuenca, con un mayor predominio hacia el costado occidental y la zona central, incluyendo gran parte de los Municipios de Argelia, Nariño, Samaná y el costado norte de Pensilvania. Estas solicitudes, igualmente se relacionan con minerales como oro y asociados, cobre y asociado, y en menor proporción acillas y arenas. Se destaca que en la zona donde se localizan estas solicitudes se relacionan geológicamente con unidades como el Batolito de Sonsón, ortogneises graníticos y esquistos.

En la siguiente imagen se presenta la distribución de los títulos otorgados y las solicitudes mineras identificadas reportadas para la Cuenca.

Figura 80. Mapa de solicitudes y títulos mineros de la cuenca del Río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), POMCA río Samaná Norte (2017b) y títulos mineros compilados Cornare (2021)

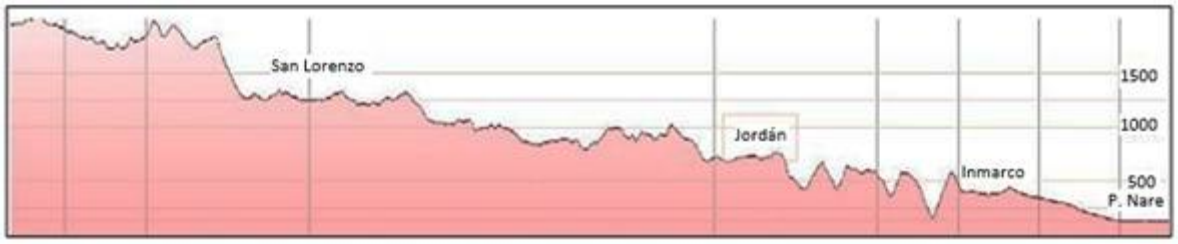
7.2.5 *Geomorfología*

En el Informe de Diagnóstico del POMCA del río Samaná Sur se presentan dos evaluaciones geomorfológicas, una según los lineamientos del SGC (Carvajal, 2008) y la otra según los lineamientos del IGAC (Zinck, 2012). Además, se implementó información suministrada por ISA, el SGC y por CORNARE, se examinaron ortofotos, modelos digitales del terreno, mapas de sombras, cartografía básica y se realizó trabajo de campo.

Siguiendo la propuesta de Carvajal adoptada por el SGC, la geomorfología de la cuenca se clasifica en unidades geomorfológicas según el paisaje como resultado del desarrollo de las unidades geológicas superficiales, es así como se tienen las siguientes unidades:
Las superficies de erosión las cuales corresponden a penillanuras que fueron elevadas a su posición actual (orogenia), se caracteriza por sus colinas saprolíticas con poco relieve. Page & James (Page & James, 1981) Woodward & Clyde Consultants (1983) identificaron en el Oriente Antioqueño 3 superficies: la Superficie de Erosión SI ubicada en el Planalto de Santa Elena, que llamaron también Superficie de Erosión de la Cordillera Central, a 2600 m de altitud, la Superficie de Erosión SII, que llamaron también Superficie de Erosión Rionegro, que coincide de manera laxa a lo que se ha llamado Valle de San Nicolás y una Superficie de erosión en la zona de San Carlos que toma la forma de conjuntos de lomas y valle. Además, en el Informe se añadió una cuarta superficie, la Superficie de Erosión IV, que corresponde al conjunto de colinas con cimas en la cota 200 y la cual ha sido modelada por la erosión de la Formación Mesa en el Valle Magdalena. En la cuenca propósito del

estudio sólo se identificaron la Superficie de Erosión III la cual se puede apreciar en el corte de la Figura 81 y la IV, ambas señaladas en el mapa de la Figura 82.

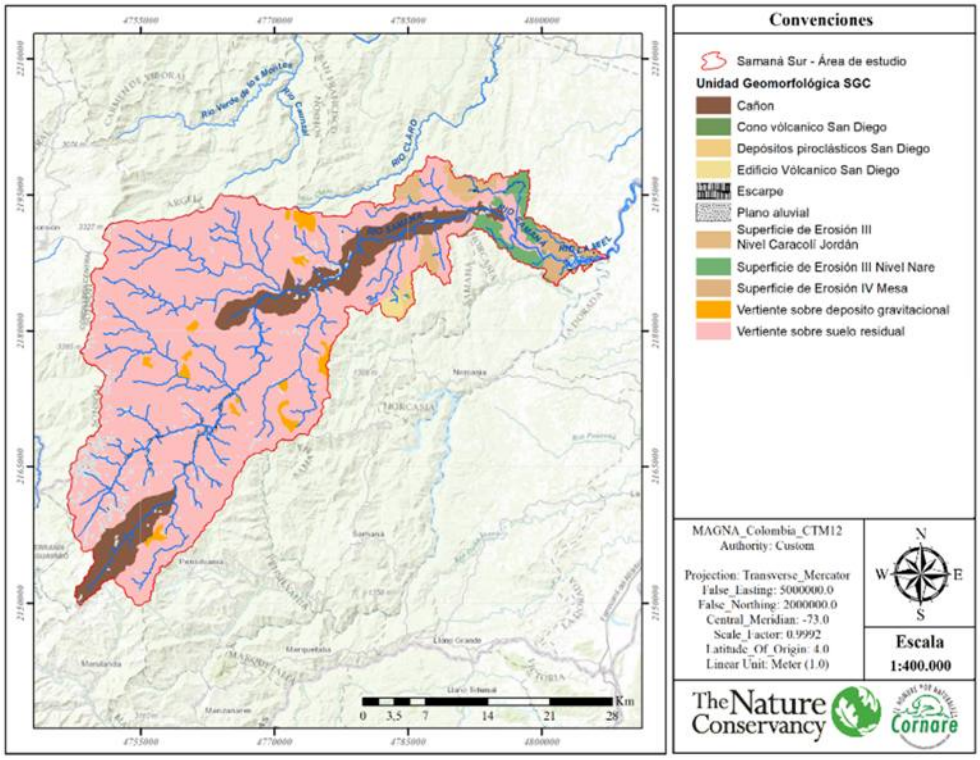
Figura 81. Corte topográfico entre Santo Domingo y Puerto Nare que ilustra la hipótesis de la continuidad de la Superficie de Erosión III



Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017j)

El cañón del río Dulce que se extiende en la parte sur de la cuenca alcanza pendientes mayores a 50% y varía en profundidad entre 200 y 600m. Las vertientes sobre suelos residuales y las vertientes sobre depósitos gravitacionales, diferenciables porque en las primeras se presenta drenaje tipo dendrítico, pendientes moderadas (<25%) y la relativa uniformidad de las laderas. Los escarpes corresponden a áreas alargadas con pendientes >75%. Las unidades de depositación tales como vegas aluviales que tienen una extensión mínima en la cuenca, y las pendientes sobre depósitos torrenciales. También se encuentra el edificio volcánico del Volcán San Diego conformado por una caldera de 1,5km de diámetro.

Figura 82. Mapa de Unidades Geomorfológicas SGC de la Cuenca del río Samaná Sur

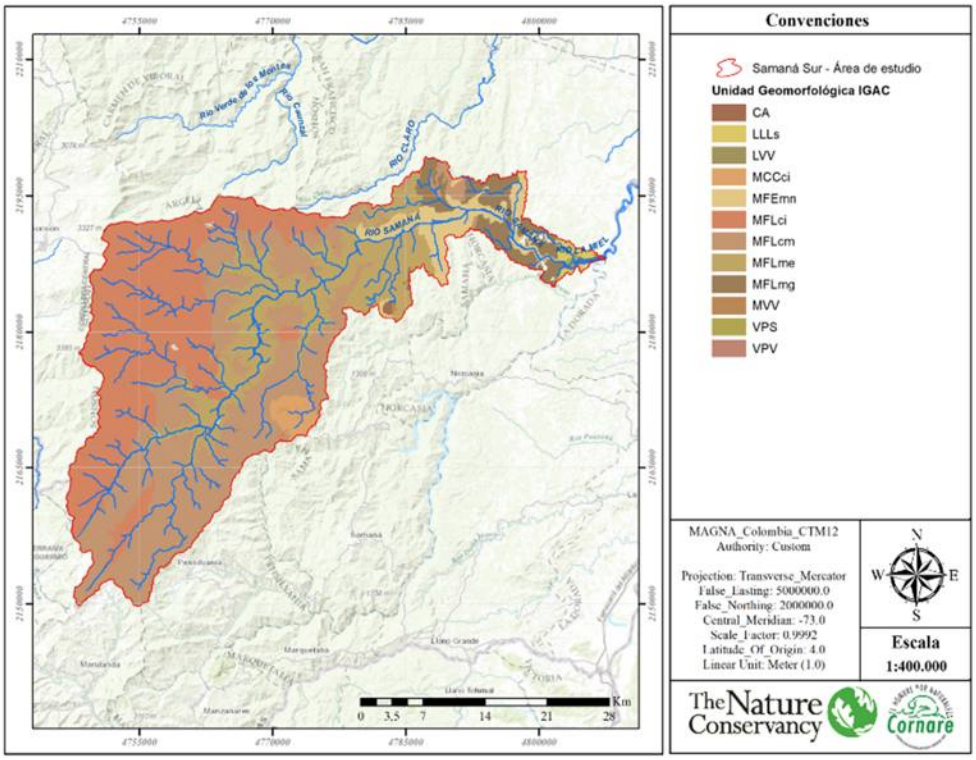


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017j)

Por otra parte, siguiendo los lineamientos del IGAC, se utilizó el sistema taxonómico multicategórico jerárquico de Zinck, más específicamente el nivel de forma de terreno. En el proceso metodológico se realizaron las mismas actividades que en la cuenca del río Samaná Norte.

Luego, de realizar el análisis de toda la información siguiendo las pautas de Zinck, se obtuvieron como resultado trece unidades geomorfológicas las cuales se pueden observar en el mapa de la Figura 83, y se describen a continuación: Laderas escarpadas de filas y vigas (MFEmn), laderas que se han originado de materiales rocas metamórficas-esquistos (MFLme), laderas las cuales se han originado de materiales de cenizas volcánicas sobre rocas metamórficas (MFLcm), laderas que se ha originado sobre materiales cenizas volcánicas sobre rocas ígneas (MFLci), laderas que se ha originado sobre materiales rocas metamórficas (MFLmg), cimas y laderas de lomas y colinas (MCCci), vegas de vallecito con sedimentos coluvioaluviales (MVV), laderas de lomas (LLLs), vega de vallecito con sedimentos coluvialuviales mixtos (LVV), sobrevega de sedimentos aluviales (VPS), vega de plano de inundación se sedimentos aluviales gruesos (VPV), áreas desgarradas por actividad antrópica principalmente minería (AD) y cuerpos de agua (CA).

Figura 83. Mapa de la distribución de las unidades geomorfológicas con criterios edafológicos de Zinck



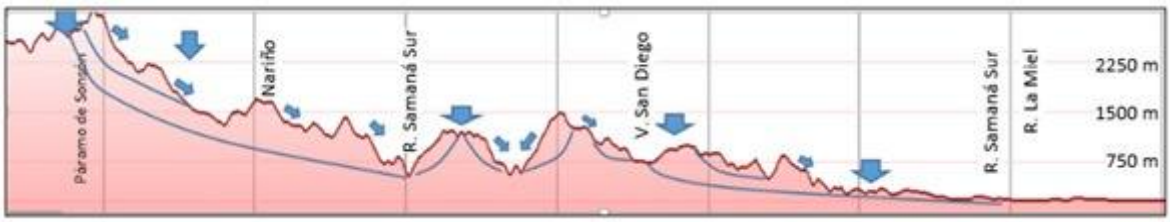
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017j)

7.2.6 *Hidrogeología*

En el POMCA de la cuenca del Río Samaná Sur se encontró información hidrogeológica similar a la de la cuenca del Río Samaná Norte, llegando a la conclusión de que se trata de sistemas hidrogeológicos similares.

El agua subterránea tiene su origen en la precipitación que cae en el Páramo de Sonsón y en las zonas de relieve bajo, al Sur y al Oriente de la población de Guadualito, de las Superficies de Erosión Caracolí-Jordán y Nare. La recarga desde los Valles de San Nicolás y La Unión no es de descartar. Se clasifican cinco unidades hidrogeológicas: Acuíferos libres en aluviones y terrazas, acuíferos en la Formación Mesa, acuitardos libres en suelos residuales, acuitardos en basamento rocoso y acuitardos salobres en basamento rocoso, cada una de estas unidades se encuentra más detallada en el documento de Diagnóstico del POMCA (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i).

Figura 84. Modelo hidrogeológico de la cuenca del Río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información del Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

El sistema hidrogeológico de la cuenca incluye, además de la cuenca del Río Samaná Sur, por los valles de San Nicolás y La Unión, las cuencas de los ríos Guatapé y San Carlos, y la Superficie de Erosión de la Cordillera Central entre El Jordán y San Francisco. Las zonas de recarga se encuentran en el Páramo de Sonsón, en los valles de San Nicolás y de La Unión. La circulación del agua se da a lo largo de discontinuidades litológicas, particularmente diaclasas y zonas de fallas (Balseadero, Bizcocho y Calderas).

Para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos se consideraron tres metodologías: DRASTIC (L et al., 1987), GOD (Foster & Hirata, 1987) y AVI (Van Stempvoort et al., 1992). En resúmen los acuíferos de la cuenca se reducen a la Formación Mesa y los depósitos aluviales someros en la confluencia de los ríos Dulce con Samaná Sur, y el río La Miel con el río Samaná Sur, la vulnerabilidad de estos acuíferos según los métodos ya mencionados coincide en una vulnerabilidad muy alta.

7.2.7 *Gestión del riesgo*

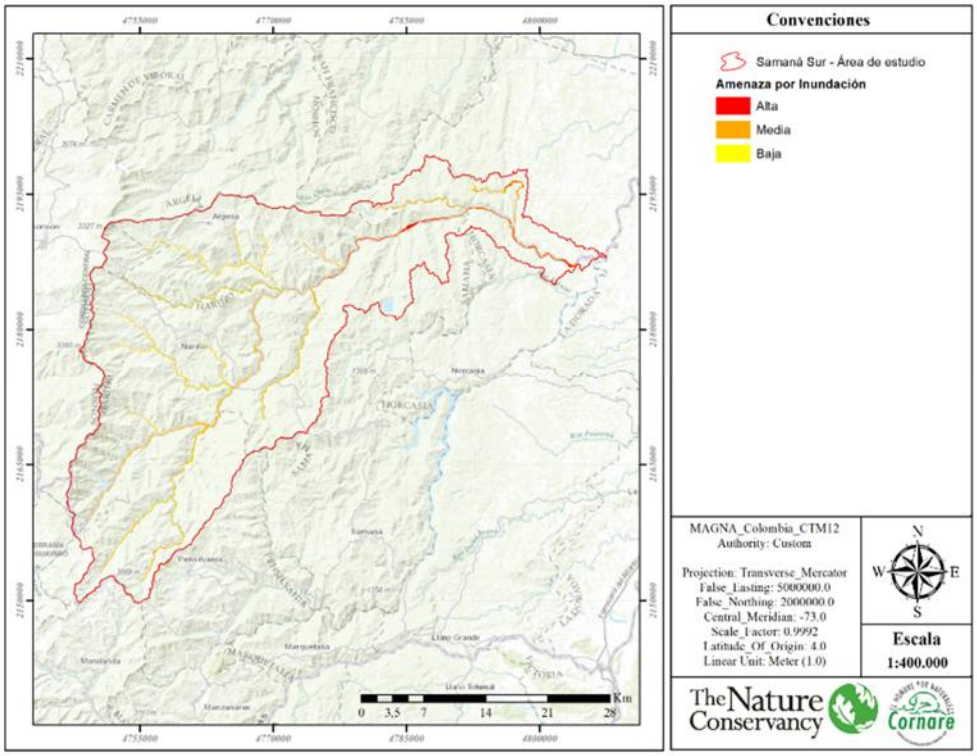
En el Informe del POMCA de la cuenca del río Samaná Sur se presentan los análisis a escala 1:25000 de susceptibilidad y amenaza para cuatro tipos de eventos: Inundaciones, Avenidas Torrenciales, Incendios Forestales y Movimientos en Masa. También se presentan análisis para amenazas a otros eventos, pero dada la baja probabilidad de su ocurrencia no son tenidos en cuenta.

Inundaciones:

La parte media-baja de la cuenca Samaná Sur posee zonas con pendientes leves las cuales se atenúan en la desembocadura. Estas áreas son surcadas por áreas de agua que presentan crecientes e inundaciones que en general no afectan de manera importante a las personas que allí viven, además, se trata de inundaciones lentas que si bien han producido afectaciones a bienes e infraestructura no generan tanta destrucción como las avenidas torrenciales.

La metodología implementada para la sección de gestión de riesgo de inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa fue tomada del documento “Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas” elaborado por el MINAMBIENTE en el 2014. De este modo la determinación de los rangos de amenaza se realizó mediante el análisis geomorfológico y según el análisis de susceptibilidad. El mapa de amenaza resultante (Figura 85) que las áreas de amenaza alta son muy pocas y predomina la amenaza media que concuerda con las planicies aluviales existentes.

Figura 85. Amenaza por inundación



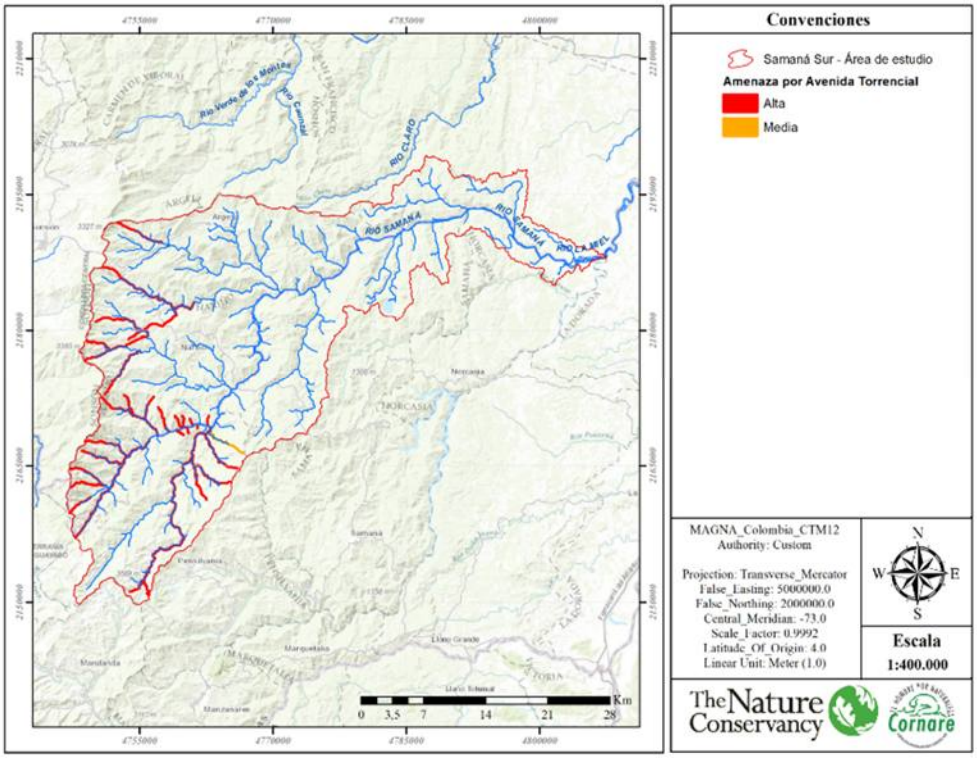
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017j)

Si bien las inundaciones están asociadas principalmente a la geomorfología y al clima en las partes bajas de la cuenca, la intervención antrópica ha cumplido un rol importante con la ocupación y modificación de los cauces del río, obras de infraestructura, disposición de terrenos para agricultura, deforestación, falta de mantenimiento a los canales de quebradas y ríos, lanzamiento de basuras a los ríos, etc.

Avenidas Torrenciales:

Siguiendo el Protocolo desarrollado por el MINAMBIENTE se investigó en primera instancia la susceptibilidad a eventos de avenidas torrenciales para posteriormente evaluar la amenaza. Es así como se realizó una caracterización, una definición de los criterios de edad (recurrencia de los eventos) y una exploración en campo para generar la cartografía respectiva como se muestra en la Figura 86.

Figura 86. Amenaza ante avenidas torrenciales en la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Editado de Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017j) a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017j)

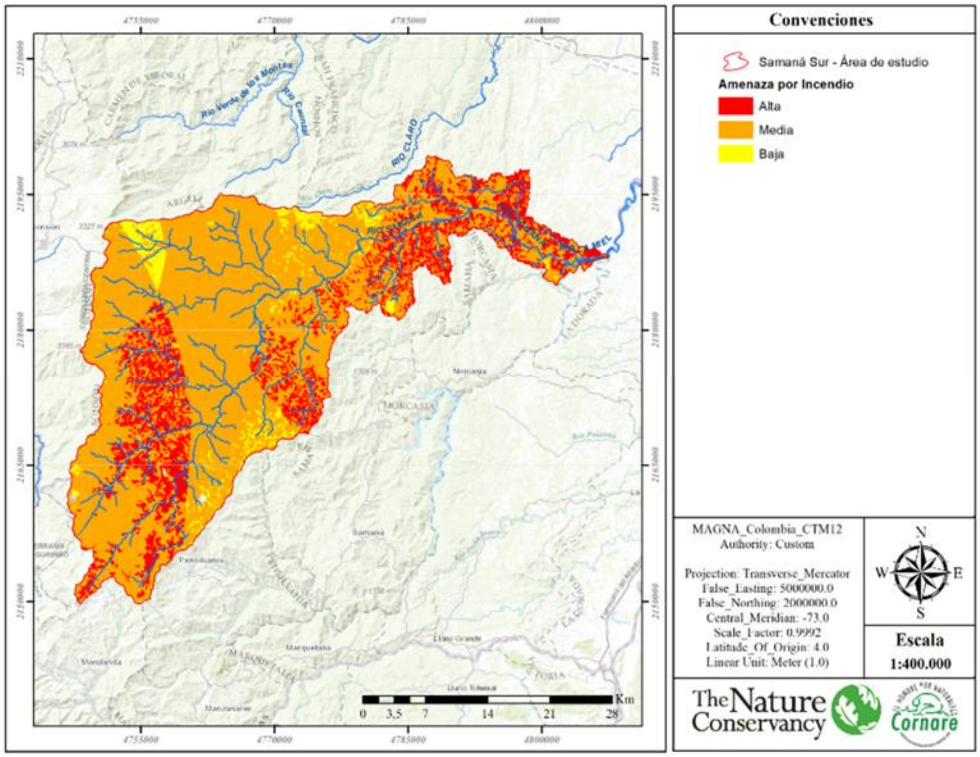
Del mapa se concluye que en la cuenca del río Samaná Sur se presenta amenaza Alta en las corrientes ubicadas en la parte alta de la cuenca. Esto se determina dadas las evidencias de deslizamientos recientes y a los depósitos encontrados.

Incendios de Cobertura Vegetal:

Para esta sección se utilizó como guía el documento "Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100000" elaborado por el IDEAM en 2011, según el cual para la evaluación de amenaza por incendios forestales deben tenerse en cuenta cinco factores: climáticos (precipitación y temperatura), factor de relieve, factor histórico y accesibilidad (distancia a vías).

Para cada uno de los factores se generaron shapefiles los cuales se unieron y posteriormente se hizo el cálculo por amenaza mediante una suma ponderada normalizada. Finalmente se obtuvo el mapa de amenaza por incendios forestales como se presenta en la Figura 87.

Figura 87. Amenaza por incendios forestales en la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2017)

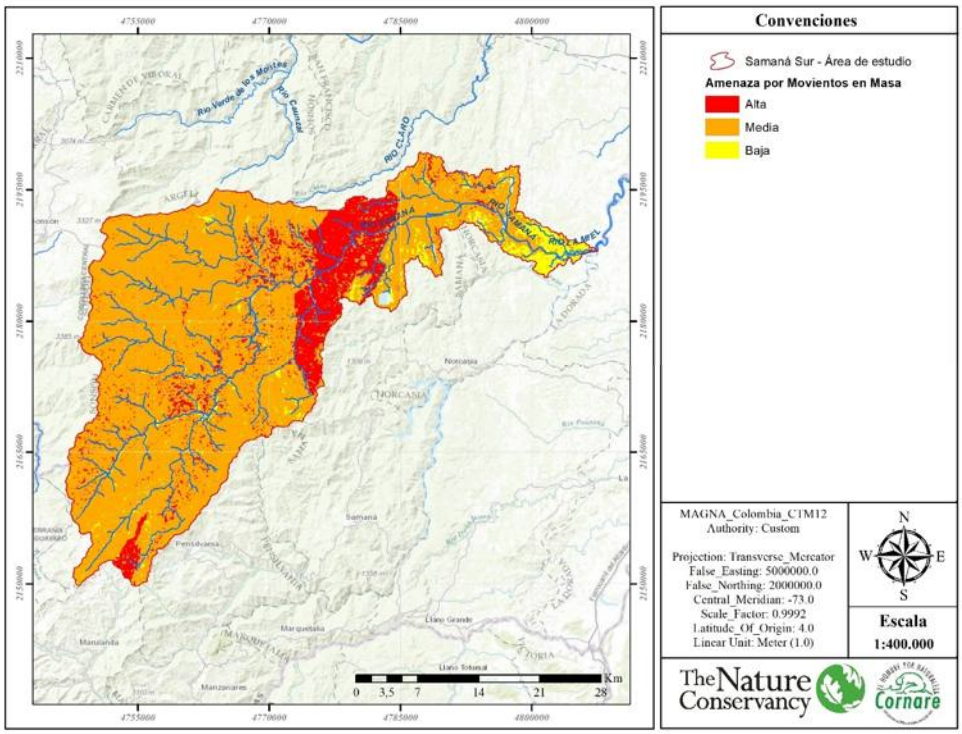
Del mapa se puede afirmar que la categorización de amenaza más presente en la cuenca es la media, seguida por la amenaza alta y la amenaza baja sólo está presente de manera dispersa en algunas áreas al norte y sur de la cuenca.

Movimientos en masa:

La amenaza por este tipo de eventos en la cuenca del río Samaná Sur es Media en general, principalmente en la parte alta y sectores de la parte media. La categoría Alta está presente en pequeñas áreas de la zona media y una franja importante en la parte media-baja.

Para la evaluación de amenaza por movimientos en masa según el Protocolo ya mencionado es necesario seguir una serie de pasos que involucran: la determinación de parámetros geológico-geotécnicos como la profundidad del nivel piezométrico y la permeabilidad, la determinación de los detonantes a aplicar para diferentes escenarios (niveles freáticos y amplificación sísmica), el cálculo del Factor de Seguridad para las áreas en evaluación, la generación del mapa de amenaza final (Figura 88) en función de las probabilidades con sus respectiva validación y calibración.

Figura 88. Amenaza ante movimientos en masa en la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2017)

De manera similar a la evaluación realizada en la cuenca del río Samaná Norte, en esta cuenca se propusieron 10 escenarios los cuales se diferencian por condiciones sísmicas y de precipitación, de todos los escenarios se escogió uno para el cálculo de la amenaza final. De este modo se determinó que el escenario 5, con un periodo de retorno de 20 años y con presencia de sismo, es el que mejor refleja la condición del territorio y por lo tanto este escenario se convierte en el mapa de amenaza por movimientos en masa considerados para la cuenca.

Se concluyó que los resultados concuerdan con la realidad de la cuenca puesto que los movimientos en masa son frecuentes en el territorio, la mayoría de ellos ocurren en la zona alta de la cuenca, en municipios como Sonsón, Argelia, Nariño y Samaná.

Adicionalmente, dentro de los estudios de amenazas, vulnerabilidad y riesgos encontrados para los Municipios de la zona de influencia de la cuenca, se destacan los realizados por Cornare para algunos de los Municipios de su jurisdicción, que en este caso incluyen a Nariño, Sonsón, Argelia, en el año 2012, cuyos objetivos principales corresponden a la zonificación de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, y en la atención de las áreas afectadas por los eventos desastrosos ocurridos por la temporada invernal 2010 – 2011. De estos estudios se destaca la recopilación detallada, a partir de recorridos de campo, de las zonas afectadas durante la temporada invernal 2010 – 2011, donde se identifica la problemática presentada, se reconocen las causas de la misma y se plantean las recomendaciones de manejo orientadas a controlar, mitigar y recuperar las afectaciones encontradas por el evento desastroso.

La zonificación de amenazas se realiza a escala 1:25000 para el suelo rural y 1:5000 para las zonas urbanas, a partir de la combinación de las variables pendientes, materiales superficiales, precipitación y cobertura superficial, cuyo fin se centraba en la incorporación de dichos resultados en los diferentes instrumentos de planificación de dichos municipios.

Es importante resaltar que estos estudios fueron elaborados en el año 2012, y presentan zonificaciones de amenazas realizadas a partir de un enfoque geomorfológico basado en métodos heurísticos que difieren de los métodos estadísticos empleados en el POMCA y que corresponden a los actualmente recomendados, además que la época de los mismos, no se ajustan a los requerimientos establecidos en el Decreto 1077 de 2015, en lo que respecta a las metodologías a implementar en los estudios básicos de amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

Teniendo en cuenta lo anterior, es que se considera que los estudios del POMCA corresponden a los más actualizados con respecto a esta temática, además que en la realización de este último fueron tenidos en cuenta los resultados y la información base de dichos estudios.

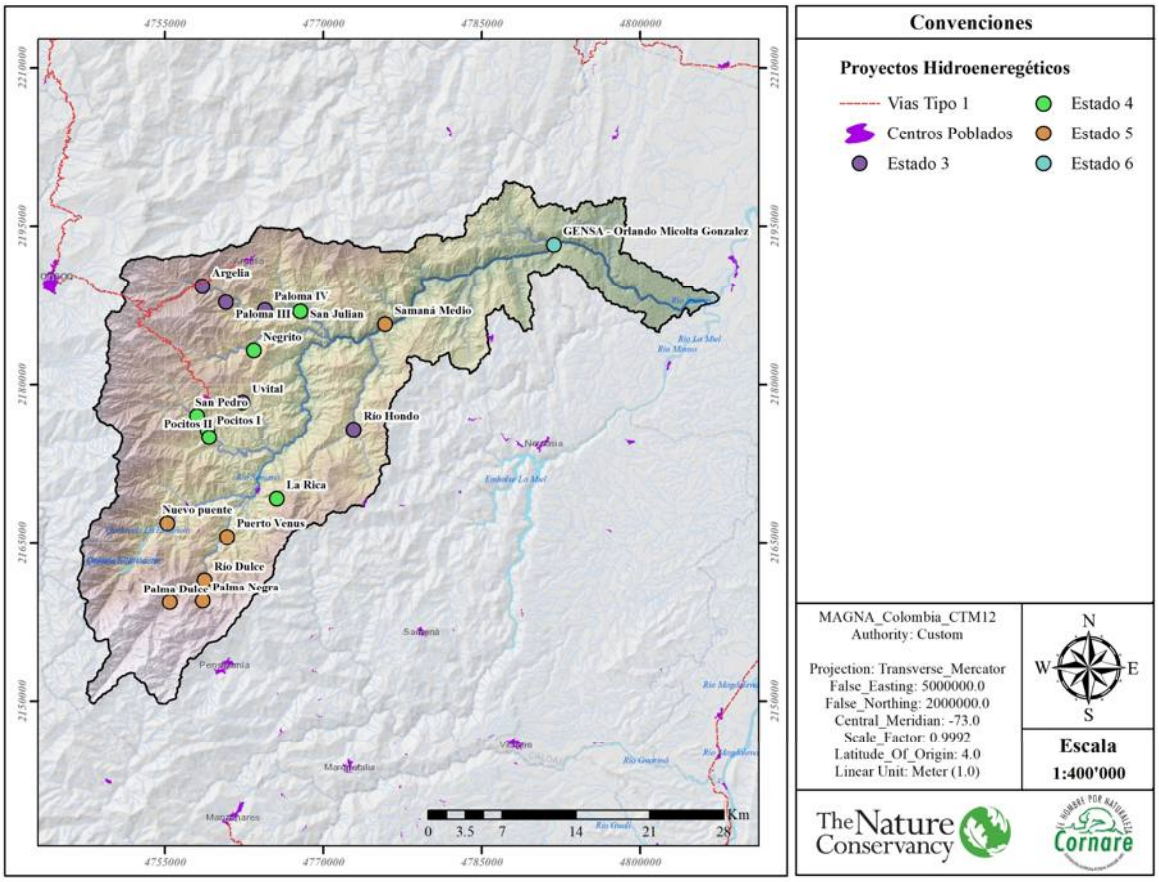
7.2.8 *Proyectos hidroeléctricos*

En la cuenca del río Samaná Sur se identificaron un total de 18 proyectos hidroeléctricos, los cuales se encuentran en diferentes estados de trámite, a saber:

- **Estado 1:** 0 proyectos hidroeléctricos en operación
- **Estado 2:** 0 proyecto en construcción
- **Estado 3:** 5 proyectos con licencia ambiental o concesión de agua
- **Estado 4:** 6 proyectos en diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental
- **Estado 5:** 6 proyectos en diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes
- **Estado 6:** 1 proyectos con licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos

En la Figura 89 se presenta la distribución de estos proyectos en cada uno de sus estados y en la Tabla 57 se consolidad sus datos.

Figura 89. Estado del trámite de los proyectos hidroeléctricos en la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Tabla 57. Proyectos hidroeléctricos identificados en la Cuenca del río Samaná Sur

Expediente	Nombre	Modo de Operación	Usuario	Competencia	Este (m)	Norte (m)	Estado
50551031267	Argelia	Filo de Agua	GEN +	Cornare	877768	1123211	Licencia Ambiental
50552530058	GENSA - Orlando Micolta Gonzalez	Filo de Agua	GENSA - Orlando Micolta Gonzalez	Cornare	911052	1127185	licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos
5000820000000	La Rica	Filo de Agua	-	Corpocaldas	884846	1103042	diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental
50551020803	Negrito	Filo de Agua	GEN +	Cornare	882648	1117094	diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental
54832534338	Nuevo puente	Filo de Agua	Arquitectura y Concretos	Cornare	874499	1100702	diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes
500-19-2020-0003	Palma Dulce	Filo de Agua	NaN	Corpocaldas	874739	1093196	diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes
500-19-2020-0002	Palma Negra	Filo de Agua	NaN	Corpocaldas	877856	1093342	diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes
50551020805	Paloma III	Filo de Agua	GEN +	Cornare	880006	1121673	Licencia Ambiental
50551020804	Paloma IV	Filo de Agua	GEN +	Cornare	883685	1120926	Licencia Ambiental
54831024669	Pocitos I	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	Cornare	878256	1109601	diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental
54831029113	Pocitos II	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	Cornare	878439	1108866	diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental
PE 061	Puerto Venus	Filo de Agua	NaN	Corpocaldas	880143	1099420	diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes
5.00E+12	Río Dulce	Filo de Agua	NaN	Corpocaldas	878019	1095346	diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes
5.00E+12	Río Hondo	Filo de Agua	GENSA	Corpocaldas	892131	1109647	Licencia Ambiental
500-19-2018-0006	Samaná Medio	Filo de Agua	NaN	Corpocaldas	895102	1119592	diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes
54831028562	San Julian	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	Cornare	887069	1120816	diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental
54831026734	San Pedro	Filo de Agua	Hector Montoya	Cornare	877272	1110894	diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental
54830201869	Uvital	Filo de Agua	TES S.A. (JOSE ARCESIO GOMEZ ARISTIZABAL)	Cornare	881589	1112206	Licencia Ambiental

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

7.2.9 *Fuentes de información biológica*

La información sobre la biodiversidad de Colombia esta recopilada por el sistema de información biológica (SiB Colombia), que consiste en una red nacional de datos abiertos sobre biodiversidad, que parte de la iniciativa de país y nace con el Decreto 1603 de 1994 como parte del proceso de creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA), establecido en la Ley 99 de 1993, y es el nodo oficial del país en la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (Global Biodiversity Facility Information - GBIF). Su principal propósito es brindar acceso abierto a la información sobre la diversidad biológica del país para la construcción de una sociedad sostenible. Además, facilita la publicación en línea de datos e información sobre biodiversidad, y promueve su uso por parte de una amplia variedad de audiencias, apoyando de forma oportuna y eficiente la gestión integral de la biodiversidad (*SiB Colombia*, 2021).

Teniendo en cuenta que GBIF recopila información de muchas fuentes que incluyen desde especímenes de museos recolectados en los siglos XVIII y XIX hasta fotos de teléfonos inteligentes geoetiquetados compartidas por naturalistas aficionados, puede ser la base de datos más completa con registros comparables, comprobables y validados a nivel mundial que está en constante actualización. Se extrajeron 10949 registros publicados por 42 autores usando el polígono de la cuenca Samaná Sur (Tabla 58). La biodiversidad registrada en GBIF para Samaná Sur corresponde a 1473 especies, 739 de plantas, 9 de hongos y 725 de animales donde se incluyen peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos, insectos, arañas, caracoles y cangrejos.

Tabla 58. Autores de los registros compartidos en *Global Biodiversity Facility Information* para la cuenca Samaná Sur

Etiquetas de fila	Plantae	Fungi	Animalia	Total
Asociación Primatológica Colombiana			17	17
Botanic Garden and Botanical Museum Berlin		12		12
Centre for Australian National Biodiversity Research	14			14
Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE)			2	2
Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT	14			14
Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad	1			1
Conare - Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare	69			69
Cornell Lab of Ornithology			7007	7007
CSIC-Real Jardín Botánico	1			1
Field Museum			29	29
GBIF-Sweden	2			2
iNaturalist.org	22		107	129
Instituto de Botânica, São Paulo	1			1
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	527		5	532
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA	4			4
Jardín Botánico del Quindío	15			15
Missouri Botanical Garden	365			365
Museo Entomológico de Comfenalco - Antioquia			98	98
Museo Nacional de Costa Rica	10			10
Museum of Comparative Zoology, Harvard University			1	1

Etiquetas de fila	Plantae	Fungi	Animalia	Total
National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	45		13	58
Naturalis Biodiversity Center	29			29
Parques Nacionales Naturales de Colombia			216	216
Plazi.org taxonomic treatments database			5	5
Pontificia Universidad Javeriana	2		131	133
Tasmanian Museum and Art Gallery	1			1
The International Barcode of Life Consortium			12	12
The New York Botanical Garden	102			102
UNIBIO, IBUNAM	10			10
Universidad Católica de Oriente			128	128
Universidad de Antioquia	435		237	672
Universidad de Caldas	91		211	302
Universidad de la Salle	1		5	6
Universidad del Quindío	3			3
Universidad del Tolima			19	19
Universidad Industrial de Santander	5			5
Universidad Nacional de Colombia	509	5	388	902
Universidade Federal do Paraná	1			1
University of Kansas Biodiversity Institute	1		3	4
University of Michigan Herbarium	6			6
University of Texas at Austin, Biodiversity Collections	1			1
Xeno-canto Foundation for Nature Sounds			1	1
Total	2287	17	8635	10939

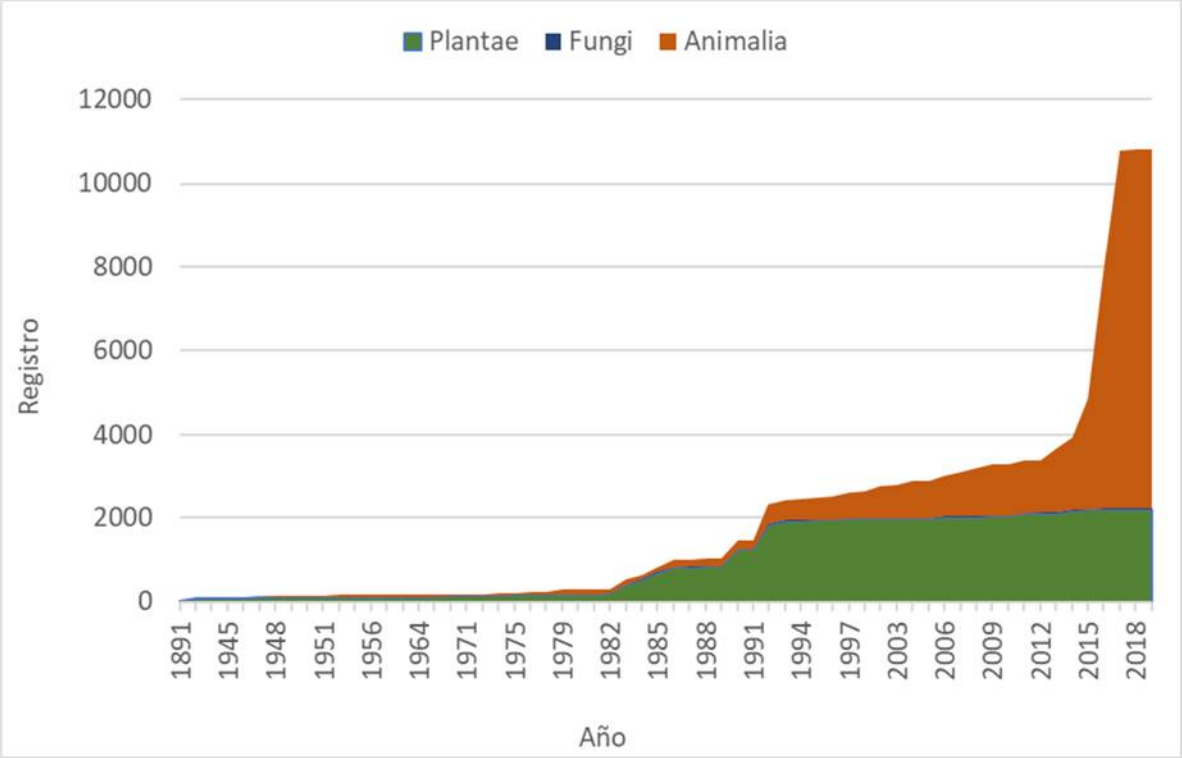
Fuente: Tomado de Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org (2021)

Es importante aclarar que la información compartida en Global Biodiversity Information Facility (*GBIF.Org*, 2021) se basa en registros realizados desde el año 1891 hasta el año 2021, en muchos casos realizados por instituciones extranjeras y nacionales dedicadas a generar conocimiento sobre la biodiversidad global y nacional. El primer registro se realizó en 1891 el Missouri Botanical Garden con la planta *Passiflora pilosissima*, después de este año los registros comenzaron a incrementar gracias a las universidades colombianas, al centro internacional de agricultura tropical (CIAT) y museos del exterior. A partir de la década de los 70s aparecen los reportes del Instituto Alexader von Humboldt (IAvH) que fueron generados por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA), ya que el instituto fue fundado en 1993. Entre la década de los 80s y 90s el incremento en los registros es debido a los reportes realizados por más colecciones científicas de universidades nacionales además a instituciones internacionales, y en el año 2011 se evidencian los primeros registros de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare). En la Figura 90 se puede observar la diferencia en la cantidad y aumento en los registros, donde las plantas no incrementan significativamente la cantidad de registros, mientras los registros de animales hasta el año 2018 presentaron un incremento muy significativo, esto se atribuye a la observación de aves y nuevas tecnologías para el registro de la biodiversidad como iNaturalist, la cual es iniciativa conjunta de la Academia de Ciencias de California y National Geographic Society a nivel internacional, y adoptada por el IAvH como herramienta de ciencia participativa que vincula a comunidades no científicas. El incremento significativo de los

registros de aves es gracias a los reportes de la comunidad eBird que es coordinada por el laboratorio de Ornitología de Cornell desde el año 1994 y al avistamiento de aves como actividad de turismo de naturaleza.

Es importante aclarar, que los registros encontrados en GBIF pasan por varios procesos de revisión por parte de quienes originan los registros, luego por entidades que sirven de nodo para acopiar los registros y hacen otra revisión. En el caso de los aportes de origen nacional la revisión la realiza SiB Colombia, a nivel internacional hay otras entidades, por lo cual es una aproximación muy acertada sobre el estado de la biodiversidad mundial y de la cuenca Samaná Sur. Cornare y Corpocaldas son las corporaciones ambientales autónomas que en cooperación con el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) encargadas de velar por la conservación y uso sostenible de los recursos naturales a nivel local y a estas les corresponde la revisión y actualización constante de estos registros ya que muchos han cambiado o actualizado su distribución espacial y clasificación taxonómica.

Figura 90. Cantidad de registros acumulados reportados en *Global Biodiversity Facility Information* para la cuenca Samaná Sur



Fuente: Tomado de Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org (2021)

Dentro de las otras fuentes de información encontradas, están los trabajos de bio modelación de especies realizadas por el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) y The Nature Conservacy (TNC), los cuales son aproximaciones a nivel de macrocuenca del río Magdalena que tratan de estimar la distribución de especies y atributos ecológicos clave como las zonas de reproducción de especies de peces migratorios o zonas de desove. En este caso, se encontró que los modelos generados por ambas instituciones para la cuenca Magdalena no contaron con suficientes elementos que permitieran conocer el real comportamiento de los peces en la cuenca Samaná Sur y se deben

incorporar variables como la ubicación de las zonas de barrera naturales y antrópicas para la migración de los peces, colectas de ictioplancton en sitios claves de la cuenca cómo las barreras anteriormente mencionadas y la adecuada identificación del ictioplancton usando técnicas moleculares (López et al., 2018). La necesidad de ajustar estos modelos se basa en la importancia de conocer y conservar las áreas y distancias que necesitan nadar los peces para su ciclo vital, debido a la gran amenaza que hay sobre los afluentes del río Magdalena por la construcción de hidroeléctricas, contaminación y otras alteraciones antrópicas.

7.2.10 *Áreas protegidas*

Una de las áreas protegidas más importantes para la cuenca del río Samaná Sur es el páramo de Sonsón. El páramo fue adoptado finalmente como área protegida mediante el ACUERDO Nº 388 de junio 6 de 2019 de CORNARE "Por medio del cual se declara, delimita y alindera, el Distrito Regional de Manejo Integrado Páramo de Vida Maitamá - Sonsón".

Mediante el ACUERDO Nro. 324 del 1 de julio de 2015 de CORNARE, se reglamentó la Reserva Forestal Protectora Regional Las Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, la cual se encuentra al norte de la cuenca del Samaná Sur y en donde según este Acuerdo Corporativo, se destaca por poseer la mayor parte de su área en cobertura boscosa en un buen estado de conservación (Cornare, 2015).

Otro ecosistema estratégico es el corredor Kárstico, que comprende una franja al norte de la cuenca del Samaná Sur entre los municipios de Argelia, Sonsón y San Francisco, la cual es compartida también con la cuenca del Río Claro y se caracteriza por estar constituido por un sistema geológico de mármoles y calizas de carácter regional. Este corredor hace parte del “Área de Manejo Especial Cuenca Hidrográfica del Río Claro – Cocorná Sur”, el cual fue señalado como uno de los escenarios prioritarios de conservación del Sistema Regional de Áreas Protegidas del Suroriente y Magdalena Medio Antioqueño según la Ordenanza Departamental 037 de 2007, la cual creó el Sistema Departamental de Áreas Protegidas del Departamento de Antioquia.

En septiembre 26 del año 2019 Cornare expidió el Acuerdo 392, por medio del cual se declara, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Bosques, Mármoles y Pantágoras, que se dio a partir del estudio de la ruta de declaratoria construida para el corredor Kárstico entre Cornare y la Fundación Natura en el año 2018 (Cornare, 2019b).

Con sus 10019 ha de extensión, el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, se constituye como la única área de conservación nacional que se localiza en el Oriente del Departamento de Caldas,78% en territorio del Municipio de Samaná y 22% en el Municipio de Pensilvania; con un amplio gradiente altitudinal que va desde los 850 hasta los 2400 m.s.n.m. Y con respecto a la cuenca del río Samaná Sur, el PNN tiene una fracción al interior de la misma, pero es estratégica para la Sostenibilidad de la cuenca, ya que esta área protegida de carácter nacional, se caracteriza por presentar ecosistemas con elementos biológicos andinos, de selva húmeda tropical y riqueza hídrica que alimenta a las cuencas de La Miel y Samaná Sur, y además por su importancia estratégica en la regulación hídrica, pues con sus más de 8000 mm de precipitación sobresale como una de las zona más lluviosas del país (Parques Nacionales & Occidentales, 2018).

La cuenca del Samaná Sur cuenta con territorios en un área de "Reservas Forestales Protectoras Regionales" (RFPR) Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, un "Distrito Regional de Manejo Integrado" (DRMI) Laguna de San Diego y una fracción de la zona del páramo de Sonsón, que se sobrepone La Reserva Forestal Central de ley 2 de 1959, el DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras y el DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón. En la Tabla 59 se presenta el resumen de las áreas protegidas en la cuenca del río Samaná Sur de acuerdo con los actos administrativos presentados por Cornare en https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/.

Tabla 59. Áreas protegidas presentes en la cuenca del río Samaná Sur

Nombre	Acuerdo	Regional	Área (ha)
DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras	Acuerdo Corporativo 395 de 2019	Bosques	1989,6
DRMI Páramo de Vida Maitamá - Sonsón	Acuerdo 388 de 2019 - Acuerdo 412 de 2021	Paramo	17210,7
RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa	Acuerdo Corporativo 324 de 2015	Bosques	5550,8

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Por otra parte, en el trabajo liderado por el Instituto Alexander von Humboldt sobre las áreas clave para conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia se identificaron 139 áreas claves para la conservación (ACC), estas tienen las características para proteger la biodiversidad acuática que contienen una o más especies amenazadas (VU, EN, CR), en una superficie delimitada en función de la hidrografía, geomorfología, topografía, relieve y altitud, tal que le confiera una identidad fisiográfica y biogeográfica propia, con ecosistemas terrestres y acuáticos asociados con especies determinantes, y ajustadas a zonas y subzonas hidrográficas definidas de forma jerárquica (C. Lasso, Córdoba, & Morales, 2017).

El drenaje del río Samaná Sur que hace parte de la cuenca del río la Miel, está ubicado en el ACC - 13 medio Magdalena -Barranca - Honda, donde 12 especies de peces fueron las determinantes para la elección de esta zona (Mesa et al., 2017), de las cuales se reportan para la cuenca del Samaná Sur las siguientes 7 especies: dorada *Brycon moorei,* vizcaína *Curimata mivartii,* pataló *Ichthyoelephas longirostris,* comelón *Megaleporinus muyscorum,* capaz *Pimelodus grosskopfii,* bocachico *Prochilodus magdalenae,* picuda *Salminus affinis* (Corpocaldas-Cornare, 2017).

También se proponen áreas claves de conservación para otros grupos de animales. Para los moluscos no es claro la definición del área clave de conservación, sin embargo, se menciona que el río la miel es el límite sur de la ACC - 2 Nare-Cocorná con la especie *Pomacea palmeri* como determinante, y la cual no está registrada en el POMCA y GBIF para la cuenca Samaná Sur (C. Lasso & Córdoba, 2017). Por parte de los cangrejos, representan el límite del área ACC – 7 río Nare Las Mercedes con las especies determinantes *Phallangothelphusa juansei, Strengeriana antioquensis, Strengeriana flagellata*, y el área ACC -8 La Miel con la especie *Strengeriana foresti* (C. Lasso, Córdoba, & Campos, 2017). En cuanto a las tortugas se menciona el ACC – 4 Magdalena medio – río Negro y Carare, como la zona clave para las especies determinantes de *Podocnemis lewyana* y *Trachemys callirostris* (Morales et al., 2017), ambas reportadas para la cuenca del Samaná Sur (Corpocaldas-Cornare, 2017). Para cocodrilos se menciona la cuenca del Bajo Magdalena ACC-1 y el Alto Magdalena ACC-2 ambas con la especie *Crocodylus acutus,* para la zona hidrográfica del Magdalena medio no está clara la definición del área clave para la conservación, cabe resaltar que la especie no registra en la cuenca del río Samaná Sur (Corpocaldas-Cornare, 2017).

Las aves que prefieren los ecosistemas acuáticos quedaron en el ACC – 5 ríos La Miel, Nare, Carare y Río Negro, donde la especie determinante fue *Chauna chavaria* (Diaz, Córdoba, Velasquez, et al., 2017); esta especie prefiere zonas más bajas y cenagosas en comparación a la cota mínima de la cuenca del río Samaná Sur (157 msnm). En cuanto a los mamíferos, la zona del Magdalena medio de Antioquia no quedo dentro de un área clave de conservación a pesar de que el POMCA reporta la nutria *Lontra longicaudis* (Diaz, Córdoba, Mosquera, et al., 2017).

7.2.11 *Información Económica*

El diagnóstico económico para los municipios de la cuenca se realizó a partir de la revisión de información de fuentes oficiales como Censo Nacional de Población y Vivienda (DANE, 2018b), Anuario estadístico de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2018), Encuesta Calidad de Vida (Gobernación de Antioquia, 2019), Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (Agricultura, 2019), Censo Nacional Pecuario (ICA, 2020), Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Samaná (POMCAs et al., 2017); así como Planes de Desarrollo Municipales y Planes Turísticos Municipales.

7.2.12 *Plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH)*

A partir del PORH y los objetivos de calidad de las fuentes receptoras de vertimiento de los 26 municipios de la jurisdicción de Cornare para el periodo 2016-2026 (de acuerdo con la resolución N° 112-5304-2016) (Cornare, 2016), se encontró que en el río Samaná Sur presenta un aumento fluctuante de la carga contaminante, se encontró que los usuarios domésticos son los que aportan la mayor cantidad de carga, las principales cargas son aportadas por el municipio de Nariño. En cuanto a usuarios del sector industrial no se observan grandes aportes en carga por parte de los usuarios a lo largo del tiempo.

El análisis de calidad en la cuenca del río Samaná Sur se realizó sobre la corriente principal, tomando como base de información la relacionada con la estación Puente Linda. A continuación, se describe el comportamiento de los principales parámetros fisicoquímicos monitoreados:

- **pH**: el río Samaná Sur presenta pH muy cercano a la neutralidad, pero con una leve tendencia a la basicidad, el valor reportado es 7,47 unidades. Estos resultados se asocian a una buena alcalinidad o capacidad de amortiguación para repeler ácidos; adicionalmente se puede inferir baja presencia de sustancias ácidas provenientes de procesos naturales o antrópicos.
- **Oxígeno disuelto**: en relación con el OD y la saturación de este gas se registró en valor altos durante el periodo de estudio; lo cual se asocia con una baja intervención antrópica y baja demanda de este gas en el cuerpo de agua, el resultado de esta variable fue de 7,93 mg/l. Este valor se asocia a altas saturaciones de este gas (96,8%) y es típico de ambientes con alta capacidad de re-aireación, no obstante, la temperatura en la zona donde se ubican estos ríos es cálida.
- **DBO:** el resultado de la DBO fue bajo con un valor de 4 mg/l, esta concentración es indicativo de la baja carga orgánica disponible para la degradación por vía biológica, además es un indicio de baja intervención antrópica por vertimientos directos de aguas residuales. Esta carga orgánica se asocia con los altos valores registrados de oxígeno disuelto.

- **DQO**: se encontró una concentración baja en términos de la presencia de material susceptible de ser oxidado por medios químicos; con un valor de 11,4 mg/l. Los resultados obtenidos para la demanda de oxígeno son coherentes con las altas concentraciones registradas en el río.
- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**: respecto a este parámetro se presentó un valor bajo de 23,1 mg/l. En el río Samaná Sur el resultado es bajo en términos de material suspendido, y por ende se puede considerar que presenta una buena transparencia que permite el paso de la luz en la columna de agua.
- **Conductividad eléctrica:** se encontró un valor de 74,8 uS/cm. El valor registrado en el río Samaná Sur indica mayor presencia de iones en solución posiblemente por las características edáficas de la zona circundante a la estación de monitoreo, se puede decir a partir de este valor que el ambiente puede considerarse óptimo para el sostenimiento de la vida acuática.
- **Coliformes Fecales:** La concentración de coliformes fecales monitoreada fue de 2700 NMP/100 ml. La presencia de este microorganismo se asocia con la presencia de materia orgánica de origen fecal, no obstante, los resultados obtenidos se consideran bajos y se alejan de los valores característicos para aguas residuales domésticas. La presencia de Escheriechia Coli indica que el agua debe ser potabilizada para ser apta para el consumo humano.

Finalmente, en el PORH se establecen los objetivos de calidad, entendidos como el instrumento que establece lineamientos con la finalidad de disminuir la carga contaminante y determinar unos usos potenciales del agua para las corrientes objeto de ordenamiento. Estos objetivos se construyen en función de escenarios de simulación y teniendo en cuenta los diferentes planes que planifiquen el territorio y la cuenca. A continuación, se listan los objetivos de calidad del río Samaná Sur:

- Eliminar el 80% de la carga doméstica vertida a las quebradas El Oso, Burbujas, Caño El Pomo, afluentes del río San Pedro para mantener su oxígeno disuelto en concentraciones superiores 4 mg/l.
- Eliminar el 80% de la carga doméstica a la quebrada Llanadas para mantener su concentración de oxígeno superior a 4 mg/l.

Capítulo 8. Análisis de situación

8.1 Visitas de campo e información primaria

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, se realizaron 5 visitas de campo para la verificación y/o obtención de información primaria de las dimensiones ambiental, económica, social y cultural de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, asimismo del análisis en campo de las dinámicas del territorio. En el desarrollo de este capítulo se presenta la relación con las visitas de acuerdo con el análisis situacional de cada dimensión. A continuación, se realiza una breve descripción y objetivo de cada visita (para mayor detalle remitirse a los Anexo - Fase II - 2, Anexo - Fase II - 3, Anexo - Fase II - 4, Anexo - Fase II - 5 y Anexo - Fase II - 6).

8.1.1 *Salida de Campo 1: Reconocimiento de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur*

El trabajo de campo se realizó entre los días 15 al 18 de marzo de 2021, la cual tuvo como objetivo realizar reconocimiento de las cuencas por los profesionales social, forestal, ambiental e hidráulicos, haciendo énfasis en aspectos morfológicos de cauces y de cuencas, revisión de coberturas y usos del suelo de acuerdo con el diagnóstico y a los escenarios prospectivos establecidos por los POMCAS de ambas cuencas, como también de un acercamiento con algunos actores con el fin de conversar sobre las dinámicas socioculturales y económicas del área de estudio. Asimismo, se realizó el reconocimiento de dichas características y la correlación de puntos identificados de proyectos hidroeléctricos en diferentes estados (los cuales fueron identificados de acuerdo con la información enviada por Cornare y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA), tales como, con licenciamiento ambiental otorgado, proyectos en construcción, proyectos archivados, proyectos rechazados, proyectos en trámites de modificación de licenciamiento ambiental, entre otros; con el fin de tener un primer acercamiento con respecto a las características y dinámicas de las Cuencas con la presencia o proyección de centrales hidroeléctricas.

Los puntos levantados en la salida de campo 1 se ilustran en la Tabla 60.

Tabla 60. Puntos levantados en la salida de reconocimiento

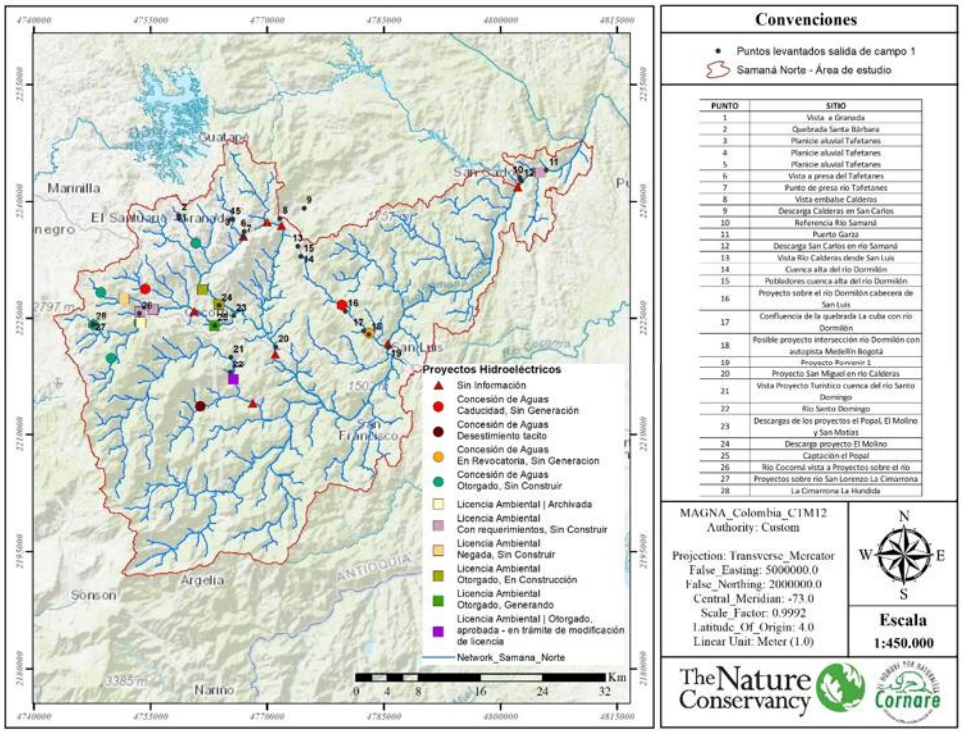
Punto	Nombre	Longitud	Latitud
1	Vista a Granada	-75.1816667	6.14777778
2	Quebrada Santa Bárbara	-75.1819444	6.15138889
3	Planicie aluvial Tafetanes	-75.1191667	6.14722222
4	Planicie aluvial Tafetanes	-75.1191667	6.14722222
5	Planicie aluvial Tafetanes	-75.1191667	6.14722222
6	Vista a presa del Tafetanes	-75.1058333	6.13305556
7	Punto de presa río Tafetanes	-75.1063889	6.12666667
8	Vista embalse Calderas	-75.0644444	6.14805556
9	Descarga Calderas en San Carlos	-75.0363889	6.16027778
10	Referencia Río Samaná	-74.7858333	6.19638889

Punto	Nombre	Longitud	Latitud
11	Puerto Garza	-74.755	6.20555556
12	Descarga San Carlos en río Samaná	-74.7836111	6.19277778
13	Vista Río Calderas desde San Luis	-75.0433333	6.11611111
14	Cuenca alta del río Dormilón	-75.04	6.10416667
15	Pobladores cuenca alta del río Dormilón	-75.04	6.10416667
16	Proyecto sobre el río Dormilón cabecera de San Luis	-74.9880556	6.04083333
17	Confluencia de la quebrada La cuba con río Dormilón	-74.9666667	6.01805556
18	Posible proyecto intersección río Dormilón con autopista Medellín Bogotá	-74.9605556	6.01388889
19	Proyecto Porvenir 1	-74.9377778	5.99888889
20	Proyecto San Miguel en río Calderas	-75.0686111	5.99916667
21	Vista Proyecto turístico cuenca del río Santo Domingo	-75.1205556	5.98694444
22	Río Santo Domingo	-75.1213889	5.96861111
23	Descargas de los proyectos el Popal, El Molino y San Matías	-75.1177778	6.03472222
24	Descarga proyecto El Molino	-75.1347222	6.04694444
25	Captación el Popal	-75.1394444	6.02361111
26	Río Cocorná vista a Proyectos sobre el río	-75.2272222	6.03722222
27	Proyectos sobre río San Lorenzo La Cimarrona	-76.2808333	6.02361111
28	La Cimarrona La Hundida	-75.2808333	6.02361111
29	Proyecto Puente Linda	-75.1133333	5.56611111
30	Proyecto Uvital	-75.1302778	5.60277778
31	Proyecto Paloma 1	-75.1883333	5.71138889

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

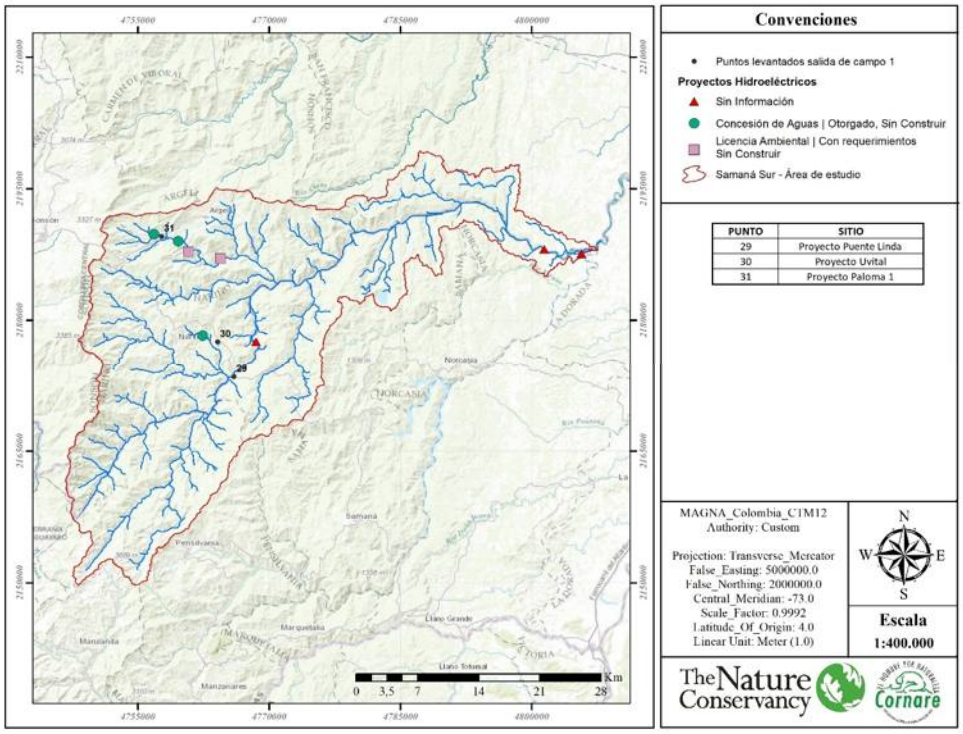
En la Figura 91 y Figura 92 se presentan los mapas con la georreferenciación de los puntos levantados en la salida de campo y la relación de los puntos identificados de las centrales hidroeléctricas en diferentes estados de gestión tanto para la cuenca del río Samaná Norte como para la cuenca del río Samaná Sur respectivamente, los cuales en el transcurso del desarrollo del proyecto se han modificado debido a la información que ha sido compartida por CORNARE y CORPOCALDAS y que han sido estudiados detalladamente, de tal forma que en las secciones 7.1.9, 7.2.8 y Capítulo 11 se presentan la identificación y descripción de los proyectos hidroeléctricos del área de estudio definitivos.

Figura 91. Relación de puntos levantados en campo y puntos de PCH identificadas en diferentes estados de gestión en la Cuenca del Río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consolidado de proyectos Cornare (2021)

Figura 92. Relación de puntos levantados en campo y puntos de PCH identificadas en diferentes estados de gestión en la Cuenca del Río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consolidado de proyectos Cornare (2021)

Durante la salida de campo se logró observar que en zonas de la planicie aluvial del río Tafetanes, en general en las riberas hay gran cantidad de potreros, y coberturas boscosas hacía la zona del embalse. Asimismo, se observa escasa presencia de viviendas y algunos potreros que sugieren actividad ganadera. De acuerdo con la zonificación ambiental del POMCA del Río Samaná Norte, está en un área de influencia de zonas de restauración ecológica para la conservación y protección ambiental, así como áreas de amenazas naturales; esto va en concordancia con lo observado ya que se mantiene las áreas de bosque y riberas conservando y protegiendo el recurso hídrico. El reporte detallado de la salida de campo puede consultarse en el Anexo - Fase II - 2.

8.1.2 *Salida de Campo 2: Continuación del reconocimiento de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur*

El trabajo de campo se realizó entre los días 23 al 26 de marzo de 2021, la cual tuvo como objetivo continuar con el recorrido de reconocimiento de las cuencas por los profesionales en hidrología y forestal, en compañía con el profesional especialista en hidrología de TNC. La 2ª salida de campo tuvo básicamente 2 propósitos, el primero fue hacer un reconocimiento de las cuencas haciendo énfasis, en aspectos morfológicos de cauces y de cuencas desde la experticia del profesional en hidrología; y el segundo propósito, a cargo del profesional forestal en hacer revisión y verificación del estado de las coberturas terrestres y usos del suelo de acuerdo con el diagnóstico de los POMCAS de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Los recorridos se agrupan por trayectos realizados para la salida de campo, los cuales se enlistan en la Tabla 61.

Tabla 61. Cuencas recorridas y analizadas durante el recorrido en el Samaná Norte y Samaná Sur, y los proyectos hidroeléctricos asociados para cada una de las cuencas

Trayecto	Nombre	Proyectos hidroeléctricos asociados	Cuenca
1	Cuenca alta y media río San Matías	(3). La Cascada (Q. Santa Bárbara), El Molino y San Matías	Samaná Norte
2	Cuenca alta río Tafetanes	(2). Trasvase Tafetanes y Tafetanes I	
3	Cuenca alta río Calderas	(1). Trasvase Calderas	
4	Cañón del Samaná Norte (Narices)	(2). Palagua y Porvenir II	
5	Cuenca alta, media y baja río Dormilón	(2). Sin nombre y San Luis	
6	Cuenca media quebrada La Tebaida	No	
7	Cuenca media río Calderas	(1). San Miguel	
8	Cuenca río Santo Domingo	(2). Santo Domingo y Santo Domingo I.	
9	Cuenca río Cocorná	(6). Cocorná I,II y III, Pantágoras y Popal.	
10	Cuenca alta río Negrito	Aun no se registra	Samaná Sur
11	Cuenca San Juan y San Pedro	Aún no se registra	
12	Cuenca río Espíritu Santo	(1). Uvital	
13	Cauce río Samaná Sur	Puente Linda	
14	Cuenca alta y media río La Paloma	(4). Palomas I,II, III y IV.	

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

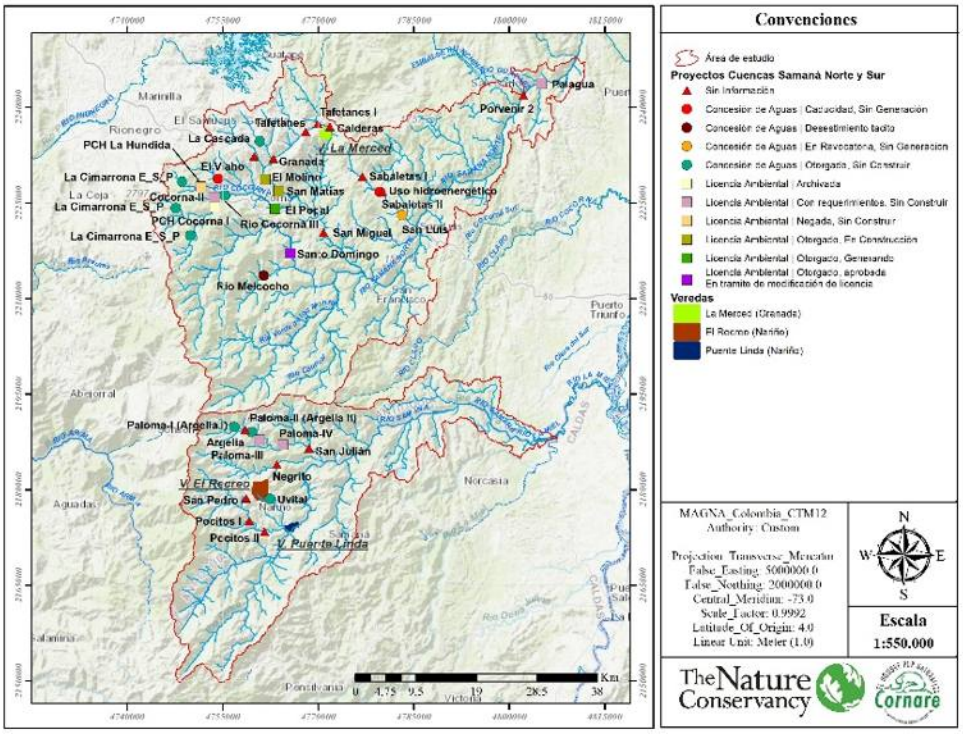
El reporte detallado de la salida de campo puede consultarse en el Anexo - Fase II - 3.

8.1.3 *Salida de Campo 3: Obtención información características socioeconómicas y percepción de la sostenibilidad*

El trabajo de campo se realizó entre los días 12 al 14 de abril de 2021, la cual tuvo como objetivo realizar entrevistas semiestructuradas a los habitantes de la vereda La Merced del municipio de Granada de la Cuenca del río Samaná Norte y en las veredas El Recreo y Puente Linda del municipio de Nariño de la Cuenca del río Samaná Sur, con el fin de construir información que aporte a la caracterización de las dinámicas socioeconómicas de los territorios, su relación con los servicios ecosistémicos y la percepción de la Sostenibilidad.

En la Figura 93 se presenta los puntos de los proyectos actuales y/o proyectados de centrales hidroeléctricas identificados tanto para la Cuenca del Río Samaná Norte como para la Cuenca del Río Samaná Sur, estos puntos fueron identificados de acuerdo a la información enviada por TNC y de acuerdo con información disponible de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-; y las veredas La Merced del municipio de Granada, El Recreo y Puente Linda pertenecientes al municipio de Nariño, en donde se realizaron las entrevistas semiestructuradas.

Figura 93. Veredas en donde se realizó las entrevistas y los puntos de proyectos de centrales hidroeléctricas identificados en las Cuencas de los ríos de Samaná Norte y Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del compilado de proyecto hidroeléctricos Cornare (2021)

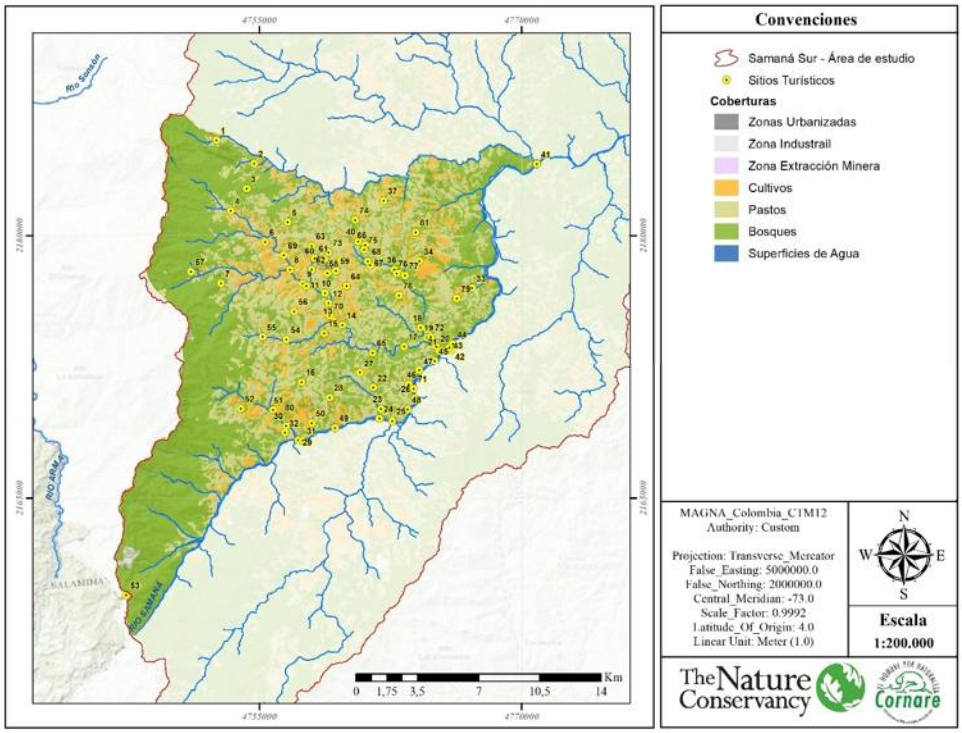
De acuerdo con la información obtenida se encontró que para la mayoría de los entrevistados la Sostenibilidad está asociada a la garantía de soporte económico y la comunicación física con los territorios donde se provén de servicios y productos básicos, y se realizan los intercambios comerciales. Se evidencia que la Sostenibilidad no se asocia con la importancia de los elementos naturales o de los elementos del territorio que le proveen los medios de sustento actual y futuro. La excepción a esta percepción de Sostenibilidad se identificó en la vereda La Merced del municipio de Granada, donde identifican la conservación de semillas, del agua y de la calidad del suelo como necesidades a futuro, esta diferencia puede estar marcada por los procesos de formación que han seguido los líderes en un contexto más intervenido con proyectos de infraestructura como lo es la cuenca del Samaná del Norte, de hecho, esta comunidad se encuentra ubicada en la ribera del embalse Calderas. El reporte detallado de la salida de campo puede consultarse en el Anexo - Fase II - 4.

8.1.4 *Salida de Campo 4: Identificación objetos de conservación cuenca del río Samaná Sur*

El trabajo de campo se realizó entre los días 4 al 6 de mayo de 2021, la cual tuvo como objetivo identificar objetos de conservación, la importancia que tiene para los actores y las amenazas que identifican sobre ellos, a través de la construcción colectiva en diálogo de saberes entre la comunidad y el equipo técnico.

En el recorrido se realizaron talleres en las veredas El Recreo y Puente Linda del municipio de Nariño en jurisdicción de la Cuenca del río Samaná Sur. En la Figura 94, se presenta uno de los instrumentos de recolección de información que corresponde al mapa de la ubicación de Nariño, con sus respectivas veredas, quebradas y ríos afluentes al río Samaná Sur, cobertura vegetal clasificadas como Bosque, Cultivos (transitorios y permanentes), Pastos y Zonas Urbanizadas; puntos de sitios de potencial turístico identificados en el municipio con el objetivo de articularlo con el Esquema de Ordenamiento Territorial de Nariño (ver 8.3.2.11 donde se presenta las actividades turísticas de la Cuenca del río Samaná Sur y se observa la tabla con estos sitios turísticos).

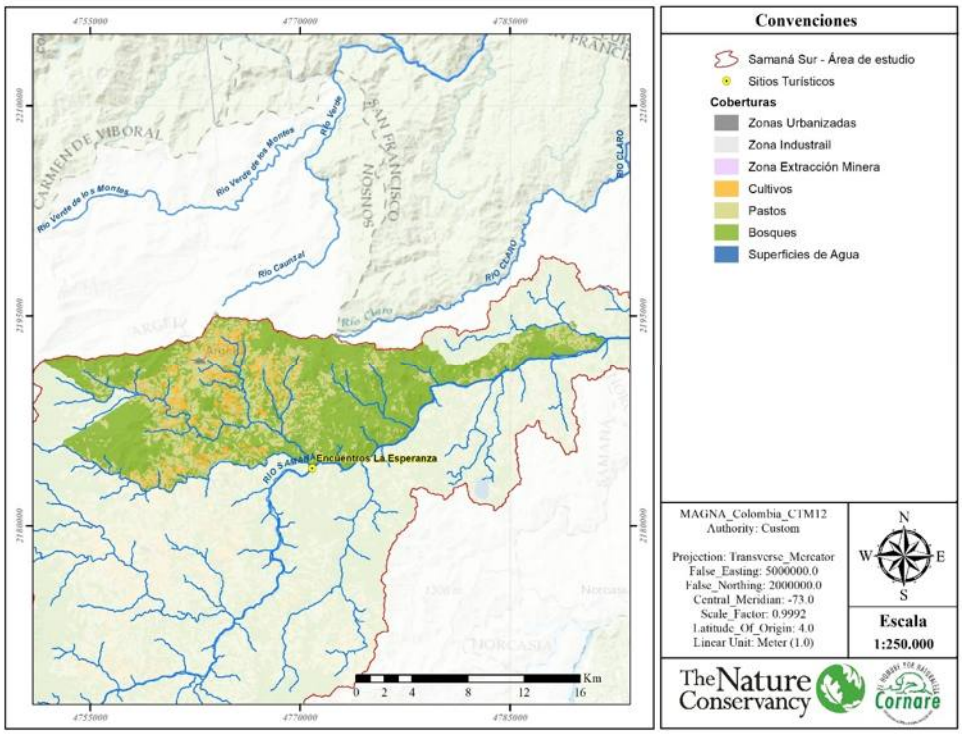
Figura 94. Mapa de ubicación, cobertura vegetal y sitios turísticos del municipio de Nariño



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

Asimismo, se realiza un taller en la cabecera municipal de Argelia en jurisdicción de la Cuenca del río Samaná Sur. En la se presenta uno de los instrumentos de recolección de información que corresponde al mapa de la ubicación de Nariño, con sus respectivas veredas, quebradas y ríos afluentes al río Samaná Sur, cobertura vegetal clasificadas como Bosque, Cultivos (transitorios y permanentes), Pastos y Zonas Urbanizadas.

Figura 95. Mapa de ubicación, cobertura vegetal y sitios turísticos del municipio de Argelia



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

El reporte detallado de la salida de campo puede consultarse en el Anexo - Fase II - 5.

8.1.5 *Salida de Campo 5: Reconocimiento de los proyectos El Molino, el Popal, San Matías y San Miguel*

El trabajo de campo se realizó entre los días 9 al 10 de junio de 2021 con la compañía de equipo de licencias de Cornare. La salida tuvo como objetivo el reconocimiento de las zonas de pondaje, descarga, casa de máquinas y tramo seco de los proyectos PCH El Molino, PCH El Popal, PCH San Matías y CH San Miguel, así como también la identificación de algunos sitios de interés recreativo y cultural de gran importancia para las comunidades. Durante la visita a los proyectos se recorrieron las instalaciones, se identificaron los modos de operación de las centrales tanto a nivel hidro-sedimentológico como a nivel de generación energética. Por otra parte, se visitaron diversas zonas en donde se adelantan labores de compensación principalmente acciones de reforestación (viveros y áreas de plantación). Se identificaron referentes ambientales importantes por su importancia turística como espiritual y culturas como el charco La Planta y la zona de balneario del río Santo Domingo.

Durante la visita al proyecto, se visitó el área de vivero del proyecto San Miguel, zona donde se realiza la extracción de material genético nativo para adelantar las labores de reforestación en las zonas de compensación del proyecto. En general, el vivero mantiene un aproximado de 89 especies con un total de 3500 plántulas. Entre las especies se tiene Comino, Guayacán, Azúcenos, etc (ver

Foto 46). Otra de las labores que ha adelantado el proyecto es la recuperación del camino ancestral la Tebaiba.

Foto 1. Área de vivero de la central hidroeléctrica San Miguel



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Al igual que la Central San Miguel el proyecto realiza labores de reforestación en áreas de compensación del corredor biológico PCH Popal, PCH San Matías y PCH El Molino el cual cuenta con 202.22 hectáreas situadas en las Veredas La inmaculada, La Aurora, San Lorenzo y Los Mangos del Municipio de Cocorná. El corredor es un área de protección de biodiversidad conformado por predios conectados entre sí (ver Foto 47)

Foto 2. Área de vivero de la central hidroeléctrica San Miguel



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

El reporte detallado de la salida de campo puede consultarse en el Anexo - Fase II - 6.

8.2 Talleres

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, el producto de diagnóstico debía soportar 3 talleres con los diferentes actores

de las cuencas. No obstante, se adelantaron un total de 25 talleres en fase de diagnóstico entre presenciales y virtuales.

Tabla 62. Fecha y modalidad de los talleres realizados

Taller	Fecha	Modalidad	Fase	
1	3/06/2021	Virtual	Diagnóstico	Ciclo de talleres con otros actores
2	13/05/2021	Virtual	Diagnóstico	
3	6/05/2021	Virtual	Diagnóstico	
4	6/05/2021	Virtual	Diagnóstico	
5	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	Ciclo de talleres con los generadores y la autoridad ambiental
6	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
7	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
8	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
9	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
10	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
11	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
12	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
13	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
14	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
15	16/04/2021	Virtual	Diagnóstico	
16	27/03/2021	Presencial	Diagnóstico	Segundo ciclo de talleres con las comunidades
17	26/03/2021	Presencial	Diagnóstico	
18	25/03/2021	Presencial	Diagnóstico	
19	24/03/2021	Presencial	Diagnóstico	
20	23/03/2021	Presencial	Diagnóstico	
21	22/03/2021	Presencial	Diagnóstico	
22	22/03/2021	Presencial	Diagnóstico	
23	1/03/2021	Presencial	Diagnóstico	Primer ciclo de talleres con las comunidades
24	28/02/2021	Presencial	Diagnóstico	
25	27/02/2021	Presencial	Diagnóstico	

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En el Capítulo 10 se relaciona los talleres de Conservación Basada en Comunidades, con respecto a la identificación de objetos de conservación, su importancia y amenazas que han sido identificadas por los habitantes de las cuencas, así como los talleres adelantados con los funcionarios de Cornare, generadores del sector hidroenergético y otros actores de las cuencas. Es de resaltar que los municipios y veredas priorizadas para los talleres correspondieron a los seleccionados en el marco del proyecto de Conservación Basada en Comunidades. A continuación, se realiza una breve descripción de los diferentes ciclos de talleres (para mayor detalle remitirse al Anexo - Fase II - 7).

8.2.1 *Ciclo de taller con las comunidades - conservación basada en comunidades*

Se realizaron diferentes talleres a las comunidades de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, en las veredas La Cristalina, el Prodigio, La Garrucha del municipio de San Luis y en la su cabera municipal; en las veredas el Pajuí, Boquerón del municipio de San Francisco, y en la vereda de Puerto Garza del municipio de San Carlos; estos talleres tuvieron como objetivo la obtención de información de aspectos relacionados a los usos del agua, identificación de actividades asociadas al ecosistema acuático, identificación de proyectos pensando específicamente en el recurso agua, incluyendo los ecosistemas, plantas y animales para el futuro del territorio; la identificación de

ecosistemas o hábitats acuáticos; identificación de proyectos enfocados al turismo y a la conservación de los ecosistemas en los territorios; la identificación de la biodiversidad por parte de los habitantes de las veredas, entre otras.

Con estos talleres fue posible la identificación y el diagnostico de objetos de conservación basados en la comunidad, la importancia, el estado de salud actual, la identificación de problemáticas en torno a los impactos, la conservación y los actores relacionados a los objetos de conservación, con el fin de identificar estrategias acordes a la protección de los objetos de conservación y la Sostenibilidad de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

8.2.2 *Ciclo de talleres con la autoridad ambiental y los generados del sector hidroenergético*

Las actividades de los talleres se llevaron a cabo el viernes 16 de abril de 2021 entre las 8:00 am y las 4:10 pm. En el primer bloque de la mañana entre las 8:00 am y las 10:30 am se realizan los talleres con los funcionarios de CORNARE de diferentes dependencias; tales como, oficina de licencias y permisos ambientales, grupo de bosques y biodiversidad, la subdirección de planeación -POMCAS-, oficina de ordenamiento ambiental del territorio y gestión del riesgo, regional de aguas, regional de páramo, la subdirección de educación ambiental, la regional de Valles de San Nicolás, entre otros. La obtención de información de los talleres del primer bloque se enfoca en tres temáticas fundamentales: (a) Objetos de conservación y ríos libres, (b) Sostenibilidad ambiental, económica y social y (c) Amenazas a la Sostenibilidad; teniendo en cuenta los aspectos que implican los proyectos hidroenergéticos para la zona de influencia, tanto para la Cuenca del río Samaná Norte como para la Cuenca del río Samaná Sur.

Por otro lado, en el segundo bloque del día entre 10:30 am a 12:00 m y 2:00 pm a 4:10 pm, se realizan los talleres con los representantes de diferentes proyectos hidroeléctricos identificados tanto para la Cuenca del Río Samaná Norte como para la Cuenca del Río Samaná Sur. La obtención de información de los talleres del segundo bloque se enfoca en identificar aspectos relacionados con el que hacer de las centrales frente a la sostenibilidad y reconocer situaciones, elementos y condiciones que pueden representar amenazas a la sostenibilidad, de proyectos hidroenergéticos y en general a las cuencas donde se encuentran los proyectos.

8.2.3 *Ciclo de talleres con otros actores*

Tomando en cuenta la solicitud expresa realizada por Cornare de interactuar con otros actores, el 6 de mayo de 2021, se realizaron los talleres con las Secretarías Municipales de Argelia, Sonsón, Nariño y la agencia de turismo Sontravels. Es importante mencionar que la invitación a los talleres fue extendida a varios actores; sin embargo, los anteriormente mencionados fueron los únicos que atendieron la convocatoria. En este sentido, los talleres tuvieron como objetivo la obtención de información enfocada en tres temáticas fundamentales: (a) Objetos de conservación y ríos libres, (b) Sostenibilidad ambiental, económica y social y (c) Amenazas a la Sostenibilidad; teniendo en cuenta los aspectos que implican los proyectos hidroenergéticos para la zona de influencia, en la cuenca del río Samaná Sur.

Adicionalmente y por petición de CORNARE, se realizó un conversatorio con funcionarios de ISAGEN el jueves 13 de mayo de 2021 y con Acolgen el 6 de junio, para complementar el taller con generadores en la cuenca del río Samaná Norte, la cual tuvo como objetivo en identificar aspectos

relacionados con el que hacer de las centrales frente a la sostenibilidad y reconocer situaciones, elementos y condiciones que pueden representar amenazas a la sostenibilidad, de proyectos hidroenergéticos y en general a las cuencas donde se encuentran los proyectos.

8.3 Cuenca del río Samaná Norte

8.3.1 *Caracterización biofísica*

8.3.1.1 Geología

Para la elaboración de proyectos o estudios someros como este se hace necesaria la identificación de unidades geológicas superficiales las cuales contribuyan al entendimiento de la estabilidad del terreno, condiciones de cimentación, excavabilidad, agresividad del terreno por corrosión, entre otros.

Las unidades geológicas superficiales de la cuenca corresponden a:

Srri: Suelos residuales derivados de rocas intrusivas.

Srrg: Suelos residuales derivados de neises.

Srre: Suelos residuales derivados de esquistos.

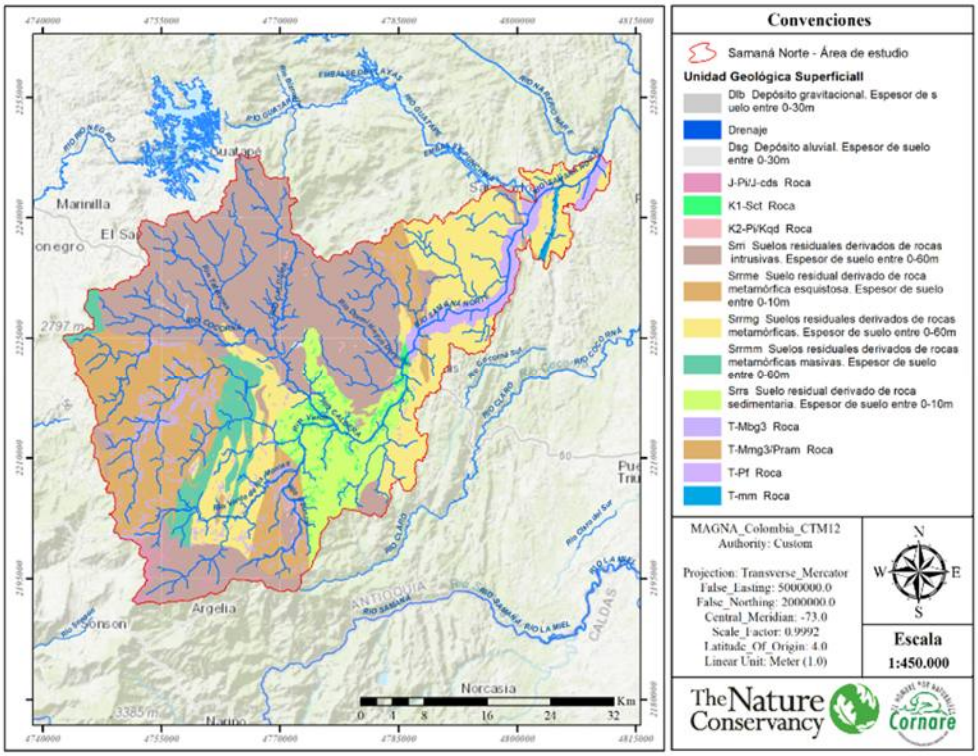
Srrm: Suelos residuales derivados de rocas metamórficas masivas.

Srrub: Suelos residuales derivados de rocas ultrabásicas.

Dsg. Depósitos aluviales de arena y grava.

Dlb. Depósitos gravitacionales de limos, de cantos y bloques.

Figura 96. Mapa de unidades geológicas superficiales



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017c)

Cada una de estas unidades superficiales cuenta con características y propiedades geomecánicas e hidráulicas que las diferencian de las demás. En la Tabla 63 se presentan algunas de estas propiedades, los valores medios se encuentran en la celda superior, y las desviaciones estándar en la celda inferior.

Tabla 63. Características y Propiedades de los Suelos de las Formaciones Superficiales en la cuenca del río Samaná Norte

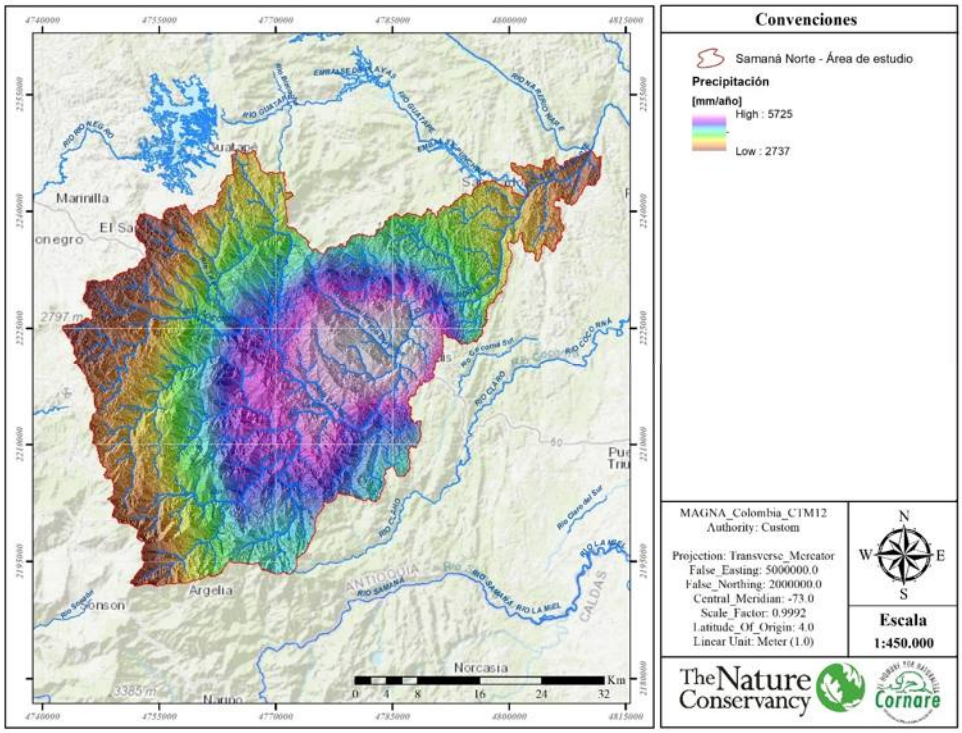
Formación		Srrmg	Srrme	Srrmm	Srri	Srre	Srrs	Dsg	Dlb
Propiedad	**Unidad**								
Peso unitario seco	kN/m³	11,9	12,1	0,9	10,7	12	12,4		11,8
		1,6	0,9	1,1	1,0	0,8	1,42		2,4
Cohesión	kPa	39	31	32	17	24		0	39
		23	7	25	5	14			21
Ángulo de fricción	°	25	20	21	27	30		27	18
		9	5	8	3	4			9
Permeabilidad	cm/s	$6^{*}10^{-7}$	$4^{*}10^{-6}$	$6^{*}10^{-7}$	$5^{*}10^{-6}$	$3^{*}10^{-7}$			
		10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	$2^{*}10^{-7}$			
Infiltración	cm/h	4,2	3,7	3,8	3,9			2,9	4 (e)
		3,1	2,7	2,1	1,8			2	3 (e)

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información del Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017c)

8.3.1.2 Hidroclimatología

La precipitación media anual para la cuenca se presenta en la Figura 97. Se puede observar que la precipitación oscila entre los 5727-2737 mm/año. En los extremos de la cuenca (tanto en la zona Oeste de mayor relieve como en la zona de la desembocadura), se dan los menores valores de precipitación, oscilando entre los 2737 y 3000 mm en promedio al año. En la parte media de la cuenca, el gradiente de precipitación va aumentado hasta alcanzar valores máximos. Finalmente, se estima que la precipitación media en la cuenca del río Samaná Norte es de 4438 mm/año.

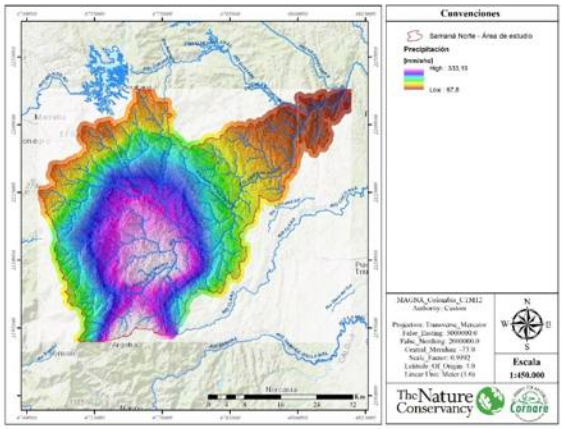
Figura 97. Precipitación media anual en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

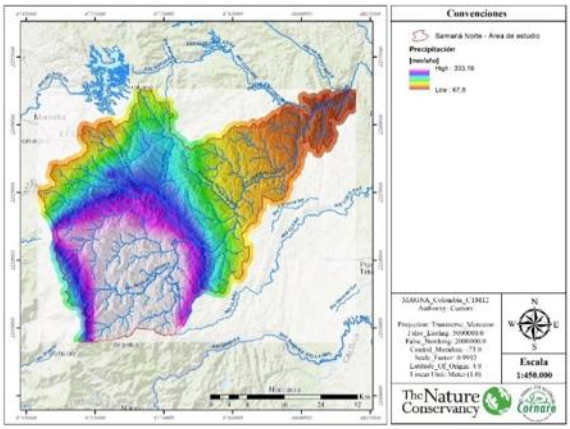
En la cuenca del río Samaná Norte, la menor precipitación tiene lugar durante los meses de enero y febrero. En dichos meses, la precipitación mensual varía desde los 67 mm hasta los 333 mm siguiendo el patrón de distribución espacial comentado anteriormente (con mayor precipitación en el interior de la cuenca). La precipitación va aumentando a lo largo del mes de marzo hasta producirse un primer máximo en el mes de abril (o mayo dependiendo de la región) llegándose a alcanzar valores superiores a los 500 mm en las zonas del interior de la cuenca. A lo largo de los meses de junio y julio comienza nuevamente a disminuir la precipitación. Finalmente, ésta comienza a aumentar en los meses siguientes hasta alcanzar un segundo máximo durante el mes de septiembre (u octubre dependiendo de la región) llegándose a alcanzar cerca de los 670 mm mensuales en las zonas del interior de la cuenca.

Figura 98. Precipitación de enero en la cuenca



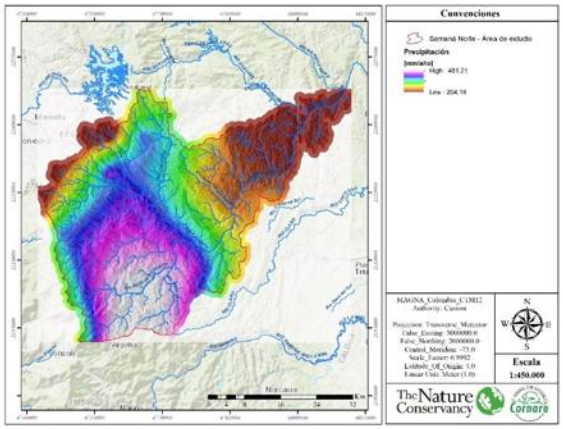
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 99. Precipitación de febrero en la cuenca



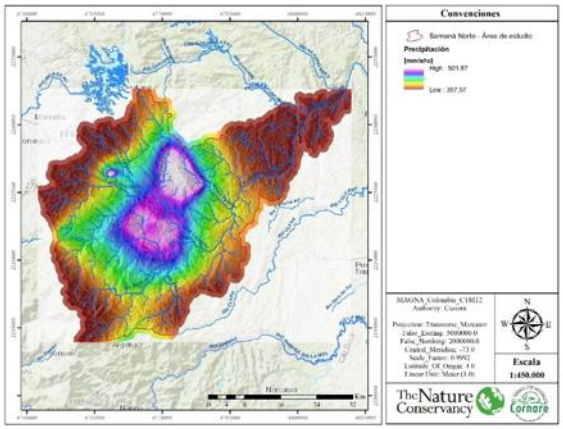
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 100. Precipitación de marzo en la cuenca



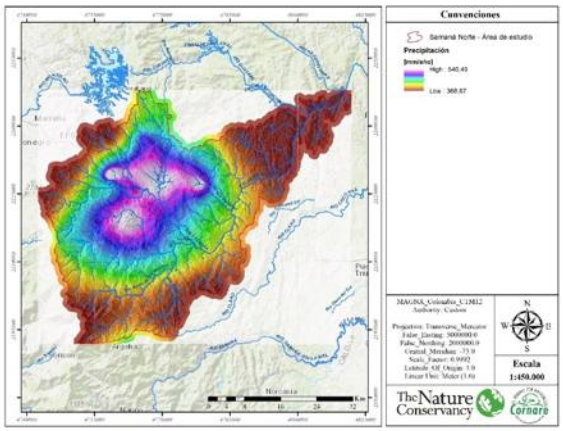
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 101. Precipitación de abril en la cuenca



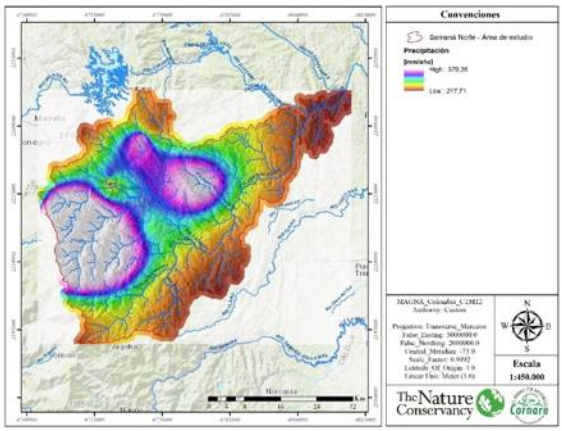
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 102. Precipitación de mayo en la cuenca



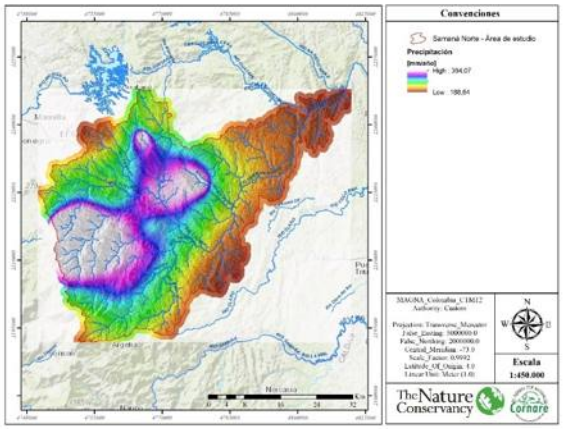
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 103. Precipitación de junio en la cuenca



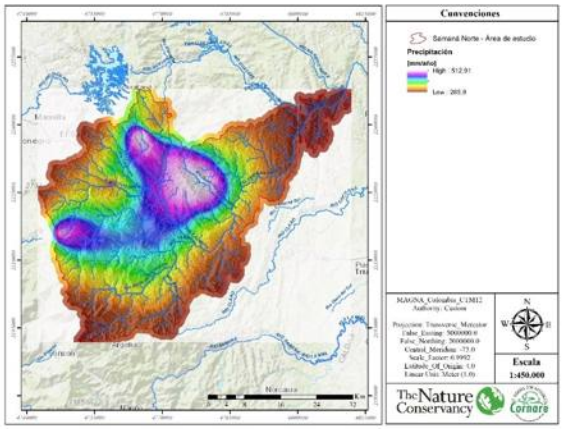
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 104. Precipitación de julio en la cuenca



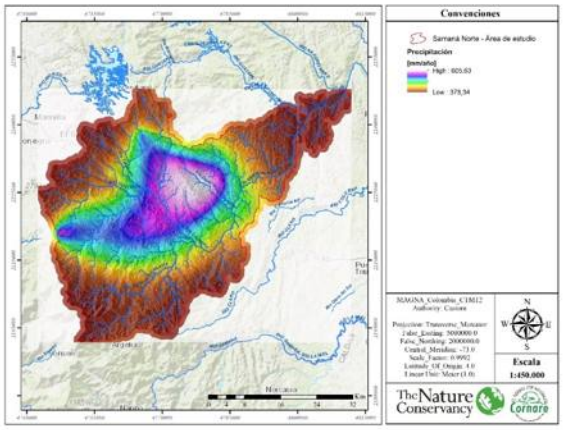
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 105. Precipitación de agosto en la cuenca



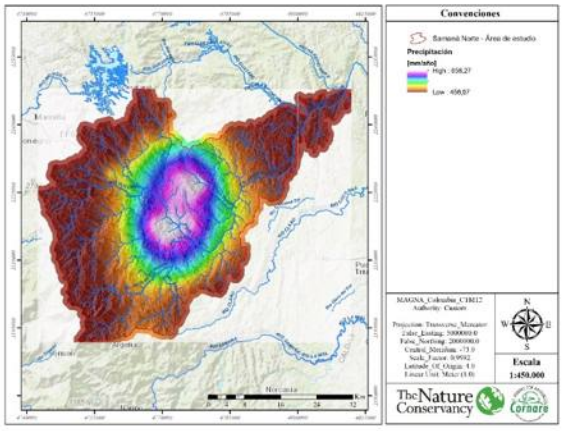
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 106. Precipitación de septiembre en la cuenca



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 107. Precipitación de octubre en la cuenca



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 108. Precipitación de noviembre en la cuenca

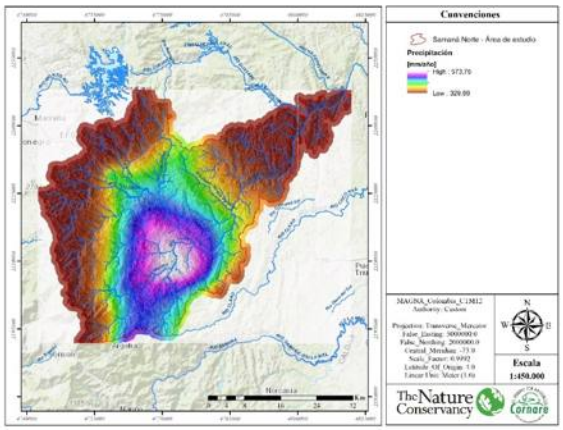
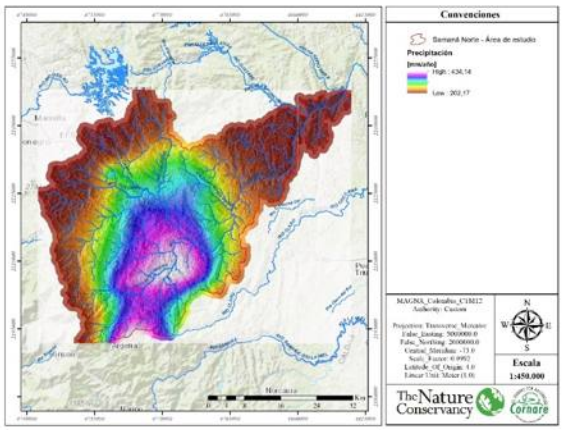


Figura 109. Precipitación de diciembre en la cuenca

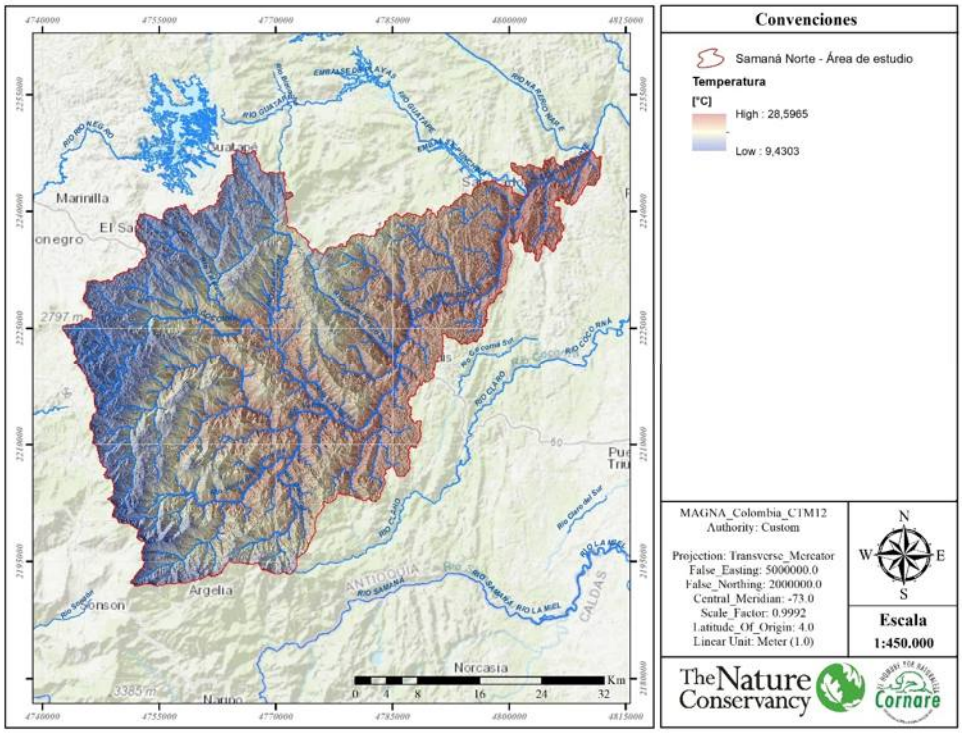


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

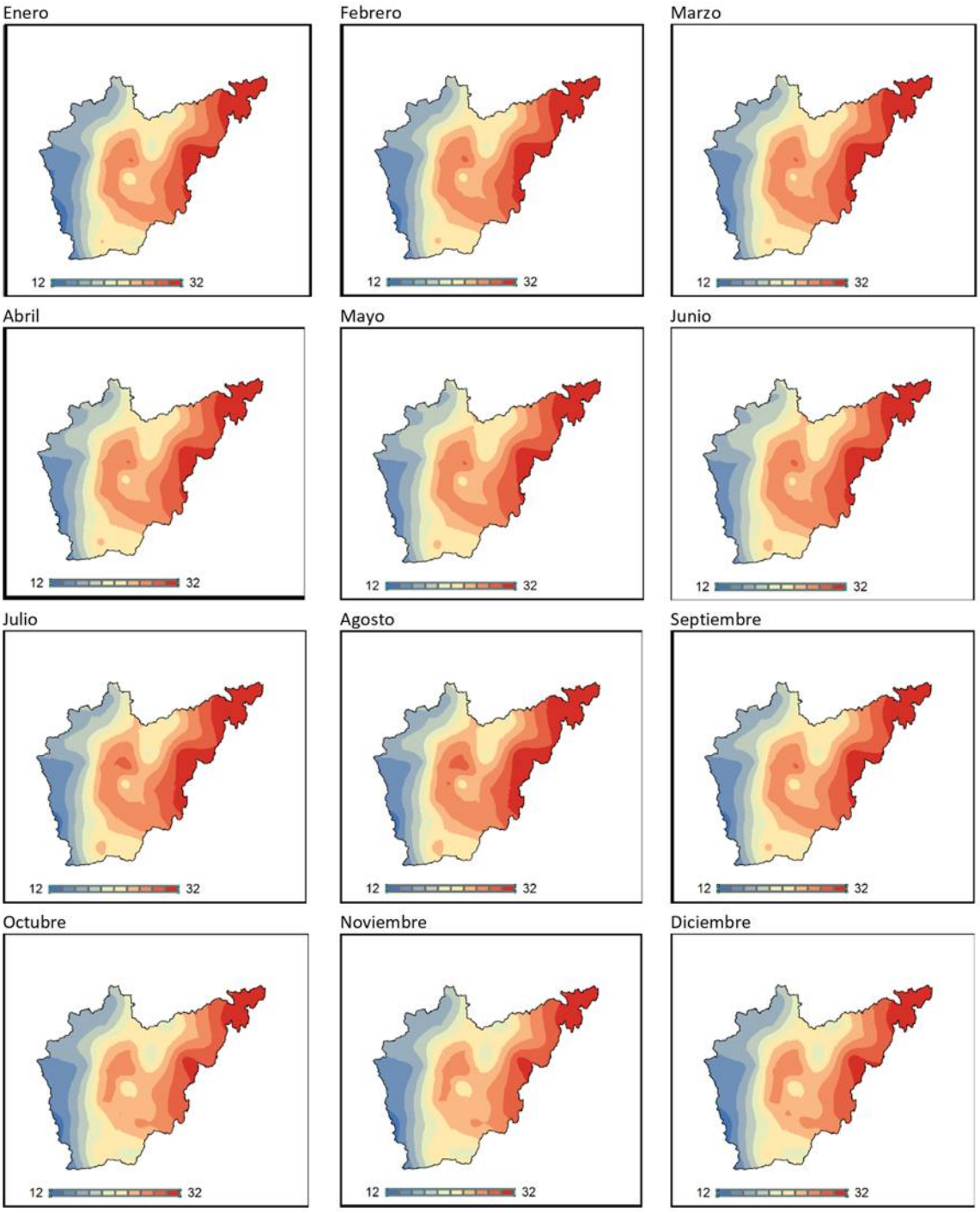
El campo de temperatura media anual se presenta en la Figura 110, se determinó que la temperatura en la cuenca oscila entre los 28,6-9,4°C con un valor promedio de 2,3°C y una desviación estándar de 3,7°C. A nivel mensual se puede observar en que este gradiente se mantiene casi constante a lo largo del año. Las temperaturas máximas se alcanzan en el mes de junio y las menores en el mes de enero.

Figura 110. Temperatura media anual en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

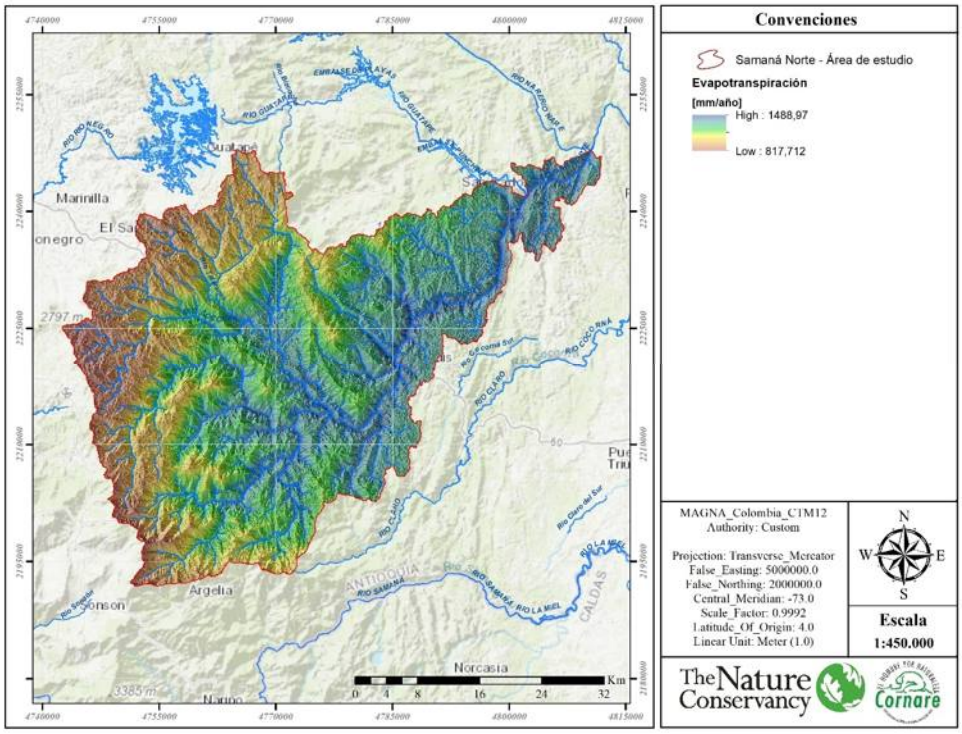
Figura 111. Temperatura mensual



Fuente: Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2016)

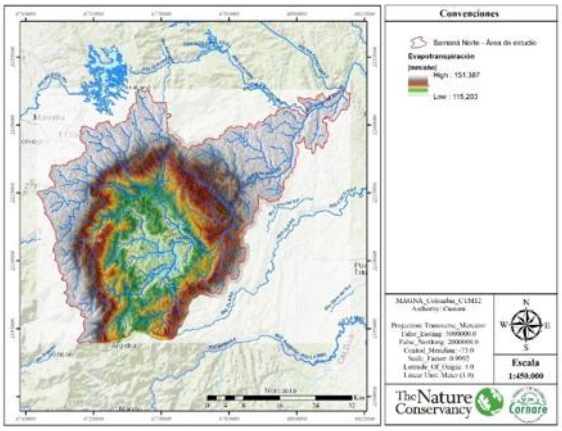
Por otra parte, en la Figura 112 se presenta el campo de evapotranspiración real (ETR) estimado para la cuenca, se determinó que la ETR en la cuenca oscila entre los 1489-818 mm/año con un valor promedio de 1218 y una desviación estándar de 140 mm/año.

Figura 112. Evapotranspiración real media anual en la cuenca del río Samaná Norte



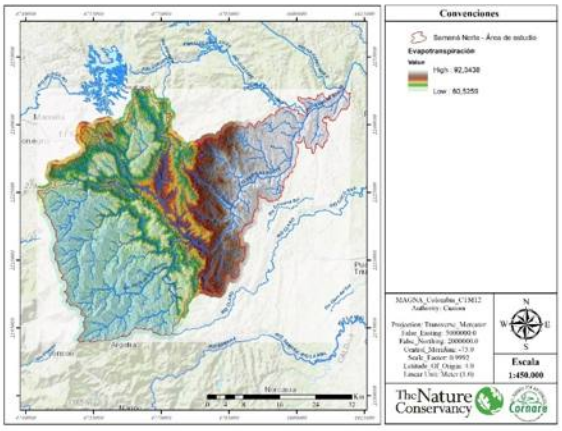
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 113. Evapotranspiración real de enero



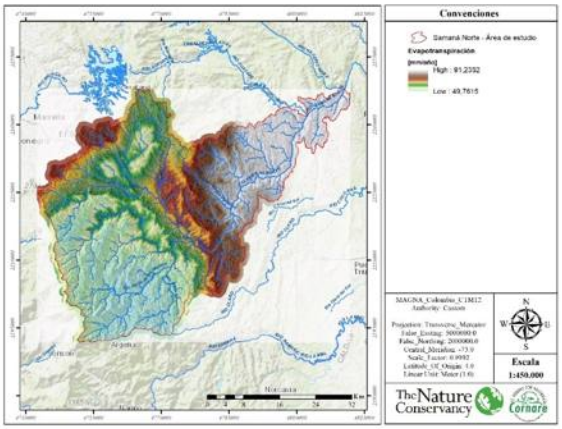
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 114. Evapotranspiración real de febrero



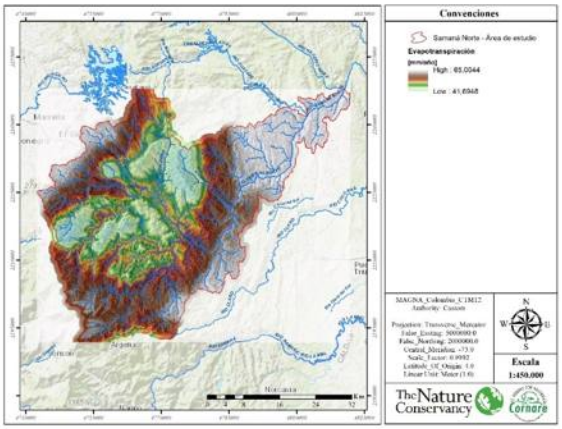
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 115. Evapotranspiración real de marzo



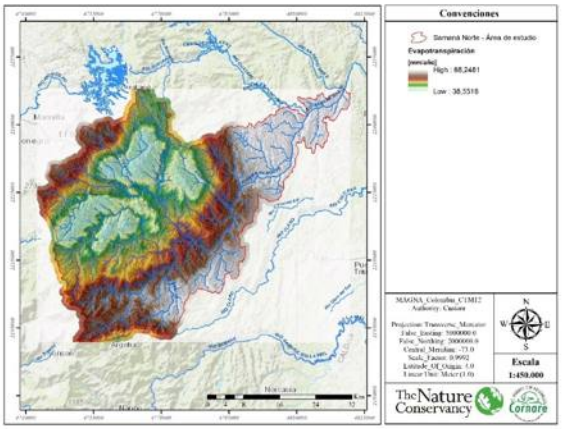
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 116. Evapotranspiración real de abril



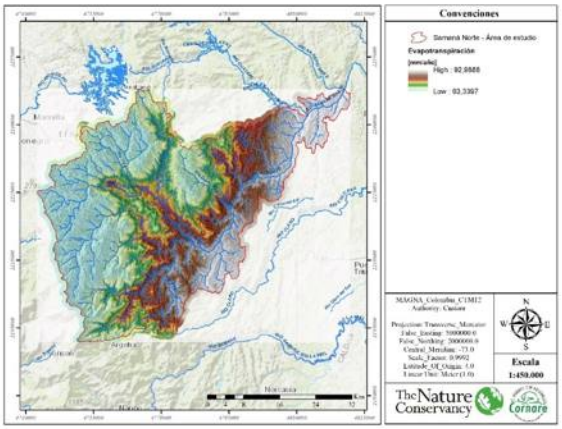
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 117. Evapotranspiración real de mayo



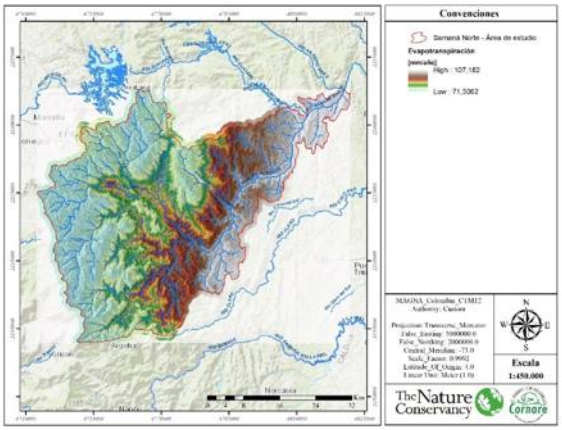
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 118. Evapotranspiración real de junio



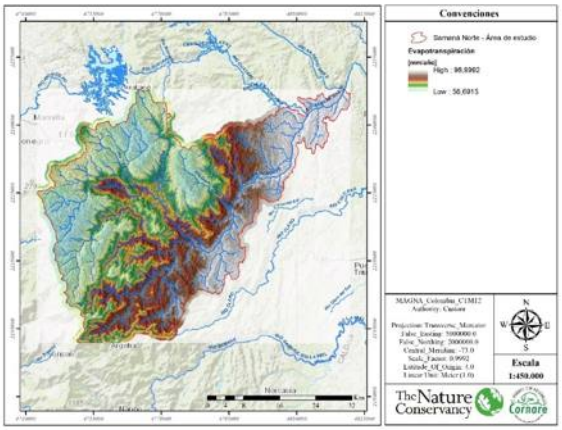
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 119. Evapotranspiración real de julio



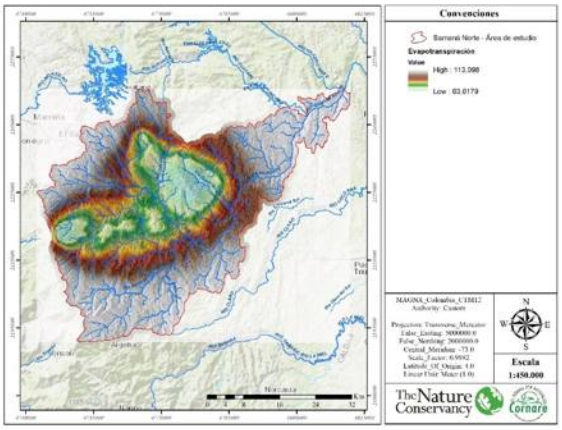
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 120. Evapotranspiración real de agosto



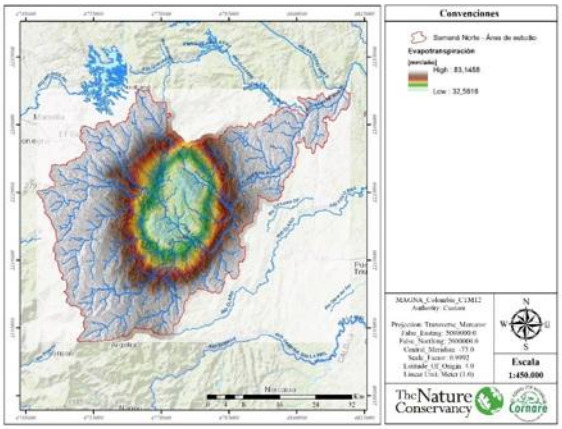
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 121. Evapotranspiración real de septiembre



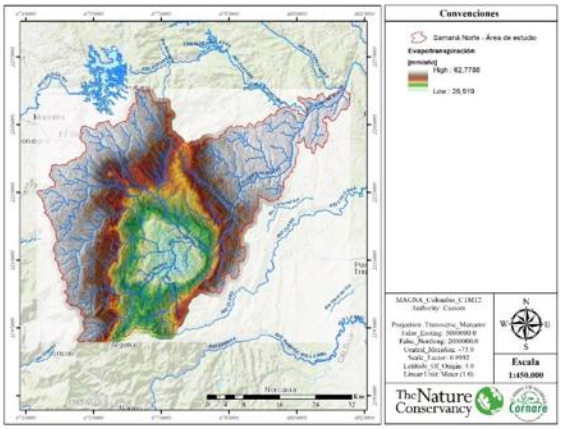
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 122. Evapotranspiración real de octubre



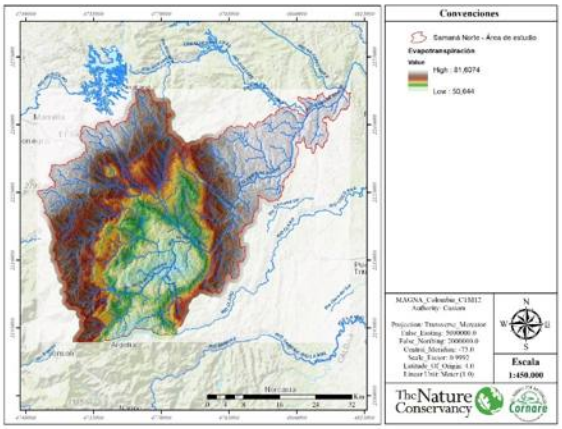
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 123. Evapotranspiración real de noviembre



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 124. Evapotranspiración real de diciembre



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- *Caudal de largo plazo*

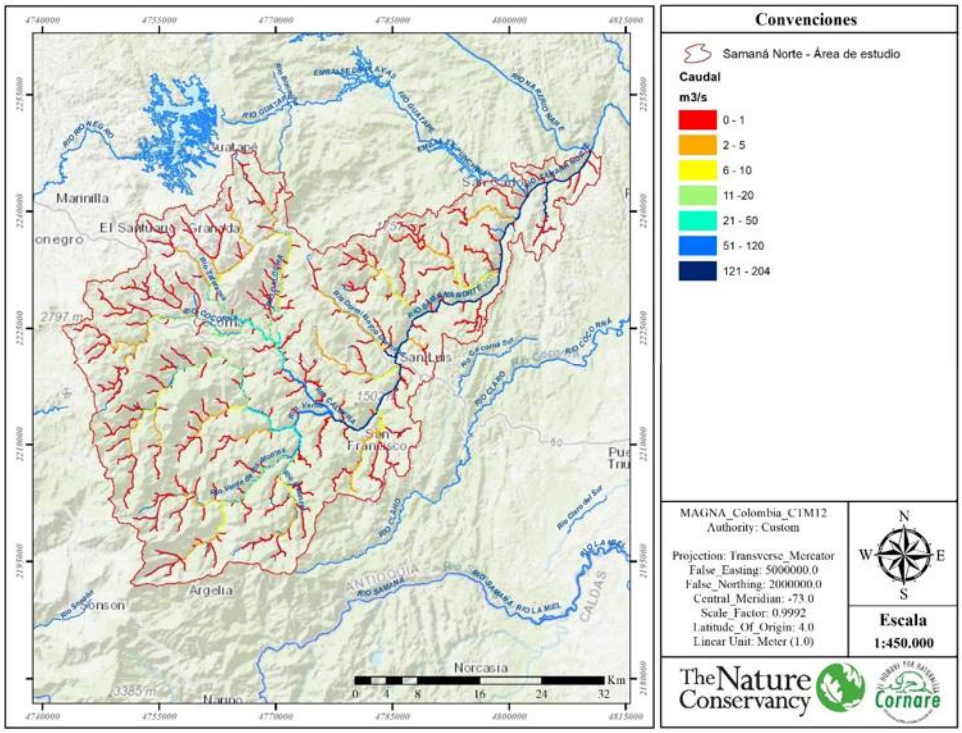
La cantidad de agua disponible delimita las posibilidades de hábitat para diferentes comunidades en los ecosistemas de agua dulce, por tal motivo el caudal se presenta como elemento de clasificación a la hora de diferenciar una unidad.

Para esto se propone usar el caudal medio de largo plazo, que como menciona Álvarez-Villa (2007), este evita la dificultad de estimar el balance de agua neto subterráneo y es casi exacto para grandes cuencas en donde el flujo subterráneo entra a la red de canales como flujo base. Este caudal se obtiene como la diferencia entre la precipitación (P) y la evapotranspiración real (E), escalada con el área de la cuenca permite estimar en el largo plazo la cantidad de agua que se transporta en cada cuenca o unidad de segmentación.

$$Q = A(P - E)$$

El balance hidrológico de largo plazo ha probado ser una buena metodología para la estimación del caudal medio anual (Vélez et al., 2000). En la Figura 125 se presenta el mapa de caudal medio de largo plazo para la cuenca del río Samaná Norte.

Figura 125. Caudal medio de largo plazo en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- *Clasificación climática de Caldas Lang*

La clasificación de Caldas fue ideada en 1802 por Francisco José de Caldas, se consideró únicamente la variación de la temperatura con la altura (pisos térmicos) y su aplicabilidad es exclusiva para el trópico americano. En Colombia es la más conocida por el usuario común, pero es incompleta, debido a que únicamente considera el factor térmico. Caldas estableció cinco pisos térmicos que pueden verse en la Tabla 64.

Tabla 64. Clasificación climática según Caldas

Piso térmico	Altura (m.s.n.m)	Temperatura (°C)	Símbolo
Cálido	0 - 1000	> 24	C
Templado	1001 - 2000	24 > T >= 17,5	T
Frío	2001 - 3000	17,5 > T >= 12	F
Páramo bajo	3001 - 3700	12 > T >= 7	Pb
Páramo alto	3701 - 4200	T < 7	Pa

Fuente: Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2016)

La clasificación de Richard Lang, establecida en 1915, utiliza la precipitación anual en mm y la temperatura media anual en °C. Los dos parámetros se relacionan mediante el cociente entre la

precipitación (P) y la temperatura (T), llamado factor de Lang, y se obtienen seis clases de clima (ver Tabla 65).

Tabla 65. Clasificación climática según Lang

Factor de Lang (P/T)	Clasificación de clima	Símbolo
0-20	Desértico	D
20,1- 40	Árido	A
40,1 - 60	Semiárido	Sa
60,1 - 100	Semihúmedo	Sh
100,1 – 160	Húmedo	H
>160	Superhúmedo	SH

Fuente: Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2016)

Schaufelberguer en 1962, unió la clasificación de Lang con la clasificación de Caldas con lo cual obtuvo 25 tipos de climas que tienen en cuenta la elevación del lugar, la temperatura media anual y la precipitación total media anual (ver Tabla 66).

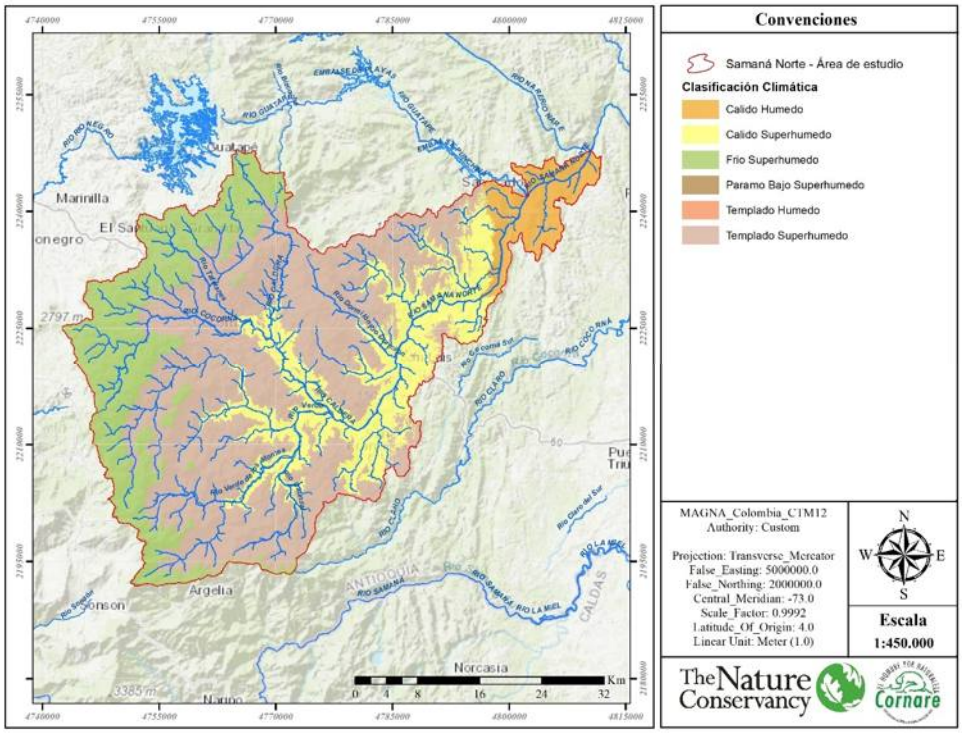
Tabla 66. Clasificación de Caldas-Lang

Tipo climático	Símbolo
Cálido superhúmerdo	CSH
Cálido húmedo	CH
Cálido semihúmedo	Csh
Cálido semiárido	Csa
Cálido árido	CA
Cálido desértico	CD
Templado superhúmerdo	TSH
Templado húmedo	TH
Templado semihúmedo	Tsh
Templado semiárido	Tsa
Templado árido	TA
Templado desértico	TD
Frío superhúmerdo	FSH
Frío húmedo	FH
Frío semihúmedo	Fsh
Frío semiárido	Fsa
Frío árido	FA
Frío desértico	FD
Páramo bajo superhúmerdo	PBSH
Páramo bajo húmedo	PBH
Páramo bajo semihúmedo	PBsh
Páramo bajo semiárido	PBsa
Páramo alto superhúmedo	PASH
Páramo alto húmedo	PAH
Nieves perpétuas	NH

Fuente: Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2016)

Bajo esta metodología, la cuenca del Río Samaná Norte queda entonces zonificada como se muestra en la Figura 126 donde puede en la parte baja de la cuenca se da una un clima cálido húmedo, en la parte media de la cuenca se presenta un clima cálido superhúmedo y templado superhúmedo y en la parte alta de la cuenca se presenta un clima frio superhúmedo.

Figura 126. Clasificación climática de Caldas Lang



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

8.3.1.3 Geomorfología

De acuerdo con las necesidades particulares del proyecto, y con miras a la definición del índice de sostenibilidad ambiental, dentro de los elementos necesarios para los análisis se encuentran la definición, desde el punto de vista geomorfológico, de las áreas o planicies inundables asociado a las principales corrientes de agua.

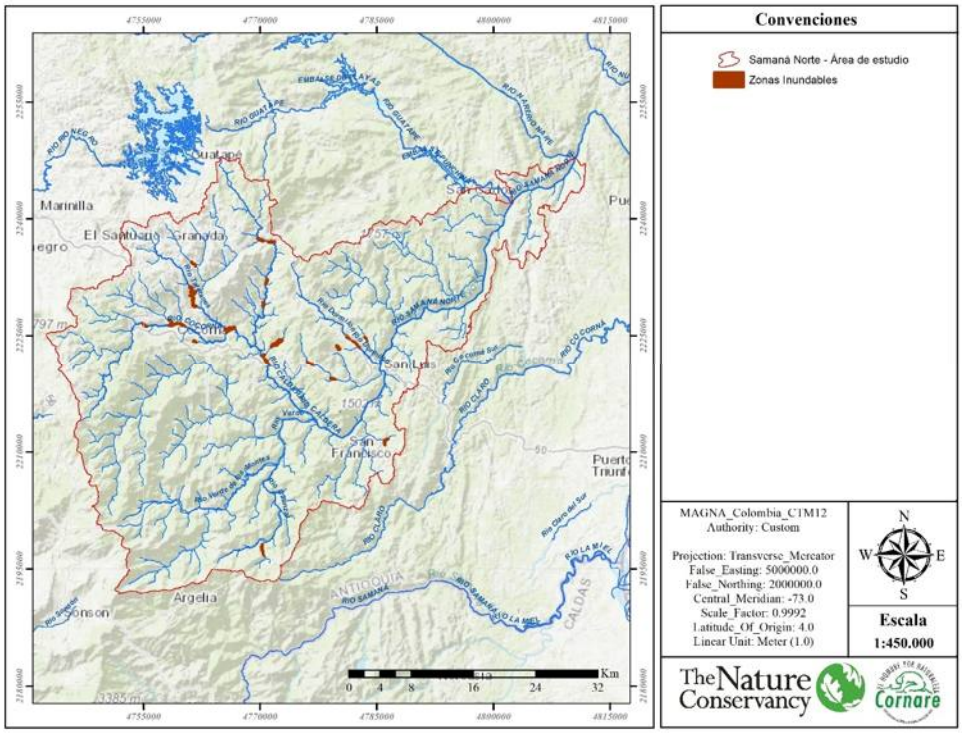
Para el desarrollo de este análisis se recopila la información geológica y geomorfológica obtenida en los análisis del POMCA y en los estudios de amenaza llevados a cabo por parte de la Corporación. En la caracterización se utilizan las subunidades geomorfológicas obtenidas por el POMCA tanto a partir de la aplicación del método de Carvajal (2008), como a las formas de terreno identificadas a partir del método de Zinck (2012), y que corresponden a aquellas áreas planas a cóncavas asociadas a las zonas bajas de los ríos y principales quebradas, donde se producen inundaciones periódicas relacionadas con las lluvias dentro de la cuenca; estas zonas generalmente permanecen encharcadas durante grandes periodos de tiempo imprimiendo fuertes restricciones al uso del suelo, además pueden sufrir encharcamientos debido a lluvias locales.

Al revisar la información existente se procede a contrastarla con la realidad observadas para la cuenca y a partir de un proceso de fotointerpretación y análisis de sensores remotos de la cuenca, usando la información básica disponible como análisis de sensores remotos y fotografías aéreas, mapas topográficos, mapa de pendientes y un modelo de elevación digital (MED). Dentro de la elaboración de este proceso, igualmente, se realiza la evaluación de la información geológica de las diferentes unidades litológicas, respecto a su ambiente de formación, composición litológica,

expresión morfológica y los elementos estructurales, con el fin de definir la relación con las unidades geomorfológicas a cartografiar. A partir de este análisis es posible definir, que la información obtenida en el POMCA con respecto a superficies inundables, no es congruente, en ciertos sectores, con las condiciones particulares de la Cuenca, por lo que es necesario llevar a cabo un ajuste a partir de proceso de fotointerpretación en este tema.

En este caso, las subunidades geomorfológicas a analizar corresponden a las relacionadas con el ambiente fluvial, es decir, las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes (SGC, 2012), debido a que en ellas es donde se presenta la mayor susceptibilidad a los fenómenos de inundaciones. Estas zonas corresponden principalmente a planos o llanuras de inundación, superficies inundables y vegas de vallecitos principalmente. Este trabajo igualmente es contrastado con la realización de perfiles transversales para verificación de las condiciones identificadas a través del proceso de fotointerpretación.

Figura 127. Delimitación de planicies inundables en la Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Particularmente, para la cuenca del Río Samaná Norte, las condiciones geomorfológicas corresponden principalmente a un sistema de montaña típico de la Cordillera Central, donde predominan principalmente unidades de tipo denudacional, que generan vertientes sobre suelo residual, de laderas predominantemente largas, que generan valles principalmente en forma de “V”, de pendientes altas a escarpadas. Estás condiciones son predominantes en la mayor parte de la cuenca.

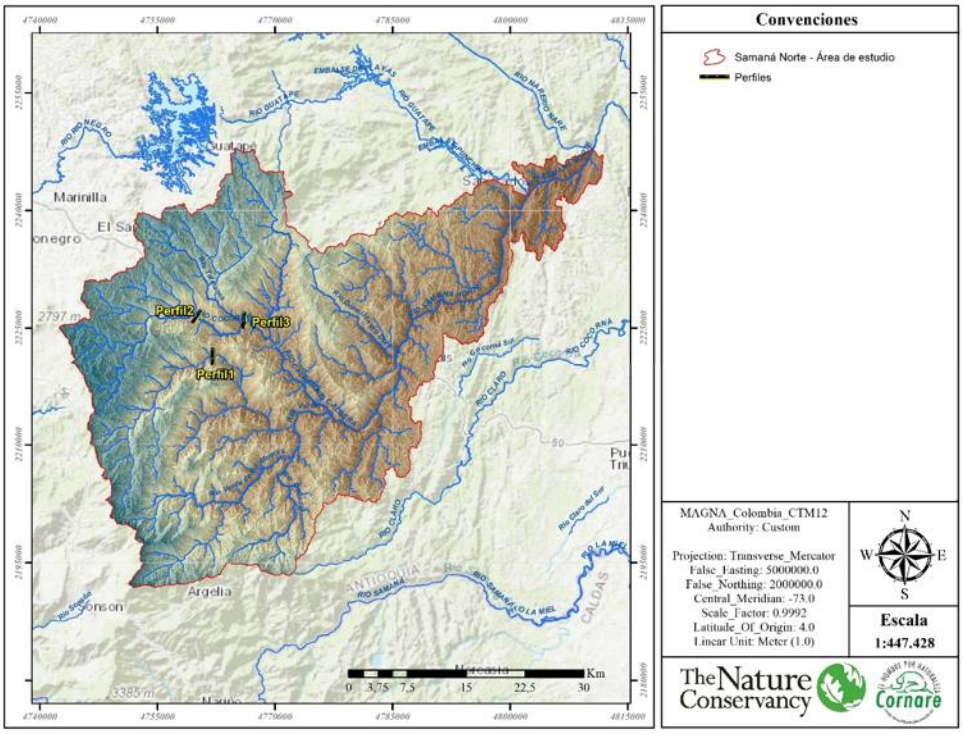
Foto 3. Características geomorfológicas de la parte alta de la cuenca Samaná Norte en la cuenca alta del río Dormilón y el Área de influencia del río Santo Domingo



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

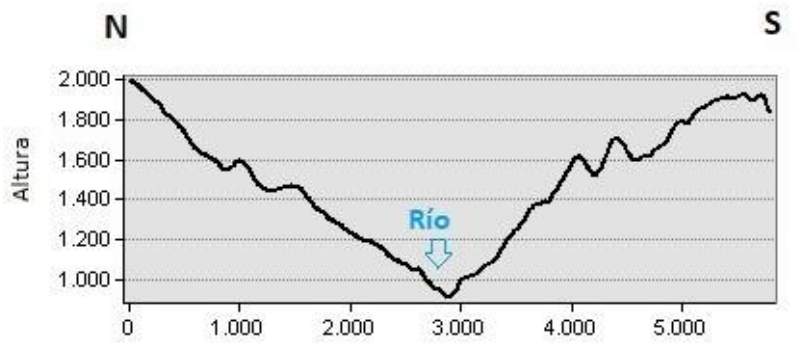
En la siguiente imagen se presentan un perfil transversal y generalizado de la zona, realizado a partir del DEM y donde es posible identificar las características y longitudes de las vertientes que predominan en la mayor parte de la cuenca, el grade de incisión y el confinamiento del drenaje, lo que limita la conformación de zonas o planicies de tipo aluvial. Este control, corresponde principalmente a las características geológicas y estructurales de la zona.

Figura 128. Perfiles transversales en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

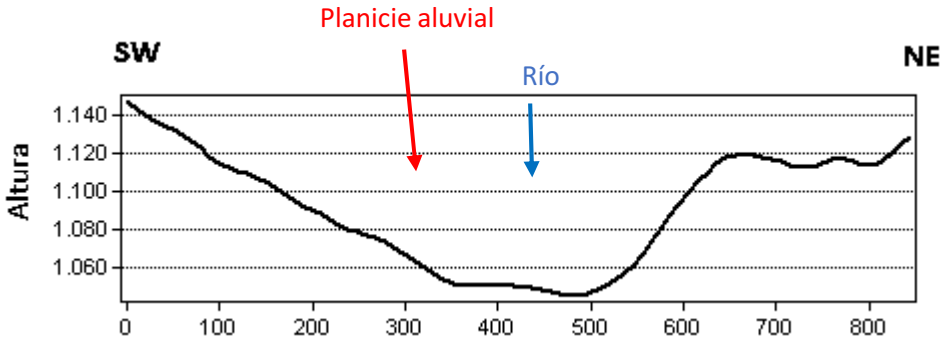
Figura 129. Perfil transversal del río Santo Domingo, donde se observa un cañón bien definido, correspondiente a las condiciones típicas de la zona



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

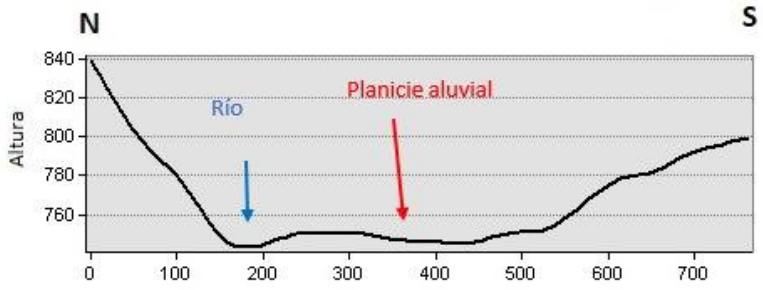
Localmente, y a una escala más detallada, se identifica que en algunos tramos de los ríos Cocorná, San Matías y las quebradas La Chorrera y La Cascada, la mayor parte localizados al norte de la Cuenca, se presentan algunos sectores dispersos localizados de forma contigua a dichos drenajes correspondiente a superficies elongadas, de dimensiones variables, de pendiente inclinada a suave, modelada sobre sedimentos aluviales y aluvio - torrenciales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce del río o quebrada. Su origen es relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial y aluvio - torrencial, dentro de antiguas llanuras de inundación y/o abanicos, tal y como se presenta en las siguientes figuras.

Figura 130. Perfil transversal del río Cocorná donde se identifica una llanura aluvial localizada hacia la margen occidental



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 131. Perfil transversal de planicie aluvial en la zona de desembocadura de la confluencia de los ríos San Matías y Cocorná



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

A lo largo de la cuenca, estas zonas se presentan de forma dispersa, exhibiendo una amplitud máxima de 300 a 400m en la zona de confluencia de los San Matías y la quebrada La Chorrera en el río Cocorná. En los otros sectores la amplitud predominante es entre 100 y 150m. Estas zonas, como se expresó anteriormente, corresponden a llanuras de tipo aluvial, limitadas por vertientes predominantemente escarpadas, por lo que corresponden a planicies confinadas, y limitadas por las condiciones geológicas y topográficas de la zona.

8.3.1.4 Clasificación geomorfológica

La clasificación geomorfológica de corrientes permite simplificar, para un mejor entendimiento, los procesos y condiciones a lo largo de la red de drenaje, identificando unidades semejantes. La descripción de sistemas de clasificación utilizados en este ejercicio, a escala de tramo, se presenta en la Tabla 67. En términos generales, los esquemas de clasificación reúnen elementos de diferentes enfoques de clasificación que incluyen: la diferenciación y caracterización de patrones de alineamiento, la configuración y la movilidad del lecho, y jerarquías que consisten en aproximaciones que anidan escalas espaciales sucesivas de condiciones físicas y biológicas y que permiten mayor entendimiento de los procesos que tienen lugar en una cuenca (Montgomery & Buffington, 1997).

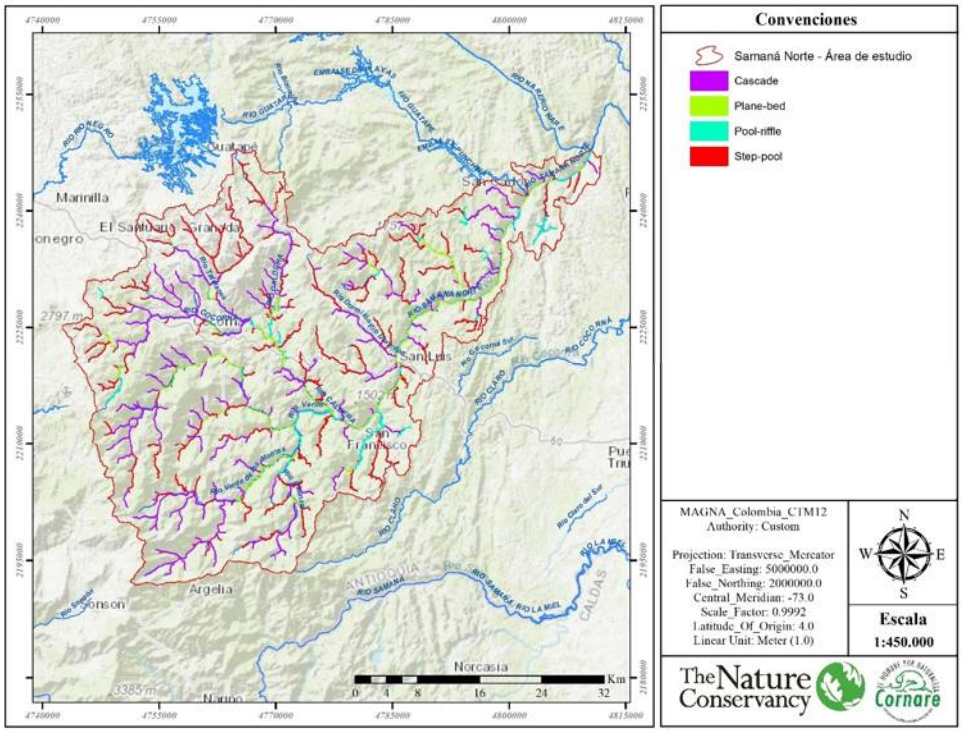
Tabla 67. Esquemas de clasificación basados en procesos y aplicables en una cuenca mediante información geoespacial

Método o esquema de clasificación	Tipos de corriente consideradas en el esquema de clasificación	Escala de aplicación	Información requerida
(Flores et al., 2006) Árbol de clasificación basado en la pendiente de tramo S0 y el índice de potencia específica de la corriente $S0A^{0,4}$	Cascada (cascade), escalón-pozo (step-pool), pozo-cruce (pool-riffle), lecho plano (plane bed)	Escala de tramo	Pendiente de tramo, S0 Área de cuenca, A
(Beechie et al., 2006) Umbrales S0 – Q para corrientes meándricas vs. trenzadas con islas vs. trenzadas, con un ancho crítico (15 m a 20 m) para la ocurrencia de migración	Confinados (incluye cascada y escalón-pozo), rectos, meándricos, trenzados con islas y trenzados.	Escala de tramo a valle	Pendiente de tramo, S0 Área de cuenca, A Grado de confinamiento, Wvalle/WB, donde Wvalle es el ancho medio del valle correspondiente a un tramo de corriente y WB es el ancho de flujo en condiciones de banca llena

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

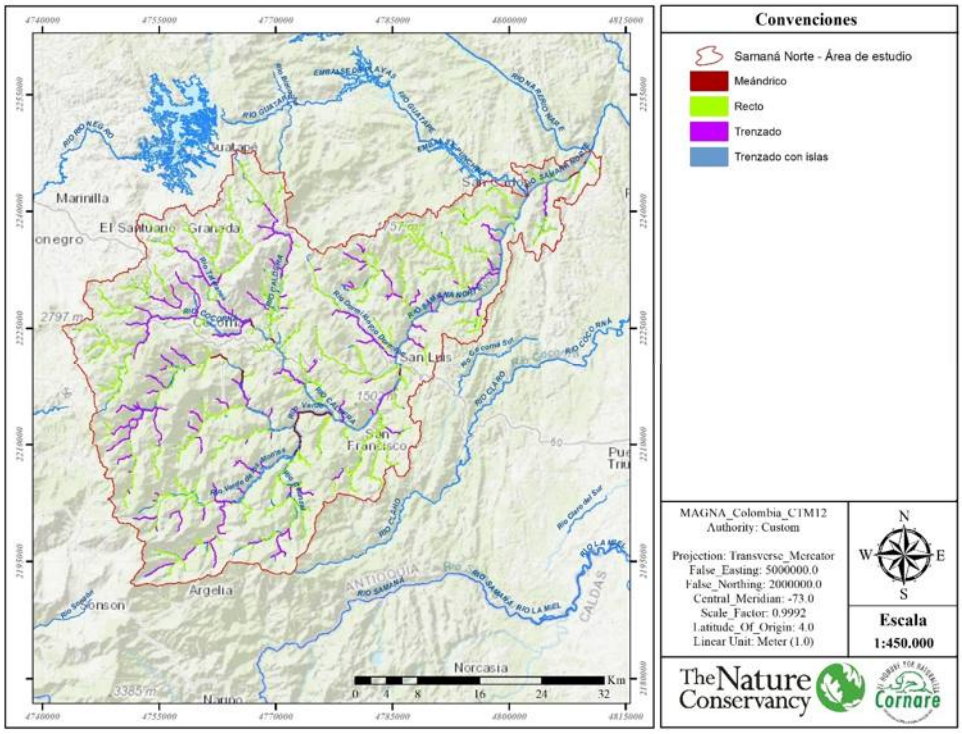
A partir de la clasificación de flores se determinó que 86,1 km (7,6%) de la red de drenaje corresponde a la clase Pozo Rápido, 153,7 km (13,5%) de la red de drenaje corresponde a la clase Lecho Plano, 453,2 km (39,9%) de la red de drenaje corresponde a la clase escalón Pozo y 443,5 km (39,0%) de la red de drenaje corresponde a la clase Cascada (ver Figura 132). Por otra parte, mediante la clasificación de Beechie se determinó que 683,5km (60,1%) de la red de drenaje corresponde a la clase Recto, 22,1 km (1,9%) de la red de drenaje corresponde a la clase meándrico, 102,6 km (9,0%) de la red de drenaje corresponde a la clase Trenzados con islas y 328,3 km (28,9%) de la red de drenaje corresponde a la clase Trenzados (ver Figura 133).

Figura 132. Clasificación geomorfológica de Flores



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 133. Clasificación geomorfológica de Beechie

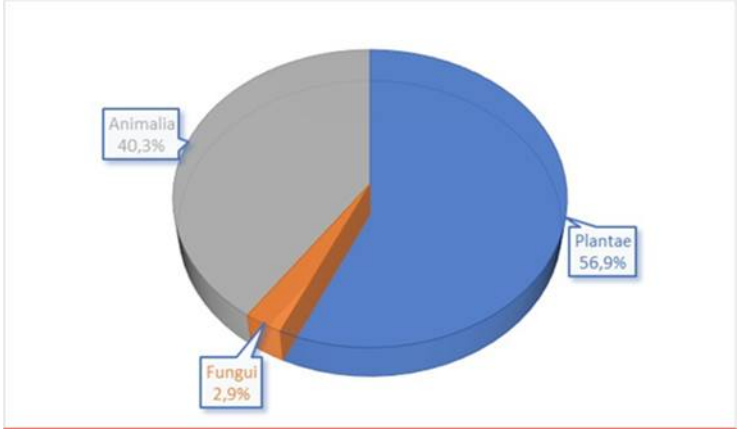


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

8.3.1.5 Biodiversidad

Una manera de ratificar la alta biodiversidad referenciada hasta ahora en la cuenca del río Samaná Norte, se evidencia al conocerse que Colombia ocupa el segundo lugar en el top 10 de países más biodiversos después de Brasil con una riqueza aproximada de 58312 especies, siendo Antioquia el departamento con mayor cantidad de especies reportadas el 29,15% de la biodiversidad Nacional. Esta riqueza se divide en, 34771 especies de plantas, 1758 especies de hongos y 24624 especies de animales (Figura 134), de los cuales hay 1302 especies amenazadas y 506 introducidas (*SiB Colombia*, 2021). La posición en el top 10 de países megabiodiversos a nivel mundial, se basa en la cantidad de registros realizados por las diferentes instituciones y el trabajo que viene realizando SiB Colombia recopilando esta información y presentando aproximaciones cada vez más precisas sobre el inventario, distribución y estado de conservación de la biodiversidad nacional, que además es de acceso libre para cualquier persona en la internet. Estos resultados muestran a el departamento de Antioquia como el más biodiverso de Colombia, por encima de regiones mucho más conservadas como la Amazonia y la Orinoquía, esto no se debe solo a la cantidad de investigaciones y observaciones registradas, sino también a la ubicación del departamento en las regiones biogeográficas Andina y Caribe, con mucha influencia de la región Pacífica y de Centro América.

Figura 134. Proporción de la riqueza de especies de los reinos Plantae, Fungui y Animalia en Colombia

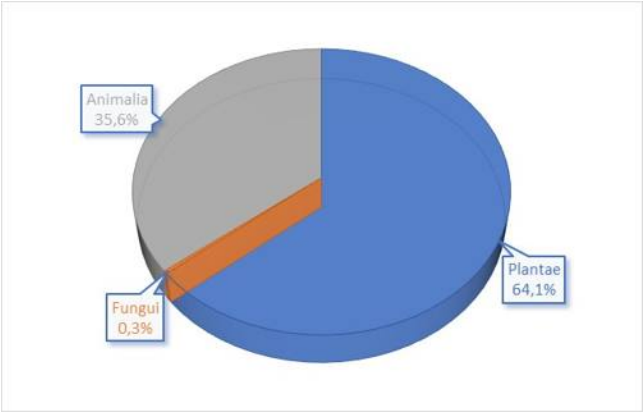


Fuente: Tomado del Sistema de información de la Biodiversidad de Colombia - *SiB Colombia* (2021)

Para la cuenca del Samaná Norte, el inventario y estado de la biodiversidad se encuentran agrupadas en las siguientes fuentes principales: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica - POMCA (Cornare & Corantioquia, 2017), *Global Biodiversity Facility Information* (*GBIF.Org*, 2021)y *The IUCN Red List of Threatened Species* (IUCN, 2021).

A continuación, se presenta la actualización del estado de amenaza de la flora asociada a los ecosistemas acuáticos que parte del listado generado por el POMCA en su fase de diagnóstico, y de la riqueza y estado de amenaza de las especies de fauna de la cuenca Samaná Norte. Estos resultados arrojan una biodiversidad de 4238 especies, agrupadas en 2715 especies de plantas (7,8% a nivel nacional), 13 especies de hongos (0,74% a nivel nacional) y 1510 especies de animales (6,1% a nivel nacional) incluidas arañas, caracoles, cangrejos e insectos, Esta riqueza que agrupa varias fuentes de información, supera las 3770 reportadas por el POMCA y las 3514 especies agrupadas en GBIF (Figura 135).

Figura 135. Proporción de la riqueza de especies de los reinos Plantae, Fungui y Animalia en la cuenca Samaná Norte



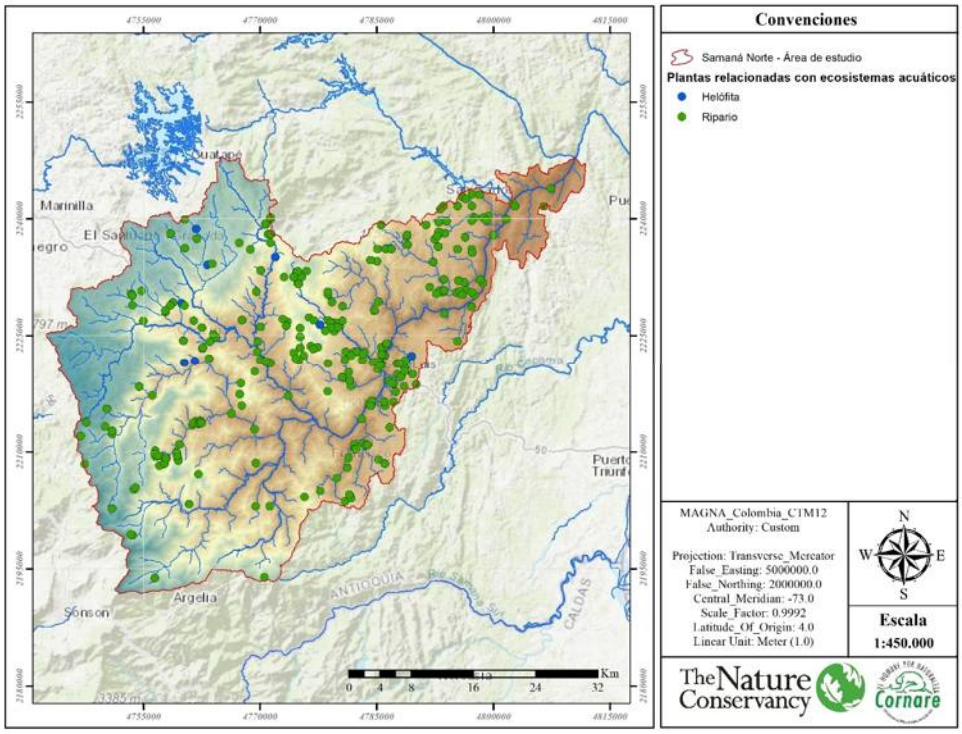
Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Cornare & Corantioquia, 2017)

Flora

De acuerdo con la revisión realizada al Zonificación Y Ordenación Forestal De Las Áreas En Bosques Naturales De Los Municipios De San Luis Y San Francisco, Antioquia en el marco del Convenio Interadministrativo No. 053-2012 ACTA 233-2014, se presenta que, en la Cuchilla La Tebaida y Alto del Chaquiro, existen especies Magnolia silvioi, Couepia platycalyx, Licania cabrerae y Aniba perutilis, reportaron alto grado de amenaza. Se mención además que existe una una nueva población de palma de cera sasaima (Ceroxylon sasaimae) en una expedición realizada por el Jardín Botánico del Quindío. Del área Mármoles y Calizas, se destaca la presencia de especies como yumbe (Caryodaphnopsis sp) y mamón de Río Claro (Melicoccus antioquensis), las cuales se caracterizan por distribuirse en zonas de suelos calcáreos. En el cañón del Río Samaná se halló una nueva especie de la familia Fabaceae, perteneciente al género Diptychadra. Se reporta además que los inventarios vegetales realizados en el cañón del Río Claro-Cocorná Sur reportan la presencia de especies endémicas como Caryodaphnopsis cogolloi (Lauraceae), Vantanea magdalenensis (Humiridaceae), Erythroxylum plowmanianum, (Erythroxylaceae), Geonoma clamidostachys, Chrysophylla calbrellery y Chrysophylla calbrellery subespecie cogolloi (Palmae), Dicranopygium sp. (Cyclanthaceae). Por otra parte, en municipios como San Francisco, se ubica como un centro de endemismo Nechi-Nare, que, a su vez es considerado un refugio del Pleistoceno. La flora y la fauna de esta zona tienen claras afinidades con los sectores Alto Sinú - Alto San Jorge y Chocó. La vegetación corresponde a bosques húmedos y muy húmedos, con un alto número de especies endémicas y riqueza florística (UNAL & Cornare, 2016).

De otro lado, la revisión realizada por el consorcio del POMCA halló un total de 296 plantas entre hidrófitas, helófitas y riparias, de todas ellas, cinco son especies hidrófitas, 41 de helófitas y 250 de riparia (Cornare & Corantioquia, 2017). Este listado fue la base para identificar la distribución de estas especies en la cuenca Samaná Norte con base en los reportes georreferenciados de GBIF. En total se encontró distribución para el 61,5% (182) especies de plantas, 19 de helófitas y 158 de riparias, las cuales aparecen en 1187 registros distribuidos en 17 subcuencas NSS 2, de las 22 que conforman la cuenca Samaná Norte, siendo el río Cocorná con 75 especies y el río Dormilón con 68 especies los ecosistemas con mayor cantidad de especies reportadas (Figura 136 y Anexo - Fase II - 9 pestaña P1). Las formas de vida más comunes fueron las plantas de zona riparia (90,1% de las especies) y seguidas de las helófitas (9,9% de las especies). Las especies de mayor distribución fueron *Tapirira guianensis* (61 registros en 16 subcuencas), *Simarouba amara* (39 registros en 14 subcuencas), *Jacaranda copaia* (42 registros en 13 subcuencas) y (58 registros en 13 subcuencas), y las de menor distribución fueron *Amaranthus spinosus, Andropogon bicornis, Aphelandra runcinata, Arundo donax, Asplenium formosum, Asplenium laetum* y *Asplenium serratum* con un registro por subcuenca NSS2.

Figura 136. Distribución de los registros de especies de flora asociada a los ecosistemas acuáticos en la Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información de *Global Biodiversity Facility Informationk - GBIF.Org* (2021)

Por otro lado, en la cobertura del bosque abierto alto, una especie del género *Phyllanthus* posee el mayor peso ecológico dada su alta dominancia. En cambio, en el bosque abierto bajo, la especie *Croton smithianus* posee los mayores valores ecológico. Otras tres especies poseen un alto índice de abundancia: *Cyathea lindeniana*, *Ilex laurina* y *Pourouma bicolor*. En el bosque denso, la especie con mayor peso ecológico es *Aegiphila truncata*. En el bosque fragmentado, la especie con mayor peso ecológico la obtuvo *Lonchocarpus macrophyllus*, seguida por *Calliandra coriacea* y *Hura crepitans*. Por último, en la cobertura de vegetación secundaria, *Euterpe precatoria* presentó el mayor peso ecológico, mientras que la mayor dominancia la presentó *Pourouma bicolor*.

A partir de lo anterior, es muy importante destacar que las especies presentes en bosque denso, bosque fragmentado y vegetación secundaria muestran que estas coberturas tienen de bajos a medios niveles de intervención, las cuales, para el municipio de Sonsón se encuentran en Río Verde los Henaos y Río Verde de Los Montes; para el municipio de El Carmen de Viboral en el cañón del río Melcocho y la cuenca del río Santo Domingo entre los municipios de Cocorná y San Francisco.

Según lo resalta el Grupo de Bosques y Biodiversidad de Cornare, en el ACUERDO Nº 388 de junio 6 de 2019 de CORNARE "Por medio del cual se declara, delimita y alindera, el Distrito Regional de Manejo Integrado Páramo de Vida Maitamá - Sonsón", en esta área conocida como el Páramo de Sonsón, se encuentran relictos de bosques primarios y secundarios en estado de sucesión avanzada con predominancia de especies de las familias *Orchidaceae, Melastomatacea,*

Asteraceae, Bromeliaceae, Ericaceae, Rubiaceae y *Poaceae*. Destacándose de manera especial por su abundancia especies como *Juglans neotropica, Achillea millefolium* y *Poa annua* y por su dominancia *Ceroxylon quindiuense*, las cuales *se* encuentran al interior de bosques conservados y hace parte del dosel superior, cuyas poblaciones han sido reducidas debido a la explotación indiscriminada de su madera asociada al bosque altoandino y se ha reportado como árboles escasos, los cuales también presentan veda nacional.

Lo anterior sugiere que los relictos de bosques presentes en el área declarada presentan una alta riqueza florística que se ha visto sometida a procesos de tala selectiva, además de especies de fauna endémicas y con algún grado de vulnerabilidad que determina que es una zona de alta importancia ecológica para la mitigación del cambio climático y la preservación de zonas únicas, por lo que se hace necesario encaminar esfuerzos a su conservación" (Cornare, 2019a).

A nivel de aprovechamiento, la corporación ha declarado mediante el acuerdo *Acuerdo N° 404* (Cornare, 2020a) las especies en veda que se encuentran de manera indefinida y las de aprovechamiento regional.

Tabla 68. Listado de especies en veda indefinida, prohibidas para uso y aprovechamiento en la jurisdicción de Cornare

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Anocardiaceae	*Campnosperma panamense*	Sajo
Arecaceae	*Ceroxylon sasaimae Goleano*	Palma de Cera
Arecaceae	*Wettinia hirsuta Burret*	Palma macana
Arecaceae	*Aiphanes leiostachys*	Palma maray
Arecaceae	*Ceroxylon sasaimae*	Palma de cera de Sasaima
Arecaceae	*Phytelephas macrocarpa*	Palma tagua
Bignoniaceae	*Tabebuio guayacan (Seem.) Hemsl.*	Chicalá
Caryocaraceae	*Caryocar amygdaliferum.*	Almendron- cagui
Clusiaceae	*Calophyllum mariae Planch. & Triana*	Aceite maría
Fabaceae	*Centrolobium paraense*	Balaústre, balaúste, guayacán jobo
Fabaceae	*Clathrotropis brachypetala*	Sapán
Fagoceae	*Colombobalanus excelsa*	Roble negro, roble morado, roble rosado
Louroceae	*Caryodophnopsis cogolloi*	Yumbé
Lecythidaceae	*Lecythis tuyrana Pittier*	Oeto
Lecythidaceae	*Cariniana pyriformis*	Abarco
Lecythidaceae	*Lecythis tuyrana*	Olla de mono, olleto
Lecythidaceae	*Eschweilera coriâcea*	Cabuyo, coco cazuelo, machimachingo
Lecythidaceae	*Lecythis minor*	Coco, cocuelo, olla de mono
Magnoliaceae	*Magnolia mahechoe*	Almanegra, laurel almanegra
Magnoliaceae	*Magnolia silvioi*	Alma Negra
Magnoliaceae	*Magnolia guatapensis*	Almanegra de Guatapé
Myristicaceae	*Iryanthera megistocarpa A.H. Gentry*	Sota
Myristicaceae	*Compsoneura claroensis*	Castaño de río Claro, soto sangre, güeva, mazorca, palo papa
Myristicaceae	*Iryanthera megistophylla*	Cuángare de Loma, cuángare cholo, nuánamo Sangregallo
Myristicaceae	*Otoba acuminata*	Otobo, ocoba, mamo
Myristicaceae	*Otoba gracilipes*	Otobo, otoba, ocoba, mamito
Myristicaceae	*Otoba lehmann ii*	Cuángare otobo, castaño
Ochnaceae (Quiinaceae)	*Quiina pteridophylla*	Yaya
Podocarpaceae	*Prumnopitys harmsiana*	Pino chaquiro
Podocarpaceae	*Prumnopitys montana*	Pino colombiano, chaquiro, pino de montaña

Fuente: CORNARE (2019a)

ARTICULO SEGUNDO. Confirmar la veda regional de las siguientes especies en la jurisdicción de CORNARE.

Tabla 69. Especies en veda regional en la jurisdicción de CORNARE.

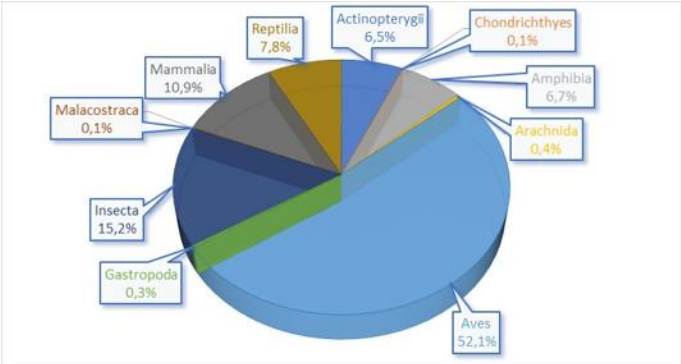
FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Lauraceae	*Caryodaphnopsis cogolloi*	Yumbé
Apocynaceae	*Aspidosperma megalocarpon*	Carreto
Aquifoliaceae	*Ilex caliona*	Cardenalillo
Caesalpiniaceae	*Peltogyne paniculota subsp pubescens*	Nazareno
Fabaceae	*Myroxylon balsamum*	Bálsamo
Fabaceae	*Dussia macroprophyllata*	Ubre vaca
Humiriaceae	*Vantanea magdalenensis*	Marfil
Juglandaceae	*Alfaroa colombiana,*	Escobo
Lecythidaceae	*Eschweilera antioquensis*	*Cabuyo*
Loranthoceae	*Gaiadendron punctatum*	*Tagua; Platero*
Magnolioceae	*Talauma espinalii*	*Alma negra*
Ochnaceae	*Godoya antioquensis*	*Caunce*

Fuente: (Cornare, 2019a)

Fauna

La síntesis de la información sobre la diversidad y estado de conservación de la fauna en la cuenca Samaná Norte, arrojó una riqueza total de 1510 especies de animales distribuida en los siguientes grupos: insectos (Insecta 229 especies), arañas (Arachnida 6 especies), caracoles (Gastropoda 5 especies), cangrejos (Malacostraca 2 especies), peces de esqueleto óseos (Actinopterygii 98 especies), peces de esqueleto cartilaginosos (Chondrichthyes 1 especie), anfibios (Amphibia 101 especies), reptiles (Reptilia 118 especies), aves (786 especies) y mamíferos (Mammalia 164 especies) (Figura 137 y Anexo - Fase II - 9 pestaña P2). Estos resultados comparados con el inventario de especies a nivel nacional representan el 1,9% de insectos, el 0,5% de arañas, el 13% de anfibios, el 15,9% de reptiles, el 39,3% de aves y el 30,8% de mamíferos (*SiB Colombia*, 2021). La proporción de los peces fue el 5,9% con relación a los de agua dulce de Colombia (C DoNascimiento et al., 2020), al igual que los caracoles con el 7,5% (C. Lasso & Córdoba, 2017), y los cangrejos aportan el 1,8% de la diversidad mundial de especies de agua dulce (C. Lasso, Córdoba, & Campos, 2017). Estas cifran no tienen en cuenta las especies introducidas a Colombia, ya sean en estado silvestre, cultivos o domésticos (Baptiste et al., 2020).

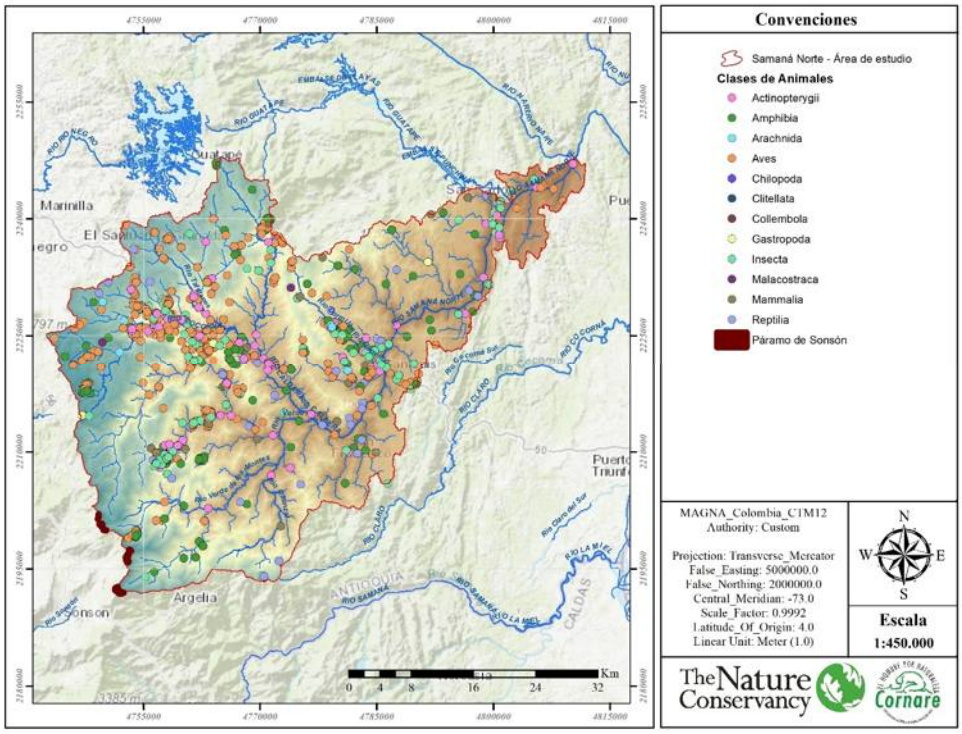
Figura 137. Proporción de la riqueza de especies para el reino animal en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Cornare & Corantioquia, 2017) cora y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Del total de especies reportadas, se definió distribución en la cueca para 1105 especies, lo que equivale al 73,1% del total de especies de animales para las cuales se encontraron reportes en la revisión de la información. La distribución de los 34104 registros de animales en las subcuencas NSS 2 del sistema hídrico Samaná Norte, presentó la mayor concentración de datos y especies en el río Cocorná con 19824 registros (58,1%) y 590 especies (53,4%), seguido del río Santo Domingo con 5229 registros (15,3%) y 504 especies (45,6%), el río Dormilón con 569 registros (1,7%) y 281 especies (25, 4%) y la quebrada La Tebaida con 4355 registros (12,8 5) y 278 especies (25,2%) (Figura 138 y Anexo - Fase II - 9 pestaña P3). La tangara dorsirroja *Ramphocelus dimidiatus* fue el ave con mayor ocurrencia en 14 de las subcuencas, obteniéndose la mayor densidad de observaciones en el río Cocorná, mientras que 285 especies presentaron un solo registro para la toda la cueca. Estas diferencias en la distribución de registros y especies, se debe la cercanía de los lugares donde se realizan los inventarios con la autopista Medellín Bogotá y al acceso a sitios turísticos de naturaleza, siendo la observación de aves la actividad que más reportes realizó.

Figura 138. Ocurrencia de los registros de especies de fauna en la cuenca Samaná Norte



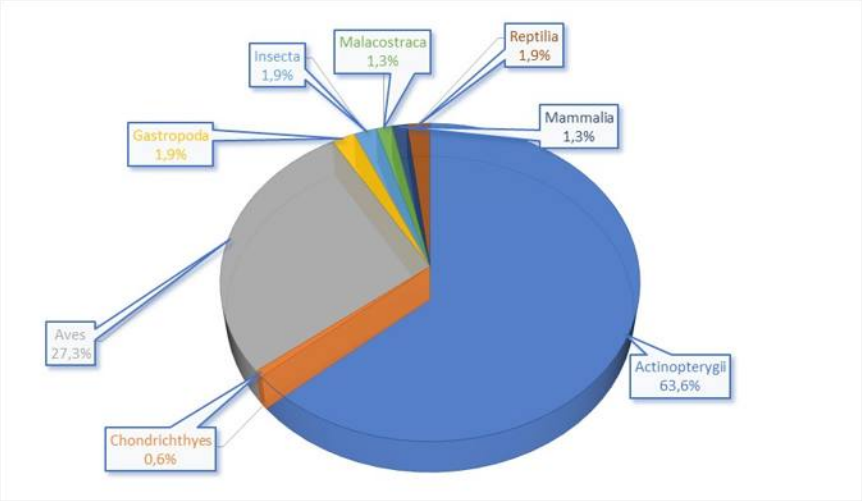
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Fauna asociada a ecosistemas acuáticos

Es importante aclarar que la mayoría de las especies tenemos una relación inseparable con el agua y el ciclo hidrológico, algunas como los peces dependen completamente de los ecosistemas acuáticos, mientras que hay otras como las aves que no todas dependen totalmente de los ecosistemas acuáticos. En el caso de la fauna asociada a estos ecosistemas, se identificaron partiendo de las especies presentadas en el trabajo liderado por el Instituto Alexander von

Humboldt sobre áreas claves de conservación de biodiversidad dulceacuícola (C. Lasso, Córdoba, & Morales, 2017) y del listado de aves acuáticas de Colombia (Ruiz, 2021). La riqueza de especies fue de 154 especies de animales distribuida en los siguientes grupos: insectos (Insecta 3 especies), caracoles (Gastropoda 3 especies), cangrejos (Malacostraca 2 especies), peces de esqueleto óseo (Actinopterygii 98 especies), peces de esqueleto cartilaginoso (Chondrichthyes 1 especie), reptiles (Reptilia 3 especies), aves (42 especies) y mamíferos (Mammalia 2 especies) (Figura 137 y Anexo - Fase II - 9 pestaña P2).

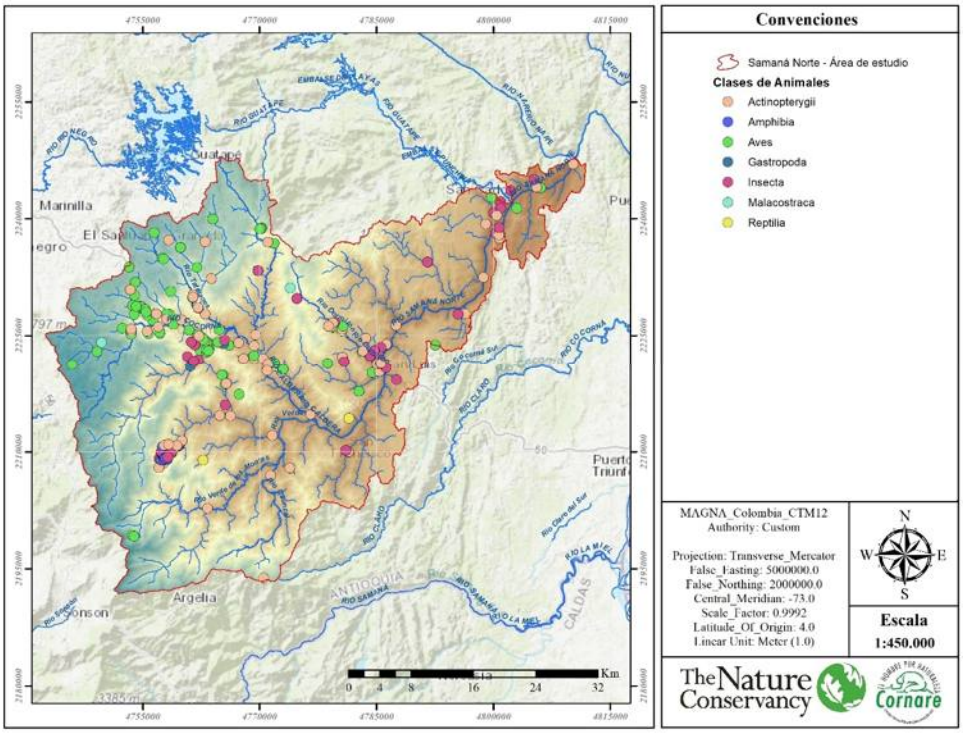
Figura 139. Proporción de la riqueza de especies de fauna asociados a ecosistemas acuáticos de la cuenca Samaná Norte



Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Cornare & Corantioquia, 2017) y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Además, se definió distribución para 124 especies de fauna asociada a ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Norte, lo que equivale al 82,1% del total de especies que se relacionan con los ecosistemas acuáticos de la cuenca. Estas especies agrupan 940 registros de individuos, los cuales presentaron mayor distribución en el río Cocorná con 367 registros (39,0%) y 56 especies (45,2%), seguido de la quebrada La Tebaida con 110 registros (11,7%) y 15 especies (12,1%), el río Tafetanes con 63 registros (6,7%) y 23 especies (18, 5%) y el río Dormilón con 56 registros (6,0%) y 32 especies (25,8%) (Figura 140 y Anexo - Fase II - 9 pestaña P3). Los peces fueron el grupo con mayor distribución en los ecosistemas acuáticos encontrándose en 10 subcuencas NSS 2, lo cual se debe a los registros realizados por el Instituto Alexander von Humboldt y las Universidades de Antioquia, Católica de Oriente y Nacional de Colombia. Otros resultados muestran que 66 especies presentaron registros en una sola subcuenca NSS 2, y entre estos, 40 especies presentaron un solo registro (Anexo - Fase II - 9 pestaña P3).

Figura 140. Distribución de las especies de fauna asociados a ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Composición y riqueza de peces

Para poder estimar la riqueza de especies de peces más acertadamente, fue necesario realizar la validación de la distribución de los reportes realizados para este grupo, usando literatura científica reciente como, "Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia" (C DoNascimiento et al., 2020), y "El catálogo de peces del mundo" (Fricke et al., 2020). De las 99 especies reportadas para la cuenca, se descartaron 12 especies de los géneros *Parodon, Eigenmannia, Sternopygus, Trichomycterus* y *Astroblepus*, que no presentan distribución para la cuenca, lo cual se puede atribuir a errores en la identificación, a la falta de estudios en las especies de la región y a la falta de revisión y actualización de los contenidos en las colecciones Ictiológicas y bases de datos. Lugo de esta depuración, se encontraron 87 especies de peces agrupados en, 25 familias y ocho órdenes taxonómicos (Anexo - Fase II - 9 pestaña P4). Las familias con mayor número de especies corresponden a Characidae (21,84%), seguido de Loricariidae (14,94%), Astroblepidae (8,05%), Cichlidae (6,90%), Pimelodidae (5,75%), en conjunto representan el 56,8% de las especies registradas (Tabla 70).

Los órdenes Siluriformes y Characiformes fueron los más representativos en cuanto al número de familias y especies, lo que concuerda con la tendencia general de la riqueza de estas especies de peces en los ecosistemas de la cuenca del Magdalena (Jiménez, 2016). Los resultados tanto en número de individuos como en biomasa mantienen las tendencias de los ecosistemas del

Neotrópico en los cuales se presenta una alta abundancia de estos dos órdenes de peces, mientras que los demás son menos abundantes (Lowe-McConnell & Green, 1988). Las diferencias en cuanto al número de individuos a nivel de órdenes y familias se deben a características biológicas y ecológicas de las especies que conforman estos grupos de peces. Los Characiformes y Siluriformes, son peces de agua dulce con amplia distribución en los cuerpos de agua dulce de Colombia. Las especies que se agrupan en estos órdenes poseen una morfología hidrodinámica y adaptaciones fisiológicas que les permiten remontar las corrientes y dispersarse por los grandes ríos de zonas bajas y afluentes de zonas altas (J. Maldonado et al., 2005).

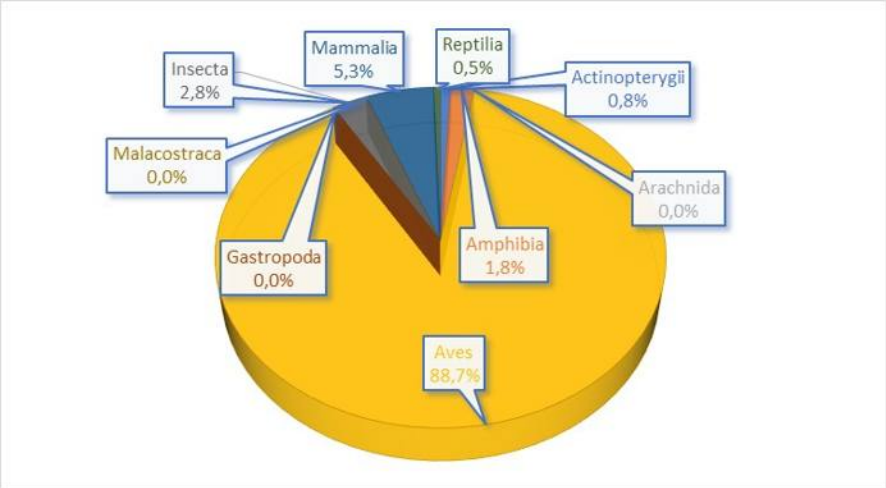
Tabla 70. Número y porcentaje de especies de peces según la familia taxonómica a la que pertenecen

Familia	Número de especies	Porcentaje de especies (%)	Familia	Número de especies	Porcentaje de especies (%)
Characidae	19	21,84	Prochilodontidae	2	2,30
Loricariidae	13	14,94	Pseudopimelodidae	2	2,30
Astroblepidae	7	8,05	Rivulidae	2	2,30
Cichlidae	6	6,90	Cetopsidae	1	1,15
Pimelodidae	5	5,75	Crenuchidae	1	1,15
Bryconidae	4	4,60	Ctenoluciidae	1	1,15
Apteronotidae	3	3,45	Erythrinidae	1	1,15
Aspredinidae	3	3,45	Parodontidae	1	1,15
Heptapteridae	3	3,45	Potamotrygonidae	1	1,15
Trichomycteridae	3	3,45	Salmonidae	1	1,15
Anostomidae	2	2,30	Sternopygidae	1	1,15
Curimatidae	2	2,30	Synbranchidae	1	1,15
Poeciliidae	2	2,30			

Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Cornare & Corantioquia, 2017), *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y The Nature Conservancy (2021)

Del total de especies de peces registradas, se definió la distribución para 56 especies de peces para la cueca Samaná Norte, lo que equivale al 56,6% del total de especies que se reportan para la cuenca, estas especies agrupan 280 registros publicado por instituciones nacionales que son: la Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Católica de Oriente, Universidad de La Salle y el Instituto Alexander Von Humboldt. Esta cantidad de registros es muy baja en comparación a los otros grupos de fauna sin tener en cuenta las aves ya que aportan el 89% de los registros en las bases de datos, lo cual se atribuye a la actividad de avistamiento de aves como ciencia participativa. Los peces aportan el 0,8% del total de los registros, siendo un porcentaje menor que los publicados para anfibios (1,8%), insectos (2,8%) y mamíferos (5,3%) (Figura 141).

Figura 141. Proporción porcentual de los registros publicados en las bases de datos con georreferencias en la cuenca Samaná Norte



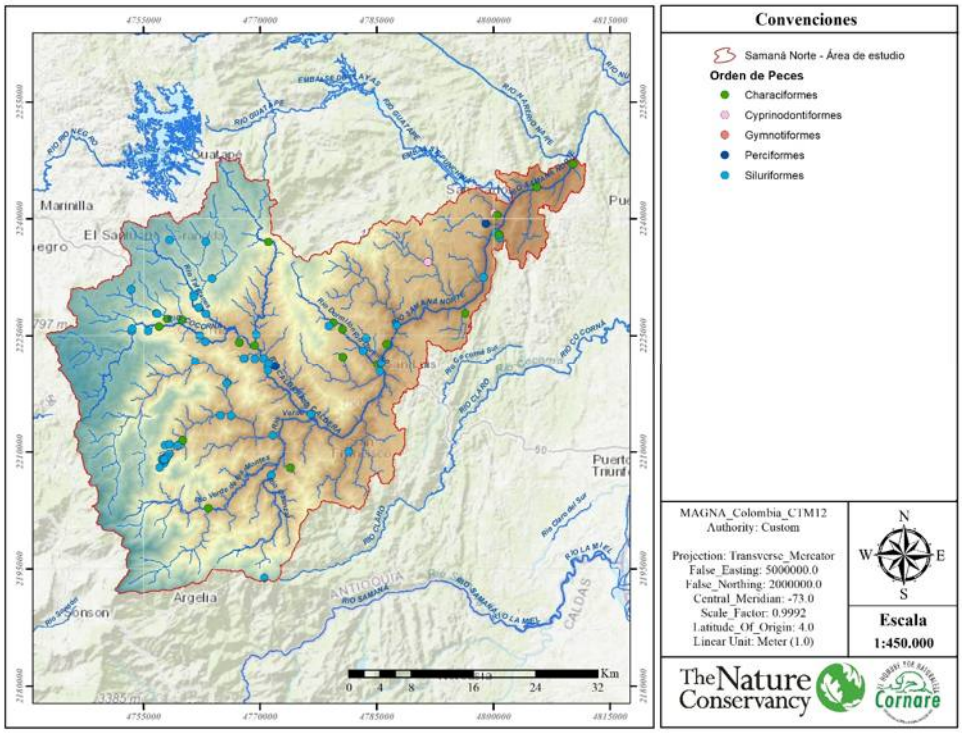
Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Cornare & Corantioquia, 2017) y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Lo anterior es importante resaltarlo ya que desde el primer registro realizado en el año 1935 por el hermano lasallista Julián González Patiño, quien en 1934 asumió la dirección del Museo de Ciencias Naturales que había sido fundado años atrás por el hermano Nicéforo María del Colegio San José de Medellín (Medina, 2000) el cual es publicado actualmente por la Universidad de la Salle. El primer reporte de peces hace referencia a un capitán o negro como se le conoce comúnmente y fue identificado en el año 1994 como la especie *Astroblepues longifilis* que fue descrita inicialmente para el país del Ecuador en 1882, la cual en la actualidad no es válida para la cuenca del Magdalena Cauca (C DoNascimiento et al., 2020). El posterior registro llama mucho la atención ya que corresponde a la especie de bagre *Sorubim cuspicaudus* (blanquillo), la cual es una especie de importancia comercial en las pesquerías de la cuenca que ha sufrido una presión de pesca del 86% entre los años 2011 y 2015 (S. Hernández et al., 2020). Este reporte del blanquillo realizado por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA), y hoy en día administrado por el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), fue realizado en el año 1972, tiene de curioso que la coordenada geográfica ubica el registro en el río Calderas parte media (NSS 3) cerca a los 785 m sobre el nivel del mar, este lugar en la actualidad sería cercano a la autopista Medellín Bogotá aguas arriba del puente, pero la localidad que aparece en la base de datos dice “río Cocorná”, lo que pone en duda este registro aunque la especie sea reportada como migradora de distancias cortas (Usma et al., 2009). Es posible que este reporte haga referencia al río Cocorná Sur, y que la coordenada haga referencia a un centroide geográfico. La especie *Sorubim cuspicaudus* es reportada en el río Samaná Norte por la comunidad pescadora del corregimiento de Puerto Garza de San Carlos, pero coincide con la literatura, en que la especie ha disminuido en abundancia y tamaño, debido a la presión de pesca y cambios en el comportamiento físico - químico y en los caudales del agua, debido a la generación hidroeléctrica de la central San Carlos del embalse Punchiná.

A partir del año 2006 se incrementaron los registros de peces gracias a los estudios realizados por el profesor Javier Maldonado y Ursula Jaramillo IAvH (Jaramillo et al., 2008a) y la Universidad Católica de Oriente, siendo esta última, quien almacena el 47,9% de los registros provenientes de

investigaciones y principalmente de la consultoría ambiental. Lo últimos registros son realizados por La universidad de Antioquia en un trabajo en conjunto con el especialista de peces a nivel mundial Nathan Lujan, quienes realizaron las colectas en los ríos NSS -3 de Tafetanes, Cocorná, Santo Domingo y río Calderas, identificando entre los peces los géneros *Hemibrycon*, *Astroblepus* y *Trichomycterus* (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD). En la Figura 142 se puede observar la gran distribución de los géneros mencionados, donde los *Astroblepus* y *Trichomycterus* pertenecientes al orden Siluriformes, son los que mayor área de distribución presentan en la cuenca. Estos grupos de especies endémicas presentan ciertas particularidades en su identificación taxonómica, una de las principales dificultades se debe a que la mayoría son definidas por un único carácter o por combinaciones de caracteres externos que muestran altos niveles de variación inter e intra-específica (Schaefer et al., 2011). En resultados obtenidos en la cuenca del río Porce (M. Hernández et al., 2018) comentan que la diversidad de Astroblepus fue sobreestimada, ya que se pudo identificar claramente 12 unidades taxonómicas operacionales (OTU's) de 23 que se tenían reportadas con taxonomía tradicional.

Figura 142. Ocurrencia de las especies peces en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

En cuanto al número de especies válidas para estos tres géneros, tenemos para *Trichomycterus* 237, *Astroblepus* 84 y *Hemibrycon* 58 (Fricke et al., 2020). De este total de especies, las válidas para Colombia son: *Trichomycterus* 41, *Astroblepus* 38 y *Hemibrycon* 30; y el total de especies válidas para la cuenca del Magdalena son: *Trichomycterus* 41, *Astroblepus* 38 y *Hemibrycon* 19 (Carlos DoNascimiento et al., 2017). Desde el 2010 al 2019 se han descrito 29 nuevas especies de *Trichomycterus* en Colombia, 24 fueron descritas para la cuenca del Magdalena, ninguna en

Antioquia; 17 de *Astroblepus*, una de la cuenca del río Atrato en Antioquia; y 8 de *Hemibrycon*, tres para la región de embalses en el oriente del departamento (Álvarez León, 2019). El trabajo que hace referencia a las especies del Oriente de Antioquia (Jaramillo et al., 2008a) es un trabajo que permitió definir en un listado la aproximación a la diversidad de especies del oriente de Antioquia, pero con el paso del tiempo y la aplicación de nuevas metodologías, surgen ajustes en este listado donde entran y salen especies debido a errores en la identificación en las bases de datos de referencia, siendo la lista de especies de peces de agua dulce de Colombia, la que representa una amplia revisión de los errores de distribución de las especies reportadas en varias cuencas del país (Carlos DoNascimiento et al., 2017).

El género *Hemibrycon* (Figura 143) se distribuye en: Amazonía, Magdalena, Atrato, Orinoco, Guyanas afluentes al pacífico y Panamá (Román & Ruiz, 2007). El conocimiento de su taxonomía es confuso, ya que en las especies se definen por un solo carácter o por la superposición y combinaciones de las características externas que muestran altos niveles de variación inter e intraespecífica (Román-valencia et al., 2013). En cuanto a los hábitos ecológicos de otras especies de Colombia, se reporta la preferencia de alimentarse en las orillas bajo la vegetación ribereña, en charcos o remansos en la parte media y superior de la columna de agua, siendo especies de hábitos gregarios. Las presas que prefieren son insectos acuáticos, en su mayoría Diptera (Chironomidae, Simuliidae, Tipulidae, Ceratopogonidae), Ephemeroptera (Baetidae) y demás insectos que puedan caer al agua como como del grupo Coleoptera, Hymenoptera entre otros, y material vegetal constituido por algas Clorophyceas y Xanthophycea (Román et al., 2008).

Figura 143. Pez del género *Hemibrycon*



Fuente: Tomado del registro personal de Juan Guillermo Ospina Pabón

La distribución de la familia Astroblepidae está limitada a los Andes tropicales desde Panamá hasta Bolivia (Schaefer et al., 2011) en hábitats que comprenden pequeñas quebradas de aguas claras de tipo primario y secundario, las cuales presentan en sus recorridos rápidos, zonas de caída y remansos (Román Valencia, 2001). En muchos casos, los Astroblepus se distribuyen en zonas geográficas restringidas, limitadas a drenajes de un solo río en cuencas con elevaciones por encima de 1000 m (Shaefer, 2003). *Astroblepus* (Figura 144) hace parte de un grupo de peces escaladores que, con la ayuda de la boca en forma de ventosa, respiración alternativa y el impulso de las aletas pélvicas, se desplazan con mayor facilidad en comparación a los Characiformes, llegando así a lugares de alta pendiente y flujo constante de agua. Esto permite que las especies de *Astroblepus*

tengan un desplazamiento longitudinal ascendente por los cuerpos de agua de alta montaña, y de esta manera ocupar pequeñas quebradas que pueden albergar otras especies del mismo género, lo que puede repercutir en hibridación y generación de nuevas especies.

Figura 144. Pez del género *Astroblepus*



Fuente: Tomado del registro personal de Juan Guillermo Ospina Pabón

La distribución de Trichomycteridae se da en toda América del Sur, con reportes en Panamá y Costa Rica (de Pinna & Wosiacki, 2003), se diferencia por la presencia de una mancha de odontodes en el interopérculo visible en la cara ventral o ventrolateral de la cabeza; además presenta un par de barbicelos en cada ángulo de la boca y otros nasales; también la falta de espinas en las aletas pectorales y dorsal, y otros caracteres que varían en los miembros de esta familia. Reportes para otras especies de *Trichomycterus* (Figura 145) (J. Maldonado et al., 2005), comentan que se encuentra asociada a zonas con corriente moderada de ríos medianos y grandes, ocultándose en el sustrato, en la vegetación sumergida o entre las rocas; se ha encontrado en aguas de buena calidad, así como en aguas muy contaminadas, siendo especies depredadoras de insectos acuáticos, en especial de Quironómidos.

Figura 145. Peces del género *Trichomycterus*



Fuente: Tomado del registro personal de Juan Guillermo Ospina Pabón

Uso de la flora

En el marco de la construcción del POMCA del río Samaná Norte, se indago con las comunidades asentadas en esta cuenca sobre los usos y percepciones que se tienen sobre la flora local, los usos que van desde fines económicos, medicinales, comerciales, culturales y comunitarios, hasta de carácter estético, paisajístico, ecológico y de funcionalidad ecosistémica.

De acuerdo a estas indagaciones, tal y como se detalla en la Tabla 71 se obtuvo que para la cuenca del Samaná Norte existen 79 especies de flora que tienen usos de productos no maderables.

Tabla 71. Uso de especies arbóreas a partir de productos no maderables en la cuenca del Samaná Norte

ID	Familia	Nombre científico	Usos y percepciones
1	Acanthaceae	Aphelandra straminea Leonard	Con potencial ornamental
2	Acanthaceae	Justicia namatophila Leonard	Con potencial ornamental
3	Acanthaceae	Justicia phytolaccoides Leonard	Con potencial ornamental
4	Actinidiaceae	Saurauia yasicae Loes.	Melífera. Alimento de la avifauna
5	Anacardiaceae	Anacardium excelsum (Kunth) Skeels	El fruto como alimento. Se dice que los indígenas utilizaban la corteza machacada, en la pesca para paralizar los peces
6	Annonaceae	Guatteria aberrans Erkens & Maas	Los frutos son consumidos por la avifauna
7	Annonaceae	Guatteria cargadero Triana & Planch.	La corteza como amarre de carga. Los frutos son consumidos por la fauna.
8	Annonaceae	Guatteria recurvisepala R.E. Fr.	Los frutos son consumidos por la fauna.
9	Annonaceae	Unonopsis aviceps Maas	Los frutos son consumidos por la avifauna.
10	Annonaceae	Xylopia aromatica (Lam.) Mart.	La corteza es utilizada para amarres. Los frutos son consumidos por la avifauna
11	Apiaceae	Eryngium foetidum L.	Condimento. Medicinal en infusión estimula el apetito, disminuye la fiebre, propicia la menstruación.
12	Apocynaceae	Mandevilla trianae Woodson	Con potencial ornamental por su floración y follaje
13	Apocynaceae	Odontadenia verrucosa (Roem. & Schult.) K. Schum. ex Markgr.	Con potencial ornamental por su floración y follaje
14	Apocynaceae	Stemmadenia grandiflora (Jacq.) Miers	Con potencial ornamental por su tamaño, floración y follaje

ID	Familia	Nombre científico	Usos y percepciones
15	Apocynaceae	Tabernaemontana amplifolia L. Allorge	Con potencial ornamental por su tamaño, floración y follaje
16	Apocynaceae	Tabernaemontana sananho Ruiz & Pav.	Con potencial ornamental por su tamaño, floración y follaje
17	Araceae	Carludovica palmata Ruiz & Pav.	Su fibra se utiliza en todo tipo de utensilios y artesanías. Alimento, se usa como palmito
18	Araceae	Dracontium spruceanum (Schott) G.H. Zhu	Medicinal, como antídoto para mordeduras de serpiente
19	Araceae	Spathiphyllum lanceifolium (Jacq.) Schott	Con potencial ornamental por su tamaño, floración y follaje
20	Araliaceae	Dendropanax arboreus (L.) Decne. & Planch.	Los frutos son dispersados especialmente por aves o murciélagos
21	Arecaceae	Attalea butyracea (Mutis ex L. f.) Wess. Boer	Alimento, sus cogollos para consumo humano. Para elaborar bebidas alcohólicas como el vino de palma. Las hojas para techar.
22	arecaceae	Bactris pilosa H. Karst.	Los tallos para chambranas o pasamanos. Los frutos son comestibles
23	Arecaceae	Geonoma chlamydostachys Galeano	Las hojas para techar.
24	Asteraceae	Piptocoma discolor (Kunth) Pruski	Con potencial para restauración
25	Bignoniaceae	Arrabidaea florida DC.	otencial ornamental por su tamaño, floración y laje
26	Bignoniaceae	Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don	Frutos en artesanías. Potencial para restauración
27	Bignoniaceae	Jacaranda hesperia Dugand	Los frutos son utilizados en artesanías. Ornamental
28	Bignoniaceae	Martinella obovata (Kunth) Bureau & K. Schum.	Con potencial ornamental por su tamaño, floración y follaje
29	Bixaceae	Cochlospermum orinocense (Kunth) Steud.	El kapok que protege las semillas es utilizado para elaborar almohadas. Con potencial ornamental, por la forma de la copa y el colorido de sus flores.
30	Boraginaceae	Tournefortia cuspidata Kunth	Con potencial ornamental por su tamaño, floración y follaje
31	Bromeliaceae	Pitcairnia alversonii L.B. Sm. & Read	Con potencial ornamental por su tamaño, floración y follaje
32	Burseraceae	Protium apiculatum Swart	El exudado y las hojas son medicinales, se utilizan para el tratamiento de tumores.
33	Burseraceae	Protium aracouchini (Aubl.) Marchand	La resina como barniz para pulir violines y para dar brillo a la cerámica
34	Clusiaceae	Clusia pallida Engl.	Con potencial ornamental por su follaje, arquitectura y floración.
35	Clusiaceae	Tovomita stylosa Hemsl.	Con potencial ornamental por la forma de la copa y el colorido de su follaje
36	Clusiaceae	Tovomita weddelliana Planch. & Triana	Con potencial ornamental, por su arquitectura y el colorido de su follaje.
37	Costaceae	Costus laevis Ruiz & Pav.	Con potencial ornamental por su follaje y color de las inflorescencias
38	Costaceae	Costus villosissimus Jacq.	Con potencial ornamental, por el colorido de sus flores y su follaje.
39	Costaceae	Dimerocostus strobilaceus Kuntze	Con potencial ornamental, por el colorido de sus flores y su follaje.
40	Cucurbitaceae	Melothria trilobata Cogn.	Los frutos son consumidos por aves y pequeños mamíferos.
41	Cucurbitaceae	Rytidostylis carthagenensis (Jacq.) Kuntze	Los frutos son consumidos por aves y pequeños mamíferos
42	Dichapetalaceae	Tapura guianensis Aubl.	Los frutos son consumidos por la avifauna. Con potencial ornamental, por la forma de la copa y el colorido de su follaje.
43	Erythroxylaceae	Erythroxylum citrifolium A. St.- Hil.	Los frutos son fuente de alimento para las aves
44	Erythroxylaceae	Erythroxylum macrophyllum Cav.	Los frutos son consumidos por la avifauna. Potencial ornamental, por la forma de la copa y el colorido de su follaje.

ID	Familia	Nombre científico	Usos y percepciones
45	Malpighiaceae	Byrsonima spicata (Cav.) DC.	Los frutos son consumidos por la avifauna.
46	Malvaceae	Apeiba membranácea Spruce ex Benth.	La madera para, construcción de balsas, tablilla decoración interiores, enchapes. Las semillas por su alto contenido de aceites se usan como brillantina y tónico para el cabello. Las flores tienen propiedades medicinales y la corteza se usa en remedios caseros y en la obtención de fibras para la fabricación de cuerdas
47	Malvaceae	Apeiba tibourbou Aubl.	La corteza para el aclareo en el proceso de la panela. De sus semillas se extrae un aceite muy útil para evitar la caída del cabello. Medicinalmente contra los espasmos y el reumatismo.
48	Malvaceae	Heliocarpus americanus L.	La corteza posee un mucílago utilizado para la clarificación de la panela. Con potencial para procesos de restauración.
49	Malvaceae	Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb.	El kapok que protege las semillas es utilizado para elaborar almohadas
50	Malvaceae	Trichospermum galeotiii (Turcz.) Kosterm.	Con potencial ornamental y para restauración
51	Marantaceae	Calathea lutea (Aubl.) Schult.	Con potencial ornamental, por el tamaño de los individuos, su follaje y el colorido de sus flores. Las hojas para envolver alimentos. Especie melífera.
52	Marantaceae	Stromanthe jacquinii (Roem. & Schult.) H. Kenn. & Nicolson	Las hojas para envolver alimentos, el tallo sin corteza es materia prima en la fabricación de sombreros. Con potencial ornamental
53	Melastomataceae	Bellucia pentámera Naudin	Los frutos son comestibles. Con potencial para restauración
54	Melastomataceae	Miconia elata (Sw.) DC.	Los frutos son consumidos por la avifauna.
55	Melastomataceae	Tococa guianensis Aubl.	Los frutos son consumidos por la avifauna. Con potencial como ornamental por su follaje, coloración de frutos y flores.
56	Moraceae	Brosimum guianense (Aubl.) Huber	Los frutos son consumidos por la avifauna.
57	Moraceae	Brosimum utile (Kunth) Oken ex J. Presl	Medicinal, el látex se bebe como vermífugo y tónico. También para el tratamiento de heridas abiertas, manchas producto del sol y el tratamiento de fracturas. Asimismo se usa para tratar la leucemia
58	Moraceae	Ficus tonduzii Standl.	Los frutos son consumidos por la avifauna.
59	Moraceae	Maclura tinctoria (L.) D. Don ex Steud.	Medicinal, el exudado para la extracción de muelas
60	Muntingiaceae	Muntingia calabura L.	Los frutos son comestibles
61	Myristicaceae	Compsoneura mutisii A.C. Sm.	Los frutos son consumidos por la fauna.
62	Myristicaceae	Virola sebifera Aubl.	Los frutos son consumidos por la fauna.
63	ochnaceae	Lacunaria jenmanii (Oliv.) Ducke	Los frutos son consumidos por la fauna.
64	Passifloraceae	Passiflora auriculata Kunth	Con potencial ornamental por el colorido de sus flores. Los frutos son comestibles
65	primulaceae	Myrsine pellucidopunctata Oerst.	Los frutos son consumidos por la avifauna.
66	Rubiaceae	Faramea multiflora A. Rich. ex DC.	Los frutos son consumidos por la avifauna. Con potencial ornamental, por el colorido de sus flores y su follaje.
67	Rubiaceae	Genipa americana L.	Los frutos son comestibles y se extrae una tintura especial para teñir fibras y para realizar tatuajes en la piel. Con potencial ornamental, por la forma de la copa y el colorido de sus flores y follaje.
68	Rubiaceae	Isertia haenkeana DC.	Con potencial ornamental, por el colorido de sus flores y su follaje.

ID	Familia	Nombre científico	Usos y percepciones
69	Rubiaceae	Palicourea guianensis Aubl.	Con potencial ornamental, por el colorido de sus flores y su follaje. Los frutos son consumidos por la avifauna.
70	Rubiaceae	Ryania speciosa Vahl	Los frutos son consumidos por pequeños roedores. Esta especie posee un alcaloide llamado rianodina, el cual le confiere un alto potencial como insecticida natural
71	Rubiaceae	Warszewiczia coccinea (Vahl) Klotzsch	Con potencial ornamental, por el colorido de sus flores, frutos y follaje.
72	Salicaceae	Casearia arbórea (Rich.) Urb.	Los frutos son s por la avifauna.
73	Sapindaceae	Cupania cinérea Poepp.	Los frutos son consumidos por la avifauna.
74	Sapindaceae	Matayba arborescens (Aubl.) Radlk.	Los frutos son consumidos por la avifauna.
75	Sapotaceae	Chrysophyllum argenteum Jacq.	Los frutos son alimento de la fauna.
76	Siparunaceae	Siparuna guianensis Aubl.	Las hojas son utilizadas para repeler los insectos. Los frutos son consumidos por la fauna.
77	Urticaceae	Cecropia peltata L.	Los tallos pueden ser utilizados en la fabricación de instrumentos musicales y bebederos. Los frutos son consumidos por aves y murciélagos.
78	Urticaceae	Urera baccifera (L.) Gaudich. ex Wedd.	Medicinal, la decocción o infusión de la raíz se emplea como antiinflamatoria y antidiabética, las hojas se usan como analgésico, aplicándolas sobre partes adoloridas La planta entera en decocción por vía externa se usa para afecciones de la piel, como la tiña, infecciones micóticas, úlceras, heridas y erisipelas. Los frutos son consumidos por la avifauna.
79	Vochysiaceae	Vochysia ferruginea Mart.	Ornamental.

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información del Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017a)

8.3.1.6 Uso del suelo actual, tendencias y de desarrollo futuro del uso del suelo

Para esta cuenca se tiene como un insumo importante el mapa de coberturas terrestres del POMCA del Samaná Norte que permite conocer como estaba el uso del suelo para esta cuenca entre los años 2016 y 2017. De acuerdo con la Tabla 72, en el nivel II de la clasificación de Corine Land Cover, la cobertura dominante son los bosques con presencia en un 57.92% de la cuenca, seguido por los pastos en un 25,91% (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017a). Además, las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva tienen una representación del 10,95% que corresponden por lo general a zonas que no tienen uso aparente por parte de los habitantes, tierras sin oficio que alguna vez fueron usadas para cultivos o pastoreo, pero que dejaron de ser productivas y por lo tanto se abandonaron.

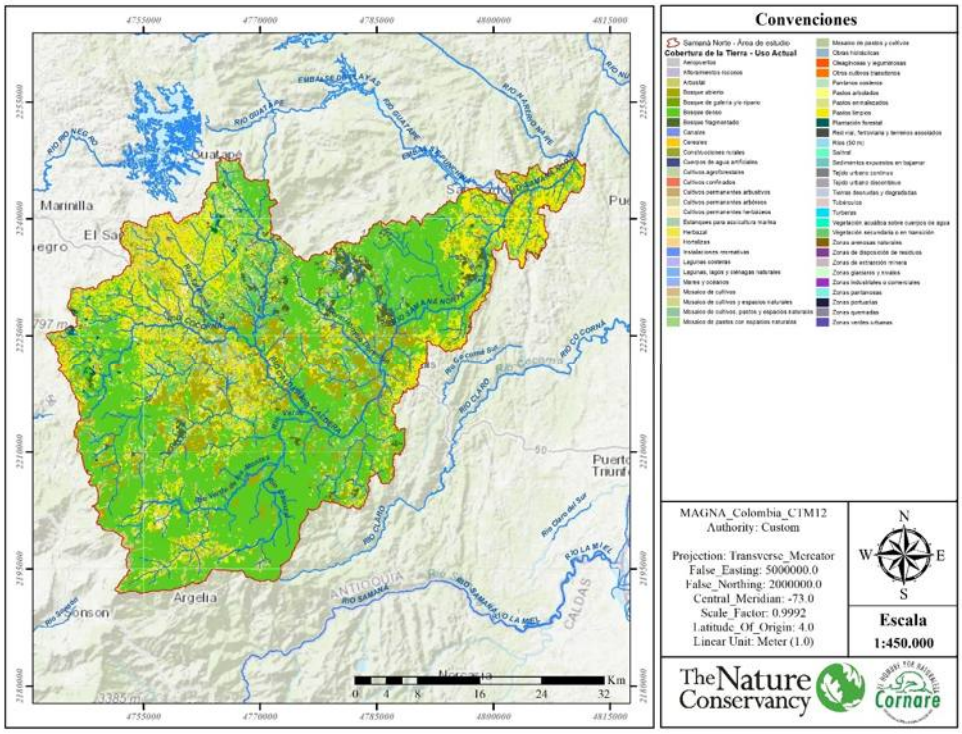
Tabla 72. Coberturas dominantes según POMCA Samaná Norte

Coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Norte	Área (ha.)	Proporción en la cuenca
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	130,92	0,07
Áreas agrícolas heterogéneas	5961,38	2,97
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	21991,66	10,95
Bosques	116330,08	57,92
Pastos	52043,35	25,91
Zonas urbanizadas	275,27	0,14
Cultivos permanentes y transitorios	2407,89	1,20

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

En la Figura 146 se puede apreciar la distribución espacial de las coberturas terrestres para la cuenca del Samaná Norte de acuerdo al respectivo POMCA, cuya restitución, validación y verificación en campo se realizó durante el año 2016, pero cuyos resultados de diagnóstico fueron públicos en 2017. Para ese momento la mayor presencia de bosque se daba en la vertiente oriental del sistema del Páramo de Sonsón, que corresponden a la cuenca alta de los ríos Verdes de los Montes y Henaos, del río Melchocho y del río Cocorná. Otra área importante con bosques es la cuenca del río Caunzal y las zonas aledañas a la confluencia del río Santo Domingo con el río Verde, y de este último con río Calderas. No es casualidad que estas áreas boscosas se conserven en estos lugares, ya que corresponden a áreas protegidas de carácter regional que han venido siendo declaradas por Cornare.

Figura 146. Coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

Otra zona importante con presencia de bosques naturales se encuentra en la cuenca alta del río Calderas y que está asociada a una figura de protección como lo es el Distrito de Manejo Integrado Las Camelias. Y la cuenca del río San Miguel entre los municipios de San Luis y San Carlos también presenta una interesante masa boscosa que se extienda hasta la cuenca alta del río Dormilón.

En cambio, para la época se nota con preocupación una tendencia a modificar los paisajes compuestos por bosques naturales en usos agrícolas y pecuarios, dando por resultado presencia de paisajes antrópicos que se vienen incrementando en los entornos de las cabeceras municipales de Granada, Cocorná, San Francisco y San Luis. Además de una pérdida cada vez más acentuada de

bosque natural en los entornos de la centralidad de río Verde de los Montes y río Verde de los Henaos.

En los recorridos de campo realizados en la cuenca se pudo evidenciar esa tendencia de cambio de reemplazo o pérdida de bosque natural como consecuencia de la apertura de la frontera agrícola para usos agropecuarios, en donde por lo general el patrón de "colonización" por parte de los campesinos es la "tumba del monte" y luego terminan de hacer una limpia quemando los residuos vegetales que quedaron producto de la tala del bosque, para luego sembrar pasto para ganado vacuno o establecer un cultivo generalmente de ciclo corto o transitorio como maíz o frijol. En la Foto 4 se puede apreciar este patrón o tendencia de apertura de la frontera agrícola a expensas de los bosques naturales en la cuenca alta del río Dormilón en el municipio de San Luis, vereda La Estrella.

Foto 4. Quemas para establecimiento de cultivos y pastos en San Luis



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de la Salida de campo #2, 2021

Las coberturas terrestres del Pomca del río Samaná Norte permitió tener una radiografía de la situación de la cuenca entre los años 2016 y 2017, pero no permitía hacer un análisis multitemporal de las coberturas con el fin de evidenciar cambios en el tiempo. Por lo tanto, se hizo una exploración de información cartográfica que permitiera hacer este ejercicio comparativo a partir de sistemas de información geográfica, por lo que se encontró una tesis de la maestría de Estudios Urbano Regionales de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, en donde se analizó la variación de las coberturas terrestres de Antioquia (2000 – 2017) y su relación con los servicios ecosistémicos de regulación y aprovisionamiento (Peña, 2019). Esta investigación se revisa con el fin de recurrir a información cartográfica procesada y homologada previamente a partir de CartoAntioquia, que es el repositorio de la Gobernación de Antioquia en donde con Ortofotos tomadas con intervalos de cada 4 años aproximadamente, se actualiza el mapa de coberturas terrestres para Antioquia bajo la metodología de adaptación de Corine Land Cover Colombia 2010.

Por lo tanto, a partir de este insumo cartográfico, se procede a hacer un análisis comparativo de variación de las coberturas terrestres para la cuenca del Samaná Norte en 2 ventanas de tiempo o de análisis multitemporal. Primero se evalúa el cambio de coberturas entre el año 2000 y el año 2017 y luego se hace un zoom o un análisis comparativo en una ventana de tiempo acotada entre el año 2010 y 2017.

En la Tabla 73 se recogen los principales cambios generados en polígonos que agrupados suman más de 1000 hectáreas representados en cambios positivos, ya que por la escala de análisis, por debajo de este rango la tendencia al cambio no permite una diferenciación clara de los polígonos. Para facilitar el análisis y hacerlo visualmente más comprensible, se agruparon los cambios usando la metodología del semáforo, en donde el rojo corresponde a los cambios más graves o críticos sufridos por la cuenca en el periodo o la ventana de tiempo analizada, seguida por los cambios negativos en la cobertura que se deben analizar (cambios entre mosaicos) que se representa con color naranja. Y los cambios positivos en la cobertura se representan de color amarillo, ya que representan que las coberturas naturales han ganado espacio. Y finalmente el color rojo simboliza los cambios más drásticos o graves, ya que se pasó de tener coberturas naturales como bosques a tener pastos limpios.

Por ejemplo, un cambio positivo durante la ventana de tiempo del año 2000 al 2017 es que la cuenca del Samaná Norte mantuvo una cobertura de bosque denso de 58025,96 hectáreas, es decir que no sufrió modificaciones, lo que equivale al 22,78% de toda la cuenca. Pero un cambio negativo fue pasar de tener en el año 2000, 2739 hectáreas de bosque denso a ser deforestadas y convertidas en pastos limpios para el año 2017, lo que equivale al 1,08% de la cuenca.

Tabla 73. Cambios de coberturas terrestres entre 2000 y 2017

Cambio de coberturas	No. polígonos transformados	Sumatoria Área transformada	Porcentaje de la cuenca
3.1.1. Bosque denso3.1.1. Bosque denso	60	58025,96	22,78
3.1.1. Bosque denso3.1.3. Bosque fragmentado	71	17647,96	6,93
3.1.1. Bosque denso3.1.2. Bosque abierto	39	13172,94	5,17
3.2.3. Vegetación secundaria o en transicion3.1.1. Bosque denso	133	9150,83	3,59
2.3.1. Pastos limpios2.3.1. Pastos limpios	103	7228,58	2,84
2.3.1. Pastos limpios2.3.3. Pastos enmalezados	97	6572,13	2,58
3.2.3. Vegetación secundaria o en transicion3.1.3. Bosque fragmentado	105	5650,66	2,22
3.1.1. Bosque denso3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	100	5216,61	2,05
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales3.1.3. Bosque fragmentado	59	5118,57	2,01
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	106	4564,28	1,79
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	72	3947,86	1,55
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales3.1.1. Bosque denso	58	3817,10	1,50
3.1.1. Bosque denso2.3.3. Pastos enmalezados	113	3636,69	1,43
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales3.1.3. Bosque fragmentado	44	3555,59	1,40
3.2.3. Vegetación secundaria o en transicion3.1.2. Bosque abierto	45	3489,15	1,37
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	62	3232,32	1,27

Cambio de coberturas	No. polígonos transformados	Sumatoria Área transformada	Porcentaje de la cuenca
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales3.1.3. Bosque fragmentado	62	3165,46	1,24
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	19	3131,80	1,23
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos3.1.1. Bosque denso	89	3091,81	1,21
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales2.3.1. Pastos limpios	48	3081,85	1,21
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales2.3.3. Pastos enmalezados	70	2884,71	1,13
3.1.1. Bosque denso2.3.1. Pastos limpios	**66**	**2739,94**	1,08
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos2.3.3. Pastos enmalezados	95	2738,40	1,08
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales3.1.1. Bosque denso	78	2620,52	1,03
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion2.3.3. Pastos enmalezados	121	2381,92	0,94
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales2.3.3. Pastos enmalezados	70	2276,42	0,89
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	68	2111,30	0,83
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	21	2054	0,81
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	19	2037,01	0,80
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion3.1.5. Plantación forestal	13	2017,32	0,79
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales2.3.3. Pastos enmalezados	49	2000,39	0,79
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales3.1.1. Bosque denso	58	1974,11	0,77
2.3.1. Pastos limpios3.1.1. Bosque denso	95	1970,60	0,77
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos2.3.1. Pastos limpios	53	1966,25	0,77
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	62	1836,05	0,72
5.1.1. Rios (50 m)5.1.1. Ríos (50 m)	7	1810,43	0,71
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos3.1.3. Bosque fragmentado	49	1791,92	0,70
2.3.1. Pastos limpios2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	53	1751,57	0,69
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales3.1.2. Bosque abierto	39	1691,42	0,66
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales2.3.1. Pastos limpios	37	1602,90	0,63
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales2.3.1. Pastos limpios	40	1576,88	0,62
2.3.1. Pastos limpios3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	110	1571,65	0,62
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	35	1569,02	0,62
3.1.1. Bosque denso3.1.4. Bosque de galería y ripario	14	1525,50	0,60
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion2.3.1. Pastos limpios	90	1403,09	0,55
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	21	1287,44	0,51
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	21	1257,14	0,49
2.3.1. Pastos limpios3.1.3. Bosque fragmentado	69	1233,69	0,48
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	24	1203,95	0,47
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	15	1189,85	0,47
3.1.1. Bosque denso2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	25	1175,28	0,46
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales3.1.2. Bosque abierto	26	1139,06	0,45
2.3.3. Pastos enmalezados3.1.3. Bosque fragmentado	28	1097,05	0,43

Cambio de coberturas	No. polígonos transformados	Sumatoria Área transformada	Porcentaje de la cuenca
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	34	1087,64	0,43
3.1.3. Bosque fragmentado3.1.1. Bosque denso	14	1064,30	0,42
2.3.1. Pastos limpios3.1.2. Bosque abierto	22	1055,59	0,41

Fuente: Adaptado de Peña (2019)

En la Tabla 74, se encuentran clasificados los cambios sufridos por las coberturas entre el 2000 al 2017, desde los cambios o permanencias negativas en color rojo, hasta los cambios o permanencias positiva en color verde. Cuando se analiza todos los cambios negativos en la cobertura, se evidencia que son la tendencia en el periodo de tiempo que se comparó. Por ejemplo, los cambios o permanencias negativas para la cobertura son del 25,56% de la cuenca, es decir la cuarta parte del área de estudio, mientras los cambios negativos entre mosaicos son de 23,7% de la cuenca, lo que más genera inquietud o preocupación es que estos mosaicos están asociados a ampliación de la frontera agrícola que se va dando de manera casi invisible, sutil, pero sistemática. Es decir que no son grandes áreas que se transforman de un tajo sino son cambios en pequeños espacios que obedece al trabajo de campesinos en sus parcelas, lo cual está asociado a la cantidad de polígonos de transformación que son 1445.

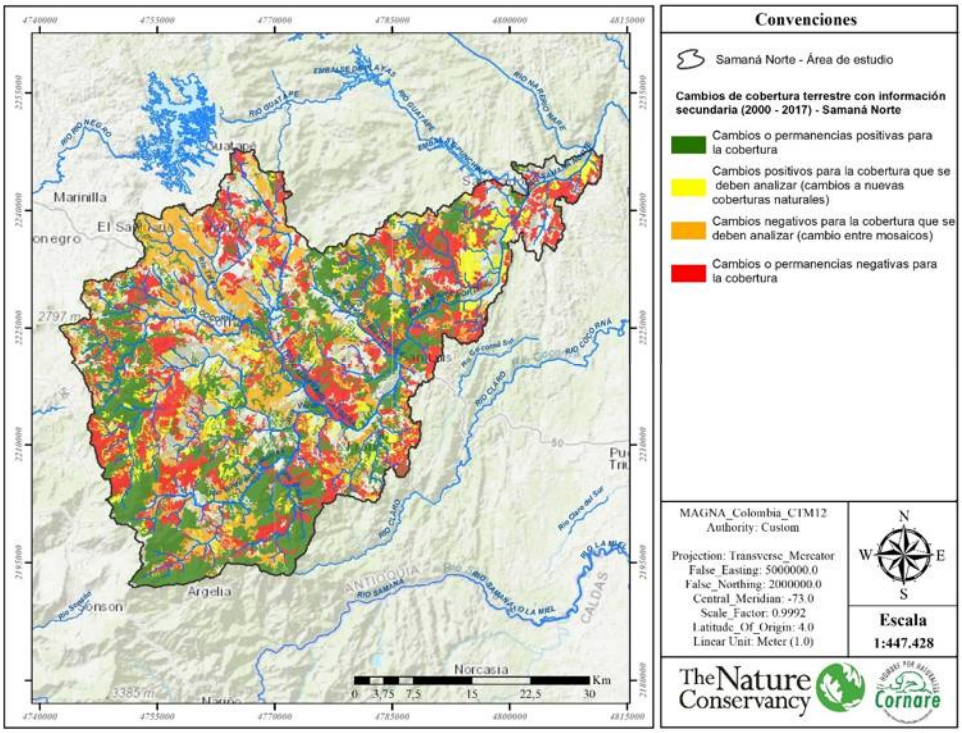
Tabla 74. Clasificación de cambios positivos o negativos de coberturas terrestres

Tipo de cambio	No. polígonos transformados	Sumatoria Área transformada	Porcentaje de la cuenca
Cambios o permanencias negativas para la cobertura	920	65104,86	25,56
Cambios negativos para la cobertura que se deben analizar (cambios entre mosaicos)	1445	58224,64	23,7
Cambios positivos para la cobertura que se deben analizar (cambios a nuevas coberturas naturales)	314	15674	6,58
Cambios o permanencias positivas para la cobertura	510	24908,80	33,42

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 147 se puede apreciar el mapa con los colores tipo semáforo que muestra las categorías de cambio positivos o negativos en las coberturas de la cuenca del río Samaná Norte para la ventana temporal entre los años 2000 y 2017. Como se aprecia en el mapa, los mayores cambios negativos en las coberturas se concentran en la cuenca alta de los ríos Cocorná, Melcocho y río Verde de Los Henaos También se concentran estos cambios negativos en la cuenca alta del río Tafetanes y en el entorno del Samaná Norte a la altura de Puerto Garza y en la cuenca del río San Miguel entre San Luis y San Carlos. En segundo lugar, los cambios negativos de coberturas asociados a los mosaicos se concentran fuertemente en la cuenca alta y media del río San Matías, que incluye el entorno de las cabeceras de Granada y Cocorná.

Figura 147. Cambios multitemporal (2000-2017) de coberturas en Samaná Norte



Fuente: Adaptado de Peña (2019)

En la Tabla 75 se observa que hubo un cambio positivo durante la ventana de tiempo del año 2010 al 2017 es que la cuenca del Samaná Norte mantuvo una cobertura de bosque denso de 24,931.19 hectáreas, es decir que no sufrió modificaciones, lo que equivale al 12.41 % de toda la cuenca. Pero un cambio negativo fue pasar de tener en el año 2010, 2.739 hectáreas de bosque denso a ser deforestadas y convertidas en pastos limpios para el año 2017, lo que equivale al 1.08 % de la cuenca. A pesar de que no hubo cambios drásticos de coberturas boscosas a pastos limpios, si se encontraron cambios en la estructura y pérdida de funcionalidad ecológica de las coberturas boscosa, al pasar de bosque abierto a bosque fragmentado, representado en 7,145.82 hectáreas, que corresponde al 3.56 % de la cuenca.

Tabla 75. Cambios de coberturas terrestres entre 2010 y 2017

Cambio de coberturas	No. polígonos transformados	Sumatoria Área transformada	Porcentaje de la cuenca
3.1.1. Bosque denso - 3.1.1. Bosque denso	33	24931,19	12,41
3.1.2. Bosque abierto - 3.1.2. Bosque abierto	23	14574,82	7,26
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion - 3.1.1. Bosque denso	55	11889,38	5,92
2.3.1. Pastos limpios - 2.3.1. Pastos limpios	74	1,888,48	5,92
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion - 3.2.3. Vegetaciónsecundaria o en transición	91	10497,30	5,23
3.1.2. Bosque abierto - 3.1.1. Bosque denso	17	10082,79	5,02
3.1.3. Bosque fragmentado - 3.1.3. Bosque fragmentado	32	8586,62	4,28
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion - 3.1.3. Bosque fragmentado	29	8284,27	4,13
3.1.2. Bosque abierto - 3.1.3. Bosque fragmentado	22	7145,82	3,56
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales - 2.3.3. Pastos enmalezados	77	5530,46	2,75

2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales - 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	27	4407,02	2,19
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales - 3.1.3. Bosque fragmentado	46	3932,95	1,96
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	19	3834,19	1,91
2.3.1. Pastos limpios - 2.3.3. Pastos enmalezados	41	3523,65	1,75
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos - 2.3.3. Pastos enmalezados	35	3487,40	1,74
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales - 3.2.3. Vegetaciónsecundaria o en transición	53	3429,00	1,71
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - 2.3.3. Pastos enmalezados	51	3278,95	1,63
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales - 3.1.1. Bosque denso	35	2930,06	1,46
3.2.2. Arbustal - 3.1.1. Bosque denso	17	2513,40	1,25
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion - 3.1.4. Bosque de galería y ripario	12	2444,99	1,22
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - 3.1.3. Bosque fragmentado	24	2424,97	1,21
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales - 2.3.1. Pastos limpios	43	2366,89	1,18
2.3.3. Pastos enmalezados - 2.3.3. Pastos enmalezados	33	2326,37	1,16
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - 3.2.3. Vegetaciónsecundaria o en transición	32	2130,70	1,06
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - 3.1.1. Bosque denso	21	2065,85	1,03
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion - 3.1.2. Bosque abierto	10	2018,60	1,01
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos - 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	17	1972,90	0,98
3.2.2. Arbustal - 3.2.3. Vegetaciónsecundaria o en transición	20	1730,86	0,86
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos - 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	10	1358,76	0,68
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales - 2.3.2. Pastos arbolados	22	1328,58	0,66
3.1.3. Bosque fragmentado - 3.1.1. Bosque denso	7	1,319,89	0,66
3.1.2. Bosque abierto - 3.2.3. Vegetaciónsecundaria o en transición	16	1305,48	0,65
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion - 3.1.5. Plantación forestal	1	1281,88	0,64
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos - 2.3.1. Pastos limpios	26	1266,78	0,63
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos - 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	17	1251,95	0,62
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales - 3.1.2. Bosque abierto	10	1174,57	0,58
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos - 3.1.3. Bosque fragmentado	8	1069,14	0,53
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos - 3.2.3. Vegetaciónsecundaria o en transición	24	1064,83	0,53

Fuente: Adaptado de Peña (2019)

En la Tabla 76 se encuentran clasificados los cambios ocurridos a las coberturas entre el 2010 al 2017, desde los cambios o permanencias negativas en color rojo, hasta los cambios o permanencias positiva en color verde. Cuando se analiza todos los cambios positivos en la cobertura, se evidencia que son la tendencia en el periodo de tiempo que se comparó. Por ejemplo, los cambios o permanencias positivas para la cobertura son del 36,34% de la cuenca, es decir un poco más de la tercera parte del área de estudio, mientras los cambios positivos, es decir hacia coberturas naturales sumaron 47898,36 hectáreas que representan el 23,857% de la cuenca. En cambio, los cambios o permanencia negativa para la cobertura, que se traduce en pérdida de bosque, fueron de 14831,22 hectáreas, que corresponde al 7,38% de la cuenca. A partir de este análisis se puede evidenciar que en el periodo comprendido entre 2010 y 2017, fueron más los cambios positivos que negativos ocurridos a las coberturas.

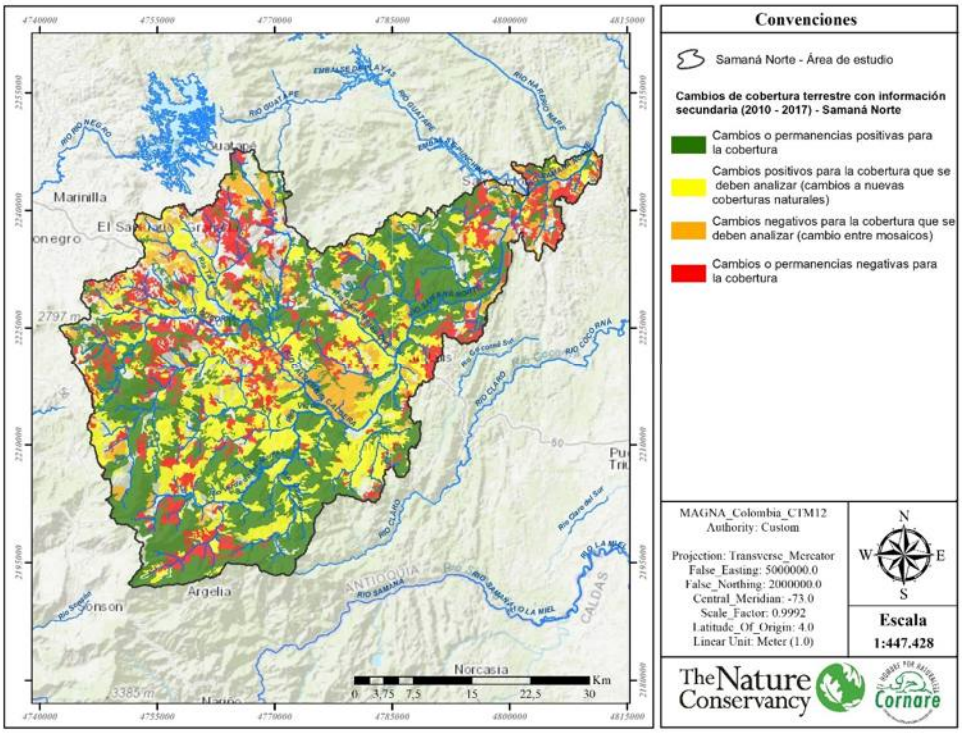
Tabla 76. Cambios de coberturas terrestres entre 2010 y 2017

Tipo de cambio	No. polígonos transformados	Sumatoria Área transformada	Porcentaje de la cuenca
Cambios o permanencias negativas para la cobertura	99	14831,22	7,38
Cambios negativos para la cobertura que se deben analizar (cambios entre mosaicos)	99	14831,22	7,38
Cambios positivos para la cobertura que se deben analizar (cambios a nuevas coberturas naturales)	395	47898,36	23,85
Cambios o permanencias positivas para la cobertura	249	72990,25	36,34

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 148 se puede apreciar el mapa con los colores tipo semáforo que muestra las categorías de cambio positivos o negativos en las coberturas de la cuenca del río Samaná Norte para la ventana temporal entre los años 2010 y 2017. Como se aprecia en el mapa, en este periodo de tiempo más corto y más reciente que el anterior, se evidencia que los mayores cambios negativos en las coberturas se concentran en la cuenca alta del río Tafetanes y algo más en la cuenca media del río Cocorná. Como se analizó en la tabla anterior, para esta ventana de tiempo se observa que los cambios o permanencia positiva de las coberturas naturales es mayoría. Es decir que se restauraron áreas que antes fueron potreros y ahora son bosques o siempre lo han sido. En el mapa hay un nucleo que presenta cambios negativos de cobertura asociados al entorno del corredor vial de la autopista Medellín – Bogotá entre el río Dormilón y el río Calderas.

Figura 148. Cambios multitemporal (2010-2017) de coberturas en Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de Peña (2019)

8.3.1.7 Áreas protegidas

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Norte, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las "Reservas Forestales Protectoras Regionales" (RFPR), que lo que buscan es que los ecosistemas boscosos mantengan su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito "Distrito Regional de Manejo Integrado" (DRMI), los cuales corresponden a espacios geográficos, en el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute. Actualmente figuran en la cuenca la RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, la RFPR Cañones de los ríos Melcocho y Santo Domingo, la RFPR Punchiná, la RFPR La Tebaida, el DRMI Las Camelias, el DRMI Cuchillas Los Cedros, DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé, el DRMI Sistema Viaho-Guayabal, el DRMI Cerros de San Nicolás y DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón. En la Tabla 77 se presenta el resumen de las áreas protegidas en la cuenca del río Samaná Norte de acuerdo con los actos administrativos presentados por Cornare en https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/.

Tabla 77. Resumen de las áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte

Nombre	Acuerdo	Regional	Área (ha)
DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras	Acuerdo Corporativo 395 de 2019	Bosques	3,7
DRMI Cerros de San Nicolás	Acuerdo 323 de 2015 y Acuerdo 376 de 2018	Valle de San Nicolás	3,3
DRMI Cuchillas Los Cedros	Acuerdo Corporativo 329 de 2015	Valle de San Nicolás	277,9
DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé	Acuerdo Corporativo 268-2011, 294-2013, 370-2017, 384-2019 y 402-2020	Embalses	5,1
DRMI Las Camelias	Acuerdo Corporativo 328 de 2015	Embalses	5506,0
DRMI Páramo de Vida Maitamá - Sonsón (Páramo de Sonsón)	Resolución 493 de 2016 (MADS) y Acuerdo Corporativo 388 de 2018	Páramo	6955,4
DRMI Sistema Viaho – Guayabal	Acuerdo Corporativo 331 de 2015	Valle de San Nicolás	5148,1
RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo - (Páramo de Sonsón)	Resolución 493 de 2016 (MADS) - Acuerdo Corporativo 322 de 2014	Valle de San Nicolás	26349,5
RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa	Acuerdo Corporativo 324 de 2015	Bosques	15932,5
RFPR La Tebaida	Acuerdo Corporativo 327 de 2015	Embalses	6686,7
RFPR Punchiná	Acuerdo Corporativo 264 de 2011 y Acuerdo 320 de 2015	Embalses	142,2

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Norte se tiene la Reserva Forestal central, la cual abarca la cuenca alta del río Verde de los Montes y río Verde de Los Henaos, en jurisdicción del municipio de Sonsón. Estas áreas protegidas se encuentran clasificada en 2 tipos de zonas, tal y como lo indica la Resolución 1922 de 2013:

- Zona tipo A, Son zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la

formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.

- Zona Tipo B. Zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Es importante resaltar que la zonificación y ordenamiento de las áreas de la Reserva Forestal Central se constituye en un elemento orientador para la construcción de las políticas públicas y para la planeación de los proyectos, obras o actividades, con el fin de hacer un uso adecuado del territorio, el cual deberá ser tenido en cuenta al momento de realizar la formulación de los POT´s municipales y demás instrumentos de planificación del territorio (ver Figura 149).

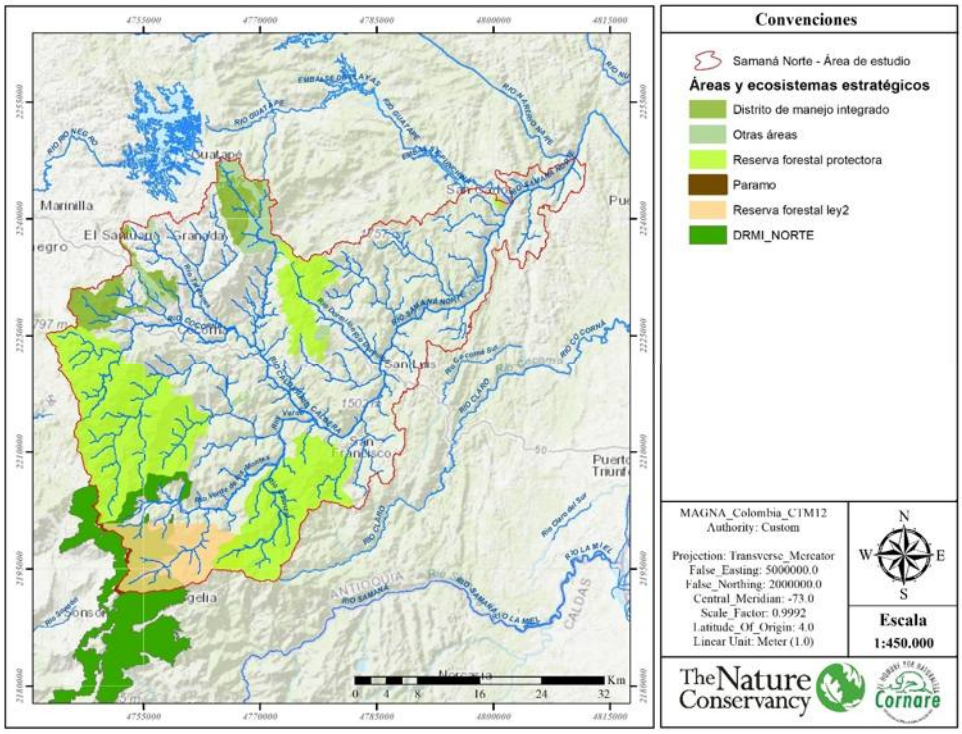
Actualmente las áreas protegidas presentes al interior de la cuenca del río Samaná Sur, cuentan planes de manejo que realizan la zonificación y ordenamiento de las áreas protegidas. A continuación, se listan los acuerdos por los cuales de adoptan los planes de manejo de las diferentes áreas (Tabla 80).

Tabla 78. Resumen de las áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte

Nombre	Acuerdo
DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras	Acuerdo 417 de julio 02 de 2021
DRMI Cerros de San Nicolás	Resolución 112-5303-2018
DRMI Cuchillas de los Cedros	Acuerdo 411 de abril 30 de 2021
DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé	Acuerdo 402 de abril 30 de 2020
DRMI Las Camelias	Resolución 112-6981-2017
DRMI Páramo de Vida Maitamá - Sonsón (Páramo de Sonsón)	412 del 30 de abril de 2021
DRMI Sistema Viaho - Guayabal	Resolución 112-1588-2018
RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo - (Páramo de Sonsón)	Resolución 112-6982-2017
RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa	Resolución 112-6983-2017
RFPR La Tebaida	Resolución 112-0604-2018
RFPR Punchiná	Resolución 112-3522-2015

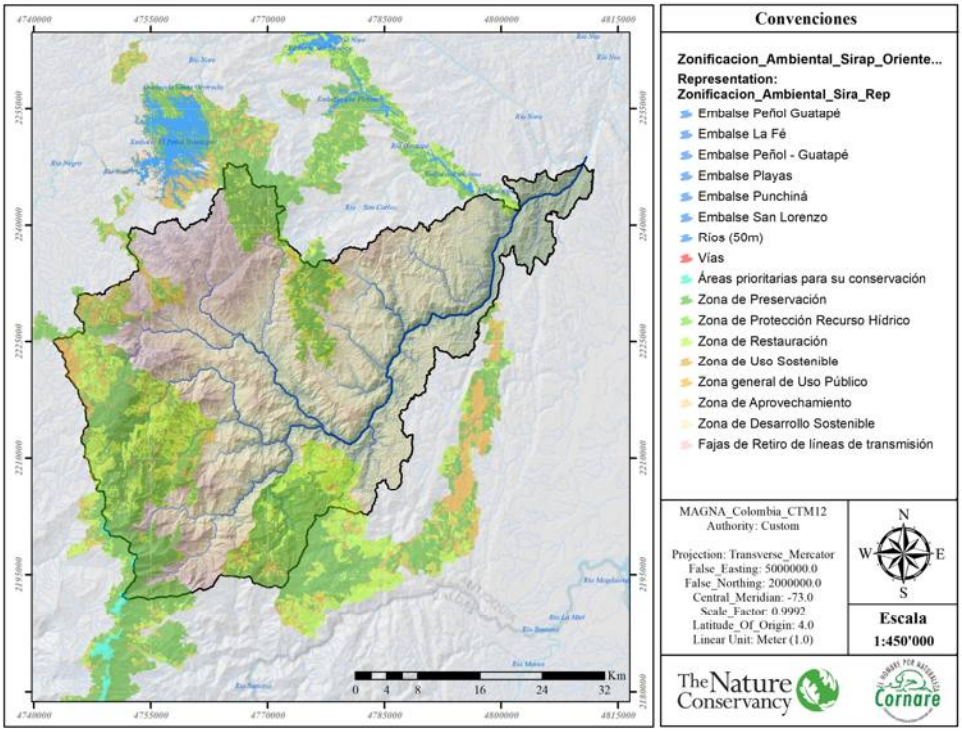
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Figura 149. Áreas protegidas y ecosistemas estratégicos Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Figura 150. Zonificación ambiental de las áreas protegidas en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Una de las áreas protegidas más importantes para la cuenca del río Samaná Norte es el páramo de Sonsón, que, aunque en extensión para la cuenca no es representativo, si constituye en ser estratégico para la Sostenibilidad de la cuenca, ya que allí tiene nacimiento algunos de los principales afluentes como son los ríos verdes de los Henaos y de Los Montes. El páramo fue adoptado finalmente como área protegida mediante el ACUERDO Nº 388 de junio 6 de 2019 de CORNARE "Por medio del cual se declara, delimita y alindera, el Distrito Regional de Manejo Integrado Páramo de Vida Maitamá – Sonsón" (Cornare, 2019a), es importante resaltar que para todo el sistema del Páramo de Sonsón, la presencia de especies compartidas con otros complejos, indica la importancia de estos ecosistemas estratégicos como corredores biológicos permitiendo que los procesos ecológicos y la continuidad biogeográfica puedan mantenerse a lo largo de las zonas altas del páramo, cobrando gran relevancia la conectividad y la protección de especies de flora como la Palma de Cera, el Roble, el Magnolio, el Caunce y el Frailejón, además de la importante oferta de servicios ecosistémicos que le aportan a la cuenca alta del Samaná Norte.

Igualmente, en el ACUERDO Nro. 324 del 1 de julio de 2015 de CORNARE, por medio del cual se reglamenta la Reserva Forestal Protectora Regional Las Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, se destaca la existencia de coberturas boscosas, aproximadamente el 77% del área de esta reserva forestal, equivalente a 20636 hectáreas, correspondientes a una matriz de bosques secundarios y primarios con intervenciones en bosques de tipo secundario. En estos bosques se encuentran especies de flora con algún grado de vulnerabilidad como son: las bromelias *Guzmaniadanielll L.B. Sm., Pitcairniabasincurva L.B. Sm. & Betancur, Pitcairniaveritidirecta L.B. Sm. & Betancur y*

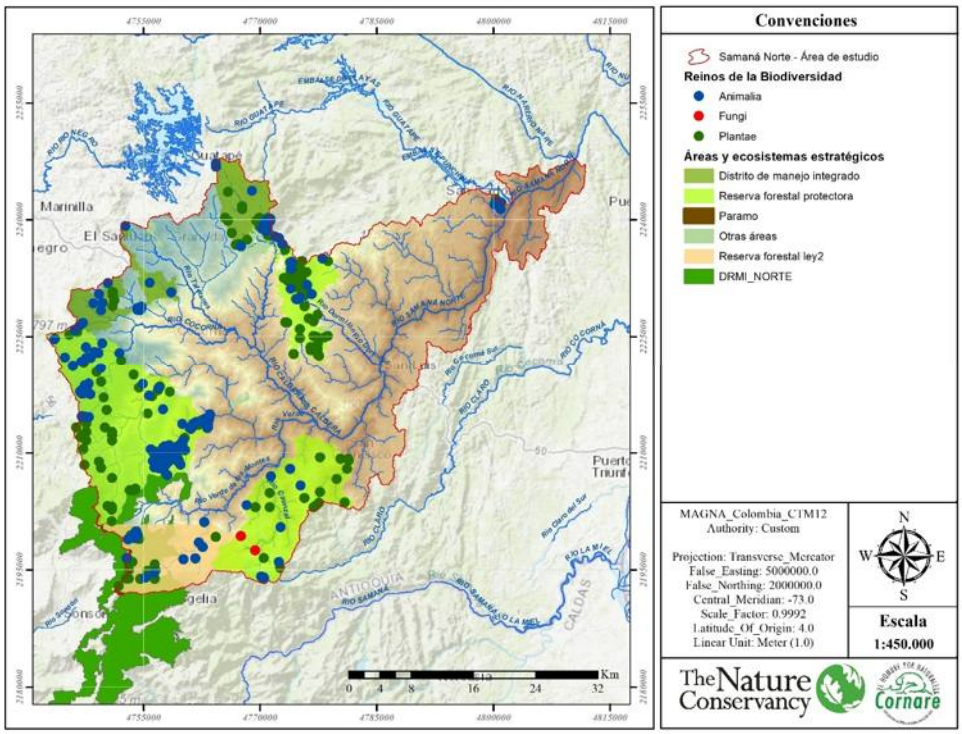
Pitcairniafluvialis L.B. Sm. & Betancur. Por parte de la familia de las Lauraceaes se encuentra la especie *Caryodaphnopsiscogolloi van der Werff*. De las Myristicaceae se reportó *CompsoneuraclaroensisJanovec& A.K. Neill*. Y de la familia Orchidaceae se destacan 3 especies: *Dracula cutis-bufonisLuer& R. Escobar, Draculanycterina (Rchb. f.) Luer* y *MasdevalliapescadoensisLuer& R. Escobar* (Cornare, 2015).

En relación a la fauna, en el DRMI del Páramo de Sonsón, gracias a que la zona presenta alta relevancia en cuanto a coberturas boscosas, se encuentra allí una gran riqueza de fauna , entre ellas, especies de anfibios que pertenecen a ecosistemas de bosques en avanzado estado sucesional (bosques primarios y bosques secundarios) como es el caso de *Atopophrynus syntomopus, Rulyrana susatami Pristimantis bernali, Pristimantis dorsopictus, Pristimantis suetus, Andinobates opisthomelas,* entre otras; en reptiles se han identificado algunas serpientes del género *Atractus,* que aún están sin identificar y la presencia de algunos lagartos del género *Anolis;* en cuanto a aves la riqueza es alta (más de 356 especies de aves), encontrándose algunas especies endémicas y con algún grado de amenaza; destacándose la presencia del Águila paramo *(Geranoaetus melanoleucus),* el colibrí de páramo *(Oxypogon stuebelii),* el gallito de roca *(Rupicola peruvianus),* para mamíferos se encuentran dentro del área el tití gris *(Saguinus leucopus)* y el puma *(Puma concolor)* (Cornare, 2019a).

En el caso de la Reserva Forestal Protectora Regional Las cuchillas El Tigre, El Calón y La Osa, se reportó la presencia de fauna con algún grado de vulnerabilidad. Por ejemplo, en mamíferos se encuentran: *Cebusal bifrons* (Cariblanco), *Lagothrix lagotricha* (Mono lanudo colombiano), *Aotuslemurinus* (Madeja), *Saguinus leucopus* (Titi gris), *Lontralongicaudis* (Nutria), *Cabassouscentralis* (Armadillo Coletrapo), *Choloepushoffmanni* (Perezoso de dos dedos), P*uma concolor* (Puma), *Leoparduswiedii* (Tigrillo), *Leopardus pardalis* (Tigrillo machete), *Panthera onca* (Jaguar). En Aves: *Crax Alberti* (Paujil). En anfibios: *Pristimantis dorsopictus* (Rana), *Centrolenesavagei* (Rana de cristal), *Sachatamiapunctulata* (Rana de cristal), *Atelopussp. Nov* (Rana Arlequín), *Bolitoglossa sp. (*Salamandra). Y por último en Reptiles: *Iguana iguana* (Iguana), *Boa constrictor imperator* (Serpiente) (Cornare, 2015).

Según la capa geográfica de las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Norte, esta región del oriente Antioqueño cuenta con territorios en cuatro “Reservas Forestales Protectoras Regionales” (RFPR), cuatro “Distritos Regionales de Manejo Integrado” (DRMI) y una fracción de la zona del páramo de Sonsón, que se sobrepone La Reserva Forestal Central de ley 2 de 1959. En estas áreas protegidas se reportan 10137 registros agrupados 1647 especies, de las cuales 1024 son plantas, 12 son hongos y 612 son especies de fauna. Estas especies corresponden al 38,9% de total de especies reportadas en la cuenca, y según los resultados obtenidos para cada reino, los hongos equivalen al 92,3%, las plantas el 37,7% y los animales el 40, 5%, del total de especies reportados para la cuenca. Estos porcentajes son relativamente bajos a excepción de los hongos, lo cual se debe a la poca cantidad de registros para este grupo (43 registros de 13 especies), lo cual evidencia la falta de estudios rigurosos en todos los grupos que permitan conocer la real biodiversidad de especies de la cuenca Samaná Norte. Los resultados evidencian la falta de estudios con rigor científico que demuestren la importancia de estas zonas para el sostenimiento ecosistémico de la cuenca Samaná Norte, además expone la necesidad de declarar áreas protegidas en la zona media y baja de la cuenca que permitan la conexión longitudinal y altitudinal de los ecosistemas (Figura 151).

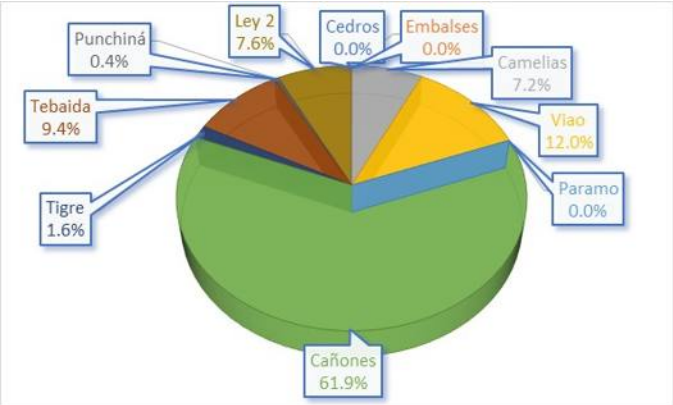
Figura 151. Distribución de registros de hongos, plantas y animales en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de Cornare y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

La distribución de los registros georreferenciados en las áreas protegidas de la cuenca presentó la mayor riqueza de especies en la Reserva Forestal Protectora Regional Los Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo con 971 especies que agrupan 6.265 registros (Figura 152), seguida por la RFRR La Tebaida con 434 especies que agrupan 947 registro. Las siguientes especies fueron las que presentaron mayor distribución en las áreas protegidas, el gallinazo negó común (*Coragyps atratus*), el cacique candela (*Hypopyrrhus pyrohypogaster*), el abanico pechinegro (*Myioborus miniatus*), el Chamicero piscuis (*Synallaxis azarae*) y la mirla patinaranja (*Turdus fuscater*), todas pertenecen a la clase de las aves y fueron encontradas en cinco áreas de reserva, mientras que 258 especies solo aparecen en un área de reserva con un solo registro para cada especie, es el caso del cangrejo de agua dulce (*Strengeriana antioquensis*) reportado en la reserva de los cañones del río Santo Domingo y Melcocho (Anexo - Fase II - 9 pestaña P5). Es de anotar que el Instituto Alexander von Humboldt propone a esta especie de cangrejo de agua dulce como determinante para definir las áreas claves de conservación de los ecosistemas acuáticos en Colombia (C. Lasso, Córdoba, & Campos, 2017).

Figura 152. Distribución porcentual de la cantidad de especies reportadas en las áreas protegidas

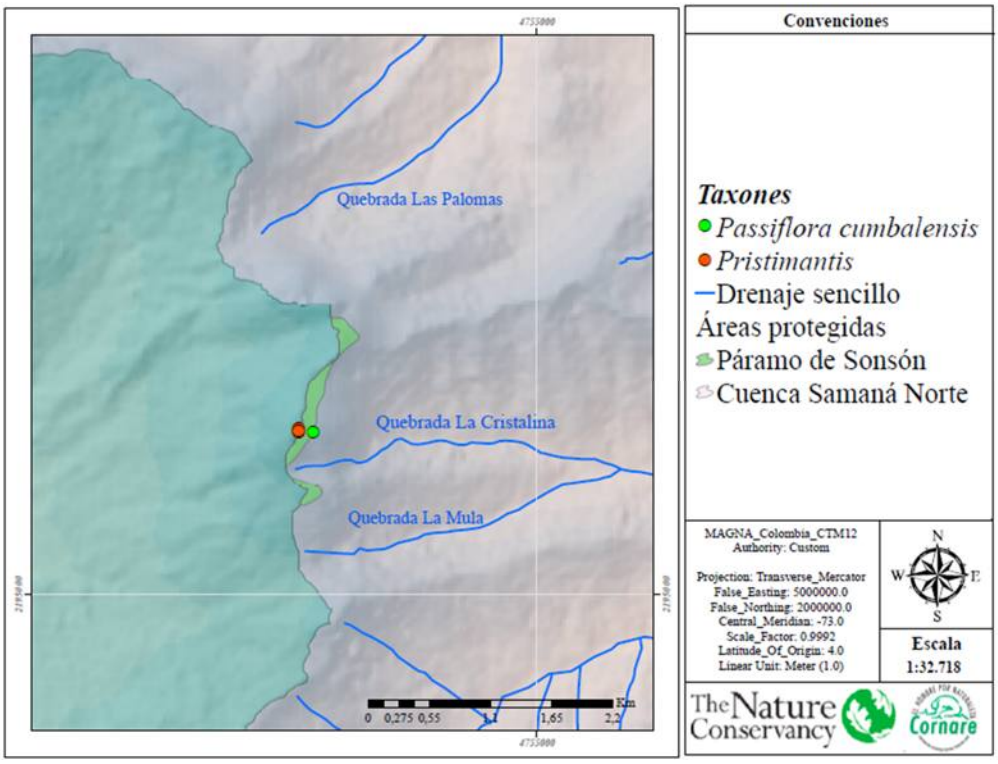


Tomado de Fuente: Tomado de Cornare y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

8.3.1.8 Ecosistemas estratégicos

Los ecosistemas de agua dulce son considerados redes de drenaje que recorren la historia de los territorios, sus culturas, costumbres, idiosincrasia y sobre todo una variedad de recursos naturales y ecosistemas incomparables. Sin embargo, como se referencia en el POMCA, la cuenca Samaná Norte no presenta ecosistemas estratégicos de agua dulce, pero si una fracción de ecosistema de Paramo, para la cual se reporta una sola especie de los grupos de las curubas (*Passiflora cumbalensis*), también vale la pena resaltar 4 registros de ranas del género *Pristimantis*.a los cuales no se les asigno epíteto específico, lo cual es un indicio de la falta de rigor en la identificación de las especies biológicas. Estos cuatro registros representan una pequeña fracción de la biodiversidad de la alta montaña en la cuenca del Samaná Norte, y aunque es una pequeña fracción del Paramó de Sonsón es necesario investigar y conservar este ecosistema estratégico para el país.

Figura 153. Distribución de la *Passiflora cumbalensis* y *Pristimantis*.en el ecosistema estratégico paramó de Sonsón



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de Cornare y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

8.3.2 *Caracterización socio-económica*

En este título se hace un acercamiento a la dimensión socioeconómica del territorio de la cuenca, partiendo de las generalidades de los municipios que la conforman y centrando la atención en lugares específicos priorizados debido a la correlación de éstos con proyectos hidroeléctricos en el territorio, los cuales son identificados por los habitantes del territorio como amenazas a la Sostenibilidad del sistema de agua dulce.

8.3.2.1 Contexto político-administrativo y demográfico

La cuenca del río Samaná Norte está conformada por nueve municipios del departamento de Antioquia, de los cuales ocho pertenecen a la subregión del Oriente Antioqueño y uno a la subregión del Magdalena Medio Antiqueño. En cuanto a la gestión ambiental pública y el ejercicio de la autoridad ambiental, ocho de los nueve municipios, se encuentra en jurisdicción de Cornare y sólo Puerto Nare pertenece a la jurisdicción de Corantioquia, ver Tabla 79.

Tabla 79. Municipios y jurisdicción por CAR

Subregión	Municipio	Corporación Autónoma regional CAR
Oriente Antioqueño	Cocorná	Cornare – Zona Bosques
	El Carmen de Viboral	Cornare – Zona Valle de San Nicolás
	El Santuario	Cornare – Zona Valle de San Nicolás
	Granada	Cornare – Zona Aguas

Subregión	Municipio	Corporación Autónoma regional CAR
	San Carlos	Cornare – Zona Aguas
	San Francisco	Cornare – Zona Bosques
	San Luis	Cornare – Zona Bosques
	Sonsón	Cornare – Zona Páramo
Magdalena Medio Antioqueño	Puerto Nare	Corantioquia – Territorial Zenufaná

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

El componente demográfico es un aspecto de la caracterización social que permite conocer el tamaño, la estructura y la dinámica de la población de un territorio específico. Para efectos del presente documento se aborda el tamaño de la población, agregado por municipio, y su evolución a partir de los últimos tres censos de población y vivienda realizados por el DANE. El objetivo es ilustrar los procesos de crecimiento y/o decrecimiento que afrontan los municipios de la cuenca.

De acuerdo con censo nacional de población y vivienda CNPV 2018, realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, los municipios de El Carmen de Viboral, Sonsón y Santuario son los más poblados, con un número de habitantes por encima de los treinta y cinco mil habitantes, mientras que los demás se encuentran en rangos de población entre los quince mil y los cinco mil habitantes. Ver Tabla 80.

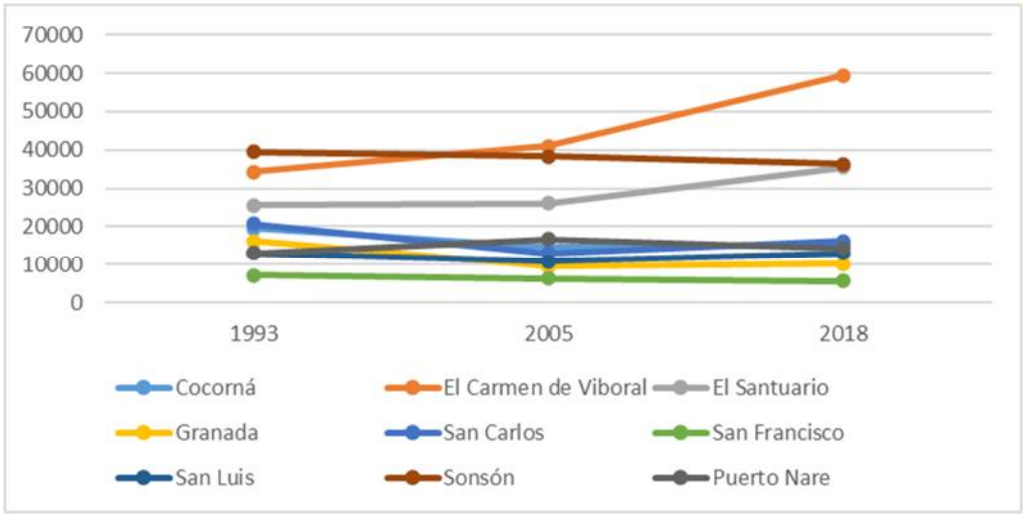
Tabla 80. Población por municipios de la cuenca

Municipio	Población 1993	Población 2005	Población 2018
Cocorná	19479	14741	15444
El Carmen de Viboral	34352	40968	59416
El Santuario	25508	26152	35422
Granada	16171	9436	10117
Puerto Nare	13104	16711	14380
San Carlos	20795	13000	16247
San Francisco	7171	6273	5648
San Luis	13026	10780	12995
Sonsón	39404	38359	36321

Fuente: DANE (1993, 2005, 2018ª)

A partir de los datos anteriores, se concluye que, a excepción del Carmen de Viboral, El Santuario y Puerto Nare, los municipios de la cuenca han venido perdiendo población. Este fenómeno está asociado con dos factores, principalmente. El primero tiene que ver con las dinámicas socioeconómicas de los territorios; dos de los tres municipios que crecen pertenecen a la región Valle de San Nicolás, que es la segunda región más dinámica social y económicamente del departamento y la primera de la cuenca. El municipio de Puerto Nare, con un crecimiento leve con respecto a 1993, muestra un alza considerable en 2005, asociada a la recepción de población en condición de desplazamiento (Planeación, 2018), que retornó a sus lugares de origen una vez bajo la intensidad del conflicto armado. El segundo factor explica el decrecimiento de los demás municipios de la cuenca, que coinciden con zonas en las que el conflicto armado se manifestó con eventos más violentos, en mayor número y por un periodo de tiempo más largo; y que además son más alejadas de los municipios consolidados como las centralidades de las regiones del Valle de Aburrá y del Oriente, que son las que concentran las fuentes de empleo y los servicios sociales de niveles altos (Ver Figura 154).

Figura 154. Evolución de la población de los municipios de la cuenca



Fuente. Construcción propia a partir de DANE (1993, 2005 y 2018)

Es importante tener en cuenta que el decrecimiento poblacional no es una situación exclusiva de los municipios de la cuenca; es la dinámica que se presenta en muchas regiones del país, que vienen en proceso de urbanización desde hace varias décadas. Según los datos ajustados del CNPV 2018, entre los años 2005 y el 2018, se redujo la población en 473 de los 1.101 municipios de Colombia. Los departamentos donde mayor número de municipios decrecen en población, son en su orden: Boyacá con 92 municipios, Cundinamarca con 50 y Antioquia con 42.

Al revisar los datos de los diferentes municipios de la cuenca en relación con la población que habita en las cabeceras municipales y en el resto de su territorio, se observa que cuatro de los nueve municipios (El Carmen de Viboral, El Santuario, San Luis y Granada), tienen más población urbana que rural; mientras que los demás municipios continúan siendo mayoritariamente rurales, aunque con tendencia a la urbanización de sus poblaciones.

Figura 155. Evolución población municipal cabecera-resto



Año	Cabecera	Resto
1993	4394	15085
2005	3937	10804
2018	6293	9151

Año	Cabecera	Resto
1993	14543	19809
2005	22945	18023
2018	34187	25229

Año	Cabecera	Resto
1993	14250	11258
2005	19944	6208
2018	24614	10808



Año	Cabecera	Resto
1993	5173	10998
2005	3985	5451
2018	5541	4576



Año	Cabecera	Resto
1993	7024	13771
2005	5489	7511
2018	7362	8885



Año	Cabecera	Resto
1993	1640	5531
2005	2277	3996
2018	4384	6371



Año	Cabecera	Resto
1993	4851	8175
2005	4661	6119
2018	7408	5587



Año	Cabecera	Resto
1993	15913	23491
2005	15470	22889
2018	17169	19152



Año	Cabecera	Resto
1993	4302	8802
2005	6567	10144
2018	4381	9999

Fuente: DANE (1993, 2005, 2018ª)

8.3.2.2 Conflicto armado en Antioquia

Uno de los factores predominantes en la condición socioeconómica de la cuenca de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, corresponde al conflicto armado que sufrió durante varios años el departamento de Antioquia. A continuación, se presenta un resumen histórico del conflicto, tomado del estudio de Reconfiguración del Conflicto Armado, llevado a cabo por Correa Gutiérrez & Jaramillo Giraldo (2019).

El conflicto armado de Antioquia, iniciado durante los años sesenta del siglo XX con la puesta en funcionamiento de las primeras guerrillas de corriente marxista-leninista (Correa Gutiérrez & Jaramillo Giraldo, 2019), se caracterizó por:

i. Un componente político de lucha por el poder.
ii. La existencia de actores en competencia. Durante las disputas armadas sobresalen actores como las mismas guerrillas, grupos paramilitares, narcotraficantes, fuerza pública, y delincuencia común y organizada
iii. Sus impactos y numerosas victimizaciones en la población civil, que comprenden violaciones específicas a los derechos humanos, como los derechos a la vida, a la libertad, a la propiedad privada, y las posibilidades de expresión y participación política.
iv. La existencia de economías ilegales altamente rentables para los actores armados, entre las que se destacan el narcotráfico, la explotación de minerales y la extorsión.
v. Se ha desarrollado en contextos de fuertes problemáticas sociales y políticas experimentadas por las comunidades que habitan los territorios.

Para los actores del conflicto armado, Antioquia ha sido atractiva por los recursos económicos que posee, al ser uno de los departamentos con mayor aporte al producto interno bruto del país, por su posición geográfica que comunica con el centro del país, la costa Caribe, y el Chocó – Pacífico, permitiendo comunicar corredores de movilidad y ubicar fuerza militar en territorios rurales.

El panorama de derechos humanos en Antioquia tuvo variaciones en la década de 1980 e inicios de la década de 1990, con la desmovilización de guerrillas como el Movimiento 19 de abril (M-19) y el Ejército Popular de Liberación (EPL); desmovilizaciones que se presentaron en medio de la puesta en marcha de alternativas de apertura política. Otra variación del conflicto se dio una vez se efectuaron las desmovilizaciones colectivas de grupos paramilitares entre 2003 y 2006. Las últimas variaciones del conflicto armado, que han significado una redefinición de este, han tenido por particularidad la permanencia de diversas modalidades de violencia en razón a la continuidad de estructuras armadas ilegales, herederas de los paramilitares, el surgimiento de nuevas estructuras, y el desarrollo de economías asociadas a redes de criminalidad, narcotráfico y minería ilegal (Correa Gutiérrez & Jaramillo Giraldo, 2019).

Los años transcurridos entre 1990 y 2005 fueron los de mayores afectaciones a los derechos humanos en Antioquia, solo entre 1996 y 2002, en el departamento de Antioquia, hubo 32.492 personas asesinadas de manera selectiva, destacándose las subregiones de Oriente, Urabá y Suroeste, como los territorios más afectados por fuera del Valle de Aburrá, que ocupa el primer lugar en asesinatos (Correa Gutiérrez & Jaramillo Giraldo, 2019). Así mismo, entre 1996 y 2005, se cometieron 743 masacres con un saldo de 4.221 víctimas (Centro Nacional de Memoria Histórica, 2018). Posteriormente, entre 2006 y 2015, en materia de afectación sobre el derecho básico a la vida, en el departamento de Antioquia hubo 26.480 homicidios (INTERPOL, 2017). El aumento de casos de homicidios desde 2007 a 2012 tuvo relación directa con las disputas que se generaron al interior de las organizaciones armadas ilegales, luego de la extradición de jefes de antiguos bloques paramilitares. Por otra parte, la disminución de muertes violentas desde 2012 tuvo relación con el proceso de paz con las FARC.

Entre 2006 y 2015 se identificaron 61 casos de masacres en Antioquia con 311 personas fallecidas (Centro Nacional de Memoria Histórica, 2018). Sobre el derecho a la libertad, las cifras muestran que entre 1996 al 2005, fueron secuestradas unas 5.018 personas y entre 2005 a 2016 se presentaron 332 casos (INTERPOL, 2017). Según cifras de la Unidad para las Víctimas (2018), en el departamento de Antioquia, entre 1996 y 2005, unas 893.676 personas reportaron la condición de desplazamiento forzado por actores armados. En el periodo de 2006 a 2016, según datos de la Unidad para las Víctimas, en Antioquia, unas 406.954 personas reportaron ser víctimas de desplazamiento forzado. El retorno de la población desplazada a sus propiedades ha sido un proceso complejo por diferentes motivos, entre otros, las presiones de actores armados que continúan en los territorios.

A pesar de las apuestas de transformación económica y política que planeó el Acuerdo de Paz con la guerrilla Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) de 2016, en la actualidad permanecen activas agrupaciones armadas que desarrollan economías ilegales y afectan a la población civil. Es el caso de la guerrilla Ejército de Liberación Nacional (ELN), grupo en operaciones conjuntamente con algunos ex-integrantes de las FARC que, como disidentes y reincidentes, prolongaron sus acciones. Otras agrupaciones de gran impacto son el Clan del Golfo y la Oficina del

Valle de Aburrá, estructuras que se complementan con grupos de menor tamaño, y operaciones básicamente urbanas, conocidos como: bandas y combos. En conjunto, la existencia de los actores armados, y su competencia por territorios y recursos, continúa haciendo complejo el panorama de los derechos humanos en Antioquia. De paso, la persistencia de civiles armados afecta posibles soluciones a problemáticas como la presencia de cultivos, las afectaciones al medio ambiente por prácticas de minería ilegal, y la posibilidad de una participación política abierta, pluralista y democrática, entre otros temas (Correa Gutiérrez & Jaramillo Giraldo, 2019)

8.3.2.3 Participación ciudadana y organizaciones sociales

La participación ciudadana y la organización social se abordan tenido en cuenta que las propuestas y acciones que surgen a partir de ella responden a intereses colectivos que pueden incidir en la definición de objetos y acciones de conservación dentro de un territorio determinado.

Los municipios se dividen políticamente en corregimientos y veredas. A partir de esta división, los territorios se organizan, para relacionarse con el estado local y gestionar acciones que mejoren sus condiciones de vida. La Tabla 81 muestra el número de corregimientos y veredas en las que se organiza cada municipio de la cuenca, y hace una aproximación a las organizaciones comunitarias y sociales existentes en cada municipio.

Tabla 81. Organización político-administrativa por municipio y organizaciones

Municipio	Corregimientos	Veredas	Organizaciones para la participación
Cocorná	1	78	ASOCOMUNAL, 80 JAC, Corporación Cocorná Consciente.
El Carmen de Viboral	1	50	ASOCOMUNAL, 69 JAC, grupos ambientales y de defensa del territorio, asociaciones de productores.
El Santuario	0	34	ASOCOMUNAL, 59 JAC una Junta de Vivienda Comunitaria JVC.
Granada	1	52	2 Asociación de Juntas de Acción Comunal Y Vivienda Comunitaria, 51 JAC, 1 JVC.
San Carlos	3	70	ASOCOMUNAL, 78 JAC, grupos ambientales y de defensa del territorio, asociaciones de productores.
San Francisco	1	36	ASOCOMUNAL, 34 JAC y 8 grupos de base (agremiaciones de productores campesinos, organizaciones en defensa del territorio).
San Luis	2	45	ASOCOMUNAL, 42 JAC, 21 asociaciones de productores, corporaciones ecoturísticas y ecológicas (Cagüí) colectivos (Vigías del Rio Dormilón) y Corporación Ecológica y Social COECOS, Fundación Centro Experimental y de Protección Ecológica el Faisán, Fundación Integral Ambiental de Recuperadores, entre otras.
Sonsón	3	95	ASOCOMUNAL, 114 JAC, CTP, Consejo Municipal de Desarrollo Rural –CMDR, Consejo Municipal de Participación Ciudadana - CMPC, Consejo Municipal de Juventudes CMJ, Consejo Territorial de Planeación CTP, Consejo de paz y reconciliación.
Puerto Nare	3	30	ASOCOMUNAL, 41 JAC, 4 Juntas de Vivienda Comunitaria JVC.

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los datos sobre veredas y corregimientos se consolidaron a partir de la información disponible en el diagnóstico de la caracterización del capítulo 7 del POMCA (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017e). Los datos sobre organizaciones se lograron a partir de consultas en los Planes de Gestión de Amenaza y Riesgo, en los Planes de Desarrollo Municipales y en el Capítulo de Participación Ciudadana del Anuario Estadístico de Antioquia 2017.

El Oriente se caracteriza por disponer de un fuerte tejido social que se materializa en la existencia de organizaciones como las JAC, organizaciones gremiales, ambientales y otra de diverso tipo (Cornare, 2014b). Los datos de la Tabla 81 muestran que la organización a partir de juntas de acción comunal JAC son la forma más representativa en la cuenca, hecho reconocido por todos los entes territoriales, que incluyen la promoción de estas organizaciones en sus PDM y que en el municipio de San Francisco, ilustran en su PDM 2020-2023 así: "la organización comunitaria es la base de la vida social en el territorio, las JAC y las demás organizaciones de base son el principal referente de organización y resolución comunitaria de problemas"

Es importante tener en cuenta que la mayor parte del territorio de la cuenca del Samaná Norte se encuentra en la región del oriente antioqueño, la cual tiene historia en la defensa del territorio y el medio ambiente desde los años 80, reconocida a nivel nacional e internacional como el Movimiento Cívico del Oriente Antioqueño que, aunque desaparecido en casi su totalidad, es referente para los movimientos que han surgido con el des escalamiento del conflicto armado. Actualmente existen colectivos que trabajan en la defensa del territorio y que se organizan a través de movimientos regionales como el Movimiento Social por la Vida y la Defensa del Territorio del Oriente Antioqueño -MOVETE- que promueve la articulación de comunidades, procesos locales, organizaciones sociales y activistas, desde la participación popular, a partir del empoderamiento comunitario para la construcción colectiva de los territorios. Este movimiento apoya y acompaña las mesas municipales por la defensa del territorio.

Acciones anuales se han institucionalizado en la región como el festival del agua, que se realiza anualmente (cada vez con sede en un municipio diferente), como una iniciativa de educación, resistencia, sensibilización y visibilización de las amenazas que se ciernen sobre los territorios. También se realiza el Samana Fest, iniciativa ciudadana de visibilización y defensa del río Samaná Norte, concretamente.

En el territorio de la cuenca, la participación ciudadana y comunitaria también se manifiesta en la gestión de actividades económicas y recreativas que generan impacto en los territorios. Caso concreto es el Centro de Atención, Información y Cultura Ambiental – CAICA, que regula y gestiona la actividad turística en el río Melcocho. Esta iniciativa surgió como respuesta al flujo de visitantes, que desbordó la capacidad de las vías, el manejo de residuos y la dinámica sociocultural de los habitantes del territorio. Otras iniciativas ciudadanas en la cuenca, aunque más de orden económico, algunas sin ánimo de lucro son: Ecocagui en San Luis y Destinos ocultos en El Carmen de Viboral.

8.3.2.4 Comunidades étnicas

En el proceso de reconocer la pluralidad étnica y diversidad cultural en los territorios nacionales, la cual se encuentra consagrada en la Constitución de 1991 como principio fundamental del Estado Social y Democrático de Derecho, es indispensable examinar la presencia de población indígena y afrocolombiana en los territorios de la cuenca.

En el departamento de Antioquia existen 56 resguardos indígenas localizados en seis de sus nueve regiones. Sin embargo, y como se observa en la Tabla 82, en ninguno de los municipios de la cuenca hay presencia de resguardos.

Tabla 82. Localización de resguardos indígenas en las regiones y municipios del departamento de Antioquia

Región	Municipios	Etnias
Bajo Cauca	El Bagre, Tarazá, Zaragoza	Senú y Embera-Katío
Nordeste	Segovia	Embera-Chamí
Norte	Ituango	Embera-Katío
Occidente	Dabeiba, Frontino, Uramita	Embera-Katío
Suroeste	Andes, Ciudad Bolívar, Jardín, Pueblorrico, Támesis, Urrao, Valparaíso	Embera-Chamí, Embera-Katío
Urabá	Apartadó, Arboletes, Chigorodó, Murindó, Mutatá, Necoclí, Turbo, Vigía del Fuerte	Embera-Chamí, Senú, Embera-Katío, Tulé, Embera-Dobida

Fuente: Gobernación de Antioquia (2018)

Adicional a los datos anteriores, el POMCA 2016 menciona la certificación No 6699 del 13 de julio de 2016, en la cual el Ministerio del Interior le confirma a CORNARE que no existen grupos étnicos legítimamente constituidos en el área de la cuenca del río Samaná Norte. No obstante, y en el entendido que el hecho de no existir grupos legítimamente constituidos no implica la ausencia de población indígena y afrocolombiana, se presentan los datos de la Tabla 83, los cuales revelan la escasa presencia de población indígena en todo el territorio de la cuenca. La población afrocolombiana tiene un poco de mayor presencia, especialmente en el municipio de Puerto Nare que cuenta con un porcentaje del 3% de afrodescendientes dentro de la conformación total de su población.

Tabla 83. Población Indígena y afrocolombiana en los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte

Municipio	Porcentaje de población indígena	Porcentaje de población afrocolombiana
Cocorná	0,0	0,6
El Carmen de Viboral	0,1	0,3
El Santuario	0,0	0,2
Granada	1,3	1,8
Puerto Nare	0,2	3,0
San Carlos	0,1	0,3
San Francisco	0,0	0,6
San Luis	0,0	0,5
Sonsón	0,0	0,5

Fuente: DANE (2018ª)

De acuerdo con el POMCA 2016 la población afrodescendiente e indígena presente en la cuenca no es nativa de la zona. Su presencia obedece a procesos de desplazamiento a causa del conflicto armado y búsqueda de mejores condiciones económicas.

8.3.2.5 Disponibilidad y uso de recursos naturales

La cuenca presenta alta biodiversidad, riqueza de aguas y belleza escénica. A continuación, se describe la relación que tienen los habitantes del territorio y el uso que hacen de los elementos ambientales. Esta descripción se centra en puntos específicos de la cuenca que fueron priorizados debido a la correlación de éstos con proyectos hidroeléctricos en el territorio, y teniendo en cuenta que en otros títulos del documento la información se aborda agregada por municipio. La

información se obtiene de la observación y entrevistas en campo y del documento Diagnóstico y pronóstico conservación basada en comunidades ecosistemas acuáticos – TNC.

Municipio: San Francisco

Lugar: Vereda Pajuí
Relación y uso:
Necesidades básicas y productivas, también hay una relación cultural muy estrecha que ha generado gran sentido de pertenencia por la conservación, defensa y uso sostenible de los recursos naturales. El río es el que los conecta en el sentir ecológico y social.

Lugar: Vereda Boquerón
Relación y uso:
Las familias de la vereda utilizan los recursos naturales en diversas actividades agropecuarias y de uso doméstico, donde el 47% de las viviendas obtiene el agua según el acueducto veredal, y el 53% de las viviendas obtiene el agua de fuentes naturales. En este sentido, los elementos ambientales son fuente de recursos económicos y recreación, lo cual ha generado una estrecha relación y un gran sentido de pertenencia por la conservación, defensa y uso sostenible de los recursos naturales.

Las aguas servidas descargan a pozos sépticos en todas las viviendas. En cuanto a la conservación de los sistemas acuáticos indican se han venido recuperando y protegiendo los bosques de las riberas de los sistemas de hacen parte del acueducto de la vereda, y en los últimos años algunas personas y la junta de acción comunal son beneficiarios de iniciativas de conservación por parte de las autoridades ambientales como el caso de BanCO2.

Municipio: San Luis

Lugar: Casco urbano
Relación y uso:
Aunque está información se limita al centro urbano, los pobladores de esta área del municipio de San Luis, presentan una relación muy estrecha con los ecosistemas acuáticos, en especial con el río Dormilón, ya que ha sido usado tradicionalmente por todos lo sanluisanos en actividades de aprovechamiento de minerales y peces. En consonancia con esta relación, tienen un vínculo cultural, recreativo y de sentido de pertenencia fuerte por esta fuente de agua, siendo considerado patrimonio invaluable del municipio.

Lugar: Vereda La Garrucha
Relación y uso:
Las pequeñas corrientes de agua, que escurren por pequeños caños de alta pendiente, son usadas por las familias como abasto para sus hogares, riego de huertas e hidratación de animales. También se desarrollan actividades de pesca (consumo y deportiva), turismo, recreación, navegación, extracción de madera y minería de oro. En esta vereda se ha desarrollado un festival llamado Samaná Fest, en el cual se realiza el evento simbólico de unión de las comunidades para la defensa del río Samaná norte, evento en el cual hace presencia el grupo de los Vigías del río Dormilón, actor de participación ciudadana que promueven la defensa y conservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Lugar: Vereda La Cristalina
Relación y uso:
Los nacimientos de agua existentes en la vereda (quebradas Aurora, La Cruz, Los Caro, El Hueco y la Leonisa) son importantes para el aprovisionamiento de los pobladores. La pesca es una actividad importante en el contexto socioeconómico, cultural y ambiental de esta región.

Lugar: Corregimiento El Prodigio
Relación y uso:
Las características del río Samaná en este lugar favorecen la recreación de los pobladores de la región, además posibilita la actividad ecoturística promovida por los pobladores con apoyo de estrategias de visibilización como el Samaná Fest y las organizaciones Ecocagüi, los vigías del patrimonio y expedición Colombia, las cuales fomentan el conocimiento y la conservación de los recursos naturales de esta región.

Las especies de peces existentes en el río con su proceso migratorio son importantes en el contexto socioeconómico, cultural y ambiental para esta región del Magdalena Medio.

Municipio: San Carlos

Lugar: Corregimiento Puerto Garza
Relación y uso:
En jurisdicción de este corregimiento se encuentran varios nacimientos de agua que son importantes para el aprovisionamiento de los pobladores. El río Samaná en este tramo presenta servicios ecosistémicos tanto de aprovisionamiento de agua, de regulación y en actividades de aprovechamiento de minerales y peces, cómo también un gran vinculo cultural y recreativo. En este corregimiento es representativa la pesca como actividad económica en temporada de subienda de bocachico. La subienda también es movilizadora de la actividad turística debido a la atracción de pescadores aficionados.

Las especies de peces existentes en el río con su proceso migratorio es de importancia para para el consumo, el comercio y la cultura de esta región del Magdalena medio.

Toda la riqueza hídrica de esta región representa ecosistemas acuáticos usados como lugares turísticos y de recreación que reciben miles de visitantes a lo largo del año en sus ríos, cascadas, charcos, quebradas y embalses.

Municipio: Granada

Lugar: Vereda La Merced
Relación y uso:
La vereda la Merced cuanta con 150 habitantes, organizados en 53 hogares, que se sustentan a partir de actividades agrícolas y pecuaria, en las que la disponibilidad agua, suelo en condiciones adecuadas para la producción y cualidades del clima, son determinantes de las condiciones y calidad de vida de sus habitantes. Los habitantes de la vereda se recrean en el río Caldera, antes de la cola del embalse.

8.3.2.6 Tradiciones y prácticas culturales

La forma en la que los habitantes de un territorio lo apropian y se relacionan con él y con sus elementos ambientales, es determinada por su historia de poblamiento, generalmente ligado a actividades productivas y al intercambio con territorios vecinos, que trasciende los límites políticos y se relacionan en mayor medida con condiciones geográficas. Así mismo, los hitos que han marcado su devenir como son los procesos de violencia y las bonanzas, y la relevancia regional o referencia de lugar de paso que tenga cada lugar, definen las prácticas culturales y modos de vida en un territorio.

La cuenca del Samaná norte fue poblada a partir de los "procesos de interacción del Valle del Río de la Magdalena y la Cuenca del Río Cauca con la Cordillera Central Colombiana hacia el siglo XVI, con asentamientos de pueblos indígenas, estancias agrícolas y entables mineros. Posteriormente se da un proceso de colonización en el marco de la partición política y eclesiástica en el siglo XVII y las tensiones por establecer un centro de poder político en el siglo XIX, en una alternación del centro de poder entre Marinilla y Rionegro. Además la región fue destino y origen de una parte del proceso de colonización Antioqueña entre el siglo XVIII y el siglo XX (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017e).

Un acercamiento a partir de los años cincuenta ilustrados por el POMCA revela que el territorio ha estado marcado por una dinámica migratoria de expulsión y atracción cíclica, producto del desencadenamiento y des escalamiento de conflictos armados y de dinámicas económicas motivadas por la construcción de grandes proyectos hidroeléctricos como los existentes en la Zona Aguas (ver Figura 156).

Figura 156. Proceso de ocupación del territorio



Figura 313. Proceso de ocupación del territorio.

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017e)

Como resultado de los procesos de poblamiento y migratorios, la cuenca del Samaná Norte es diversa culturalmente. En ella se encuentran costumbres de la Antioquia arriera y colonizadora en las cabeceras de todos los municipios y en algunos de ellos se encuentran mezclas de costumbres

antioqueñas con costumbres de otras regiones, producto del intercambio durante la época de construcción de las hidroeléctricas. Así mismo se identifican costumbres de los habitantes de tierras ribereñas, más definidas por el clima caliente y la relación con los ríos. Es así como los habitantes de los municipios de San Luis, San Francisco, Cocorná, San Carlos y Puerto Nare; de los cañones del río Santo Domingo y Melcocho en EL Carmen de Viboral, y, de los ríos Verde de Los Montes y de Los Henao en Sonsón, sostienen una estrecha relación con los ecosistemas de agua dulce. Los ríos, las quebradas y sus cabeceras son los lugares donde se recrean practicando deportes acuáticos y realizando actividades a sus orillas. No en vano, el clima cálido y la abundancia y belleza de sus aguas son el elemento de mayor reconocimiento regional.

En torno al agua también se realizan actividades productivas para autoconsumo y comercialización como la pesca y la minería, que son el sustento de muchas familias de la región, especialmente en los asentamientos ribereños como La Garrucha, La Cristalina, El Prodigio y la zona urbana en San Luis, Boquerón y la zona urbana en Cocorná, Pajuí en San Francisco, Puerto Garza, la Garrucha y la zona urbana en San Carlos. En esta medida los ríos y quebradas son soporte de la vida en aspectos económicos (sustento de la vida de muchos hogares), sociales (recreación) y culturales e inmateriales (pertenencia). La diversidad cultural del territorio se ve reflejada en las fiestas tradicionales que se celebran en los municipios y en los apelativos que se han asignado a través del tiempo, los cuales hacen alusión a elementos naturales, a actividades productivas y a valores humanos. Ver Tabla 84.

Tabla 84. Fiestas tradicionales de los municipios de la cuenca

Municipio	Fiesta tradicional	Apelativo
Cocorná	Fiestas de la Panela o la Molienda	Paraíso Turístico de Oriente Paraíso de charcos y cascadas
El Carmen de Viboral	Fiestas de la Loza	Perla azulina del Oriente Antioqueño Cuna de la cerámica artesanal
El Santuario	Fiestas del Retorno	Altar de la patria
Granada	Fiestas del Retorno y la Solidaridad	Pueblo de plazas Cuna del cooperativismo colombiano Atenas de Antioquia
Puerto Nare	Fiestas Ecoturísticas del Cacique Naré	Remanso de Paz en el Magdalena Medio
San Carlos	Fiestas del Agua	La costica dulce del oriente antioqueño
	Fiestas del Bocachico – Puerto Garza	
	Fiestas de la Madera – El Alto del Samaná	
	Fiestas del Arriero – El Jordán	
San Francisco	Fiestas del Bosque y el Retorno	Ventana Ecológica del Oriente Antioqueño
	Fiestas del Afecto y el Retorno - Aquitania	
San Luis	Fiestas de La Madera	Perla Verde de Oriente Fortín maderero
Sonsón	Fiestas del Maíz	La Tierra de la Esperanza La Meca de la Antioqueñidad La Ciudad del Capiro La Ciudad del Maíz

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los datos sobre fiestas tradicionales y apelativos se obtuvieron e a través de información disponible en diversas fuentes como páginas oficiales de los municipios, páginas de promoción turísticas y datos recolectados en campo mediante entrevistas con habitantes del territorio.

Foto 5. Mural alusivo a la tradición pesquera, corregimiento Puerto Garza en San Carlos



Fuente: A partir de archivos personales de Patricia Martínez

8.3.2.7 Sentido de pertenencia

El sentido de pertenencia habla del sentimiento de "hacer parte de", "pertenecer a". Los habitantes de la cuenca, como se explicó en el título Tradiciones y prácticas culturales, son en su mayoría gente cuya identidad se encuentra ligada a los ríos, quebradas y en general a los paisajes propios de los ecosistemas de agua dulce. Evidencia de la anterior afirmación son las actividades tradicionales en torno a los charcos, cascadas y playas como sancochos, chocolatadas, competencia en neumático, de clavados, entre otras. Así mismo las festividades tradicionales, muchas de ellas en referencia a elementos naturales como los bosques, el agua, los peces; a productos cosechados gracias a las cualidades ecosistémicas y al retorno, palabra que evoca añoranza por un lugar, revelan el apego por el paisaje de la cuenca.

Expresiones como "la importancia de proteger al patrón", para referirse al río Samaná Norte, y el interés que expresan de manera explícita sus habitantes, acerca de la necesidad de conservar los ríos y quebradas, incluso por encima de la posibilidad de obtener ingresos monetarios 5, indican un sentido de pertenencia auténtico por su territorio.

8.3.2.8 Gobernabilidad y capacidad institucional

La gobernabilidad y la capacidad institucional son un aspecto fundamental para la conservación de los ecosistemas y los servicios ambientales que estos prestan y están definidos por la presencia institucional, el reconocimiento que tengan y las relaciones que establecen con los habitantes del territorio donde desarrollan sus funciones.

En el territorio de la cuenca se encuentra la sede principal y cuatro sedes subregionales de Cornare. Para el caso del municipio de Puerto Nare, jurisdicción de Corantioquia, la territorial a la cual pertenece tiene sede en Vegachí, municipio que no hace parte del territorio de la cuenca en estudio. A nivel municipal se identificaron dependencias encargadas de la ejecución en el sector de inversión

5 Tomado de información aportada por el proyecto Conservación Basada en Comunidades - TNC, 2021

pública Ambiente y Desarrollo Sostenible, en cada uno de los nueve municipios, generalmente en unión con el sector de agricultura y desarrollo rural. Ver Tabla 85.

Tabla 85. Instituciones con función pública que hacen presencia en el territorio

Nombre	Función	Sede
Cornare	Ejecución de las políticas, planes y programas nacionales en materia ambiental	Principal El Santuario
Cornare Subregional Valle San Nicolás	Ejercicio de la autoridad ambienta	Rionegro
Cornare Subregional Bosques		San Luis
Cornare Subregional Páramo		Sonsón
Cornare Subregional Aguas		Guatapé
Corantioquia	Ejecución de las políticas, planes y programas nacionales en materia ambiental	Principal Medellín
Corantioquia Teritorial Zenufaná	Ejercicio de la autoridad ambiental	Vegachí
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural	Formular, ejecutar y hacer seguimiento a proyectos y acciones en el sector ambiental	El Santuario
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural		El Carmen de Viboral
Secretaría de Asistencia Rural y Medio Ambiente. SARYMA		Sonsón
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural		San Luis
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural		Cocorná
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural		San Francisco
Secretaría de Planeación, Desarrollo Económico y Ambiental		Granada
Secretaría Agropecuaria y Ambiental		San Carlos
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural		Puerto Nare

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de páginas oficiales de los municipios

El reconocimiento de las diferentes instituciones en los territorios es un factor determinante para la gobernabilidad. En este sentido, se encontró que las instituciones con mayor visibilidad en los territorios son las asociaciones o gremios de productores, las UMATAS y/o dependencias públicas encargadas del sector agropecuario y ambiental, CORNARE, PRODEPAZ, ISAGEN, EPM.

A partir de julio de 2018 se constituye la entidad de orden supramunicipal Provincia Administrativa y de Planificación –PAP-del Agua, Bosques y el Turismo en el departamento de Antioquia, con el propósito de organizar conjuntamente la prestación de servicios públicos, la ejecución de obras de ámbito regional y la ejecución de proyectos de desarrollo integral, así como la gestión ambiental. La provincia está compuesta por 12 municipios, cinco de ellos pertenecientes a la cuenca del río Samaná Norte: Cocorná, Granada, San Francisco, San Carlos y San Luis (Provincia del Agua Bosques y El Turismo, 2020). Esta entidad se vive posicionando como un actor regional en el oriente antioqueño y por lo tanto en la cuenca del río Samaná Norte.

En cuanto a los niveles y calidad de la participación, de acuerdo con información primaria obtenida con actores comunitarios y funcionarios públicos, las relaciones entre las instituciones y las comunidades se enmarcan dentro de procesos de ejecución de proyectos definidos por las

instituciones financiadoras (mayoritariamente públicas). Cabe mencionar que algunos de esos proyectos se desarrollan mediante concursos. En este orden de ideas, las acciones, las inversiones y los tiempos son definidos por las entidades, mientras que las organizaciones ciudadanas tienen poca incidencia en su definición. Lo anterior indica que, pese al reconocimiento de las instituciones públicas, resultado de los proyectos ejecutados en los territorios, la dinámica de relacionamiento institucionalidad-comunidades, presenta características de verticalidad, toda vez que la determinación y programación de las acciones, generalmente es unilateral.

Además de lo anterior, es preciso mencionar que algunas entidades no gozan de una imagen positiva dentro de las comunidades, lo cual es indicador de niveles gobernabilidad insuficientes para los retos de conservación de un ecosistema naturalmente frágil y altamente intervenido como la cuenca del río Samaná Norte.

8.3.2.9 Acceso a servicios públicos y sociales

Los servicios públicos y sociales representan un conjunto de formas de satisfacción, primordialmente, de las necesidades básicas e indispensables de la comunidad, tales como el agua potable, electricidad, gas, salud, educación y vivienda, entre otros. Estos servicios deben ser de fácil acceso, prestarse de forma continua y con garantías de calidad.

- *Servicios públicos*

Según la Constitución Política Colombiana, en su artículo 365 "Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional" "Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares."

Se contemplan según el artículo 14.21 de la Ley 142 de 1994 como servicios públicos domiciliarios: el acueducto, el alcantarillado, aseo, energía eléctrica, telefonía pública básica conmutada, telefonía móvil rural, y distribución de gas combustible.

En la Tabla 86 se presentan porcentajes de cobertura de algunos de los servicios públicos domiciliarios en los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte.

Tabla 86. Cobertura en servicios públicos domiciliarios, municipios Cuenca Samaná Norte

Municipio	Cobertura residencial de servicios públicos				
	Alcantarillado	Acueducto	Energía eléctrica	Recolección basuras	Gas por red
Cocorná	55,88	80,36	97,58	84,87	27,55
El Carmen de Viboral	72,63	92,34	99,33	94,67	48,66
El Santuario	78,74	96,71	99,06	95,58	70,5
Granada	64,35	93,08	100,00	66,89	35,77
Puerto Nare	78,55	85,76	97,31	85,34	S/D
San Carlos	66,94	86,13	98,88	83,86	39,83
San Francisco	56,41	84,94	97,66	67,54	0
San Luis	65,89	82,39	96,59	80,57	52,68
Sonsón	65,28	80,22	99,6	72,03	38,18

Fuente: Encuesta Calidad de Vida, Gobernación de Antioquia (2019)

Sobresalen los porcentajes de cobertura para los servicios de energía eléctrica, acueducto, y aseo mientras los porcentajes de servicio de gas natural y alcantarillado presentan cifras que ponen sobre la mesa la necesidad de una extensión de coberturas y ampliación de la infraestructura física como factor indispensable para el crecimiento económico, la reducción de la pobreza y un desarrollo ambientalmente sostenible.

Dentro de las principales dificultades asociadas a la prestación de los servicios públicos, en el POMCA del Samaná Norte se resaltan el déficit en saneamiento básico y la deficiencia en el acceso al agua potable, especialmente en las áreas rurales, así como la ausencia de programas de disposición y recolección de residuos.

- *Servicios sociales*

Las condiciones de vida de la población se encuentran determinadas, también, por la cobertura, disponibilidad y calidad de los servicios sociales a través de los cuales se garantizan, por parte del Estado, la satisfacción de unos mínimos vitales de estos servicios a la población.

En este segmento se analizarán los servicios sociales de salud, educación y vivienda, en los nueve municipios asociados a la Cuenca del río Samaná Norte.

- *Salud*

Los afiliados al Sistema General de Seguridad Social en Salud -SGSSS- se encuentran clasificados entre Régimen Subsidiado y Contributivo. Así mismo aparece el régimen especial o de excepción en salud, el cual cubre docentes, policía nacional, fuerzas militares, trabajadores de Ecopetrol y Universidades públicas, en aplicación de la ley 647 del 2.000.

Tabla 87. Cobertura en salud, municipios Cuenca Samaná Norte

Municipios	Régimen			
	Subsidiado	Contributivo	Regímenes especiales	Sin afiliación
	% Cobertura			
Cocorná	71,46	15,66	2,34	10,53
El Carmen de Viboral	24,40	43,91	1,46	30,23
El Santuario	41,67	34,61	1,73	21,99
Granada	66,42	16,14	2,12	15,32
Puerto Nare	51,55	20,67	2,68	25,09
San Carlos	62,79	14,02	2,22	20,97
San Francisco	88,85	8,02	1,93	1,20
San Luis	78,70	28,36	2,02	0,00
Sonsón	64,28	16,52	2,73	16,47

Fuente: Anuario Estadístico de Antioquia, Gobernación de Antioquia (2018)

De acuerdo con la información consignada en la Tabla 87, en promedio, el 63,32% de la población de los municipios de la cuenca, está afiliada al régimen subsidiado, lo que incide de manera directa en los niveles de pobreza y vulnerabilidad que se analizan en este documento. Con relación a la

afiliación al régimen contributivo, el municipio de El Carmen de Viboral se ubica en primer lugar con un porcentaje del 43,91%, pero a la vez, es el municipio con mayor población sin ninguna afiliación en salud.

- *Educación*

La educación es uno de los derechos fundamentales por los cuales debe velar el Estado, garantizando su equidad, calidad y efectividad. En este apartado se analizarán la tasa de analfabetismo y la tasa neta de educación para los municipios de la cuenca del río Samaná Norte.

El analfabetismo, según la UNESCO se define como la población de quince años y más que no sabe leer, escribir y comprender un texto sencillo y corto. Mientras que la tasa de cobertura bruta en educación indica la capacidad que tiene el sistema educativo para atender la demanda social en educación sin importar la edad en un nivel educativo específico.

Figura 157. Tasa de analfabetismo, municipios de la Cuenca Samaná Norte



Fuente: Encuesta Calidad de Vida 2019, Gobernación de Antioquia (2019)

La Figura 157 muestra que los municipios con mayor número de población de 15 o más años que no sabe leer ni escribir son Cocorná y San Francisco. En contraste, los municipios con las tasas de analfabetismo más bajas de la cuenca son El Carmen de Viboral y Granada. Según información consultada en el POMCA (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017h), el municipio de Granada cuenta con la infraestructura educativa pero carece de profesores y/o estudiantes. Esta situación se presentó como consecuencia de los desplazamientos forzados y masivos de población por el conflicto armado, *"veredas donde las escuelas se encuentran cerradas por falta de estudiantes, como es el caso de El Cocuyo, Villa Hermosa, Alto Bonito, La Solita.*" (Taller con sabios locales, Municipio de Granada, 05 de marzo de 2016. Pág. 65-66).

Sumado a la carencia de docentes o de estudiantes; se identifican otras dificultades para el acceso de la población a la educación, especialmente aquella que habita en las zonas rurales de los municipios. Largos desplazamientos para llegar al centro educativo, falta de transporte, problemas económicos, falta de dotación y de mejoramiento de la infraestructura educativa.

Por su parte, la tasa de cobertura bruta en educación, que corresponde a la relación porcentual entre los alumnos matriculados en un nivel de enseñanza específico (independiente de la edad que tengan) y la población escolar que tiene la edad apropiada para cursar dicho nivel, se presenta en la Tabla 88, en ella se evidencia que en general los municipios presentan una tasa de cobertura superior o cercana al 100%, siendo Puerto Nare el que tiene las tasas más bajas de toda la cuenca para los tres niveles educativos analizados. Vale la pena resaltar que, una tasa cercana o superior a 100% indica que, en teoría, el territorio cuenta con la capacidad para atender a toda su población en edad escolar.

Tabla 88. Tasa de cobertura bruta en educación, municipios de la Cuenca Samaná Norte

Municipio	Tasa de cobertura Bruta		
	Educación primaria	Educación secundaria	Educación media
Cocorná	128,3%	125,7%	82,5%
El Carmen de Viboral	96,3%	102,1%	71,9%
El Santuario	135,9%	135,6%	100,3%
Granada	101,5%	97,2%	77,8%
Puerto Nare	66,4%	68,0%	45,0%
San Carlos	94,7%	100,8%	77,6%
San Francisco	157,7%	88,1%	55,9%
San Luis	149,5%	131,9%	90,7%
Sonsón	95,5%	99,3%	81,1%

Fuente: Anuario Estadístico de Antioquia, Gobernación de Antioquia (2018)

La Tabla 88 muestra que en lo que corresponde a tasa de educación media, San Francisco se ubica en segundo lugar con relación a una baja cobertura, pero encabeza la lista con el mayor porcentaje en educación primaria. En la cobertura de secundaria las tasas más elevadas corresponden en su orden a El Santuario, San Luis, Cocorná, Carmen de Viboral y San Carlos. La cobertura de educación media muestra las tasas más favorables en El Santuario y San Luis.

El tema más crítico de la cobertura educativa está relacionado con la educación superior, siendo esta el medio legal de movilidad social más importante porque supone un ascenso de las personas en su capacidad de acceder a bienes y servicios y con ello mejorar la calidad de vida a través de la realización de un oficio o profesión. Sin embargo, la población en edad escolar de las zonas rurales más apartadas cuenta con pocas o ninguna posibilidad de acceder a la educación superior.

- *Vivienda*

Según el DANE, la vivienda es un referente espacial que le permite al hombre arraigarse a un lugar determinado “debe interpretarse desde dos perspectivas: a partir de la función que cumple como satisfactor de necesidades humanas y desde las características que debe tener” (DANE, 2020b).

El concepto de vivienda trasciende el de tener un espacio físico que albergue las familias, considerando otros aspectos como los materiales utilizados para la construcción de la misma, espacios suficientes, y acceso a servicios básicos; que sirven como indicadores para medir si la vivienda ofrece condiciones dignas a sus habitantes.

Tabla 89. Déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, municipios cuenca del río Samaná Norte

Municipio	% Déficit cuantitativo			% Déficit cualitativo		
	Total	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural
Cocorná	2,98	1,29	4,26	25,81	5,16	41,49
El Carmen de Viboral	1,32	1,65	0,83	13,23	4,96	25,62
El Santuario	2,38	2,92	0,78	11,07	5,11	28,91
Granada	2,88	3,47	2,04	12,03	6,94	19,39
Puerto Nare	8,97	6,4	10,16	17,66	13,6	19,53
San Carlos	2,6	2,24	2,94	16,41	5,97	26,47
San Francisco	3,17	4,04	2,33	26,77	17,17	36,05
San Luis	4,32	5,15	3,0	30,48	13,24	58,0
Sonsón	6,22	9,55	3,05	25,25	7,64	41,98

Fuente: Encuesta Calidad de Vida 2019, Gobernación de Antioquia (2019)

En el tema de vivienda, una de las principales problemáticas se encuentra asociada al déficit habitacional de los hogares tanto cualitativo como cuantitativo.

El DANE define el déficit cuantitativo de vivienda, como la cantidad de viviendas que se deben construir o adicionar para que exista una relación de uno a uno entre las viviendas adecuadas o en condiciones de dignidad y el número de hogares que necesita alojamiento. Por su parte, el déficit cualitativo se refiere a las viviendas que presentan carencias habitacionales, en los atributos referidos a: estructura, espacio y disponibilidad de servicios públicos domiciliarios.

La información consultada en la Encuesta de Calidad de Vida 2019 y consignada en la Tabla 89, muestra que, un porcentaje representativo de las unidades de vivienda tienen carencias estructurales. San Luis y San Francisco encabezan la lista de los municipios con los porcentajes más altos de viviendas con déficit cualitativo, la mayor parte de ellas ubicadas en la zona rural.

El déficit cualitativo alcanza sus porcentajes más altos en Puerto Nare, acentuándose principalmente en la zona rural de esta jurisdicción, cuyo porcentaje supera en un 3,8% al total municipal.

8.3.2.10 Población en condiciones de pobreza

Se tomaron como fuentes de información oficial para el desarrollo de este acápite, el Censo Nacional de Población y Vivienda del DANE (2018).

- *Índice de pobreza multidimensional (IPM)*

La medición de la pobreza en Colombia se da de forma directa e indirecta, de acuerdo a la clasificación de Amartya Sen (1981) citado por (DANE, 2019b). "El método directo evalúa los resultados de satisfacción (o no privación) que tiene un individuo respecto a ciertas características que se consideran vitales como salud, educación, empleo, entre otras. La medición indirecta por su parte evalúa la capacidad de adquisición de bienes y servicios que tienen los hogares. El método directo se concentra en la medición de la pobreza a través del Índice de Pobreza Multidimensional (IPM); la cual se calcula a través de la metodología diseñada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), usando como base la metodología de Alkire y Foster, y transferida al DANE durante el año 2012. El IPM se compone por cinco dimensiones: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y juventud, salud, trabajo, acceso a servicios públicos domiciliarios y

condiciones de la vivienda. En mayo de 2012, el CONPES 150, establece al DANE como el encargado oficial del cálculo de la pobreza multidimensional y divulgación de las cifras" (DANE, 2019b).

A continuación, se mostrarán las cifras de pobreza multidimensional para cada uno de los municipios de la cuenca del río Samaná Norte.

Tabla 90. Privaciones por hogar y variable, municipios cuenca del río Samaná Norte

Privaciones por variable	Cocorná	El Carmen de Viboral	El Santuario	Puerto Nare	San Carlos	San Francisco	San Luis	Sonsón
Analfabetismo	18,8	9,4	9,3	17,0	14,8	26,3	14,2	15,9
Bajo logro educativo	75,0	48,2	63,7	67,2	68,8	77,1	67,1	71,2
Barreras a servicios para cuidado de la primera infancia	1,3	2,3	2,0	2,1	1,7	1,4	1,6	1,8
Barreras de acceso a servicios de salud	5,4	6,5	0,7	5,9	5,1	14,2	2,6	3,5
Tasa de dependencia	41,5	21,2	31,7	37,1	38,7	39,7	35,2	31,2
Hacinamiento crítico	5,8	4,9	7,2	6,1	4,2	7,6	6,6	5,1
Inadecuada eliminación de excretas	20,3	2,8	2,1	13,3	5,2	16,2	14,9	24,8
Inasistencia escolar	4,1	3,7	5,6	5,4	4,6	5,2	5,6	5,0
Material inadecuado de paredes exteriores	0,4	0,1	0,1	2,2	1,0	0,8	0,5	0,6
Material inadecuado de pisos	1,0	0,1	0,3	2,8	2,0	3,5	1,6	1,8
Rezago escolar	17,9	22,6	18,3	17,0	16,3	24,4	18,9	22,8
Sin acceso a fuente de agua mejorada	31,6	5,3	5,9	11,7	11,2	26,8	27,8	32,0
Sin aseguramiento en salud	9,6	14,9	13,8	14,1	11,6	8,3	9,7	13,5
Trabajo infantil	2,3	1,7	2,4	1,2	1,7	2,5	2,3	3,2
Trabajo informal	85,8	69,1	82,9	81,9	86,1	85,3	82,1	85,9

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda, DANE (2018b)

En la Tabla 90 se desglosa el índice de pobreza multidimensional por variables, mostrando el porcentaje total de hogares que tienen privaciones en cada una de ellas.

Los datos de cada municipio muestran la misma jerarquía para las variables más destacadas: trabajo informal, seguido del bajo logro educativo y tasa de dependencia económica, lo que permite identificar la misma tendencia en los niveles de pobreza multidimensional para los municipios que conforman la cuenca del río Samaná Norte.

El trabajo informal surge como repuesta ante la dificultad para conseguir un empleo formal. Los porcentajes para la variable "Trabajo informal" son los más altos en todos los municipios, lo que genera un empobrecimiento de la población de menores ingresos quienes no poseen cobertura alguna de pensiones, salud contributiva o seguro de riesgos; lo que tiene implicaciones serias en el futuro, en un contexto en el que el envejecimiento de la población en todo el país planteará mayores exigencias en cuanto a la cobertura de pensiones para la vejez, que contribuirán a evitar la pobreza en la tercera edad.

En lo que respecta al bajo logro educativo, este se mide a través del nivel de escolaridad alcanzado por las personas de 15 años y más en el hogar. Se considera que un hogar está privado de esta variable cuando la educación promedio de las personas de su hogar es menor a 9 años. Un acontecimiento que contribuye al bajo logro educativo, donde confluyen tradiciones culturales y motivos económicos (pobreza) es el hecho de que hay niños y jóvenes que se incorporan al mercado laboral.

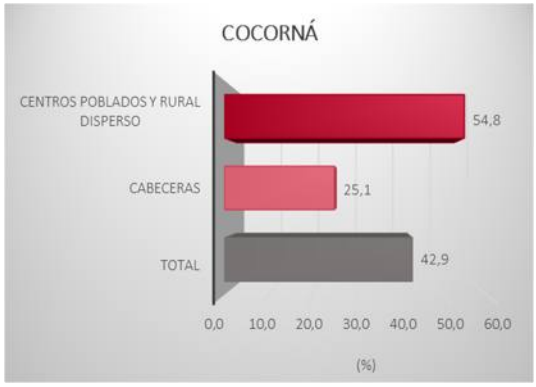
La tasa de dependencia es un índice demográfico que expresa la proporción de personas dependientes sobre la población activa, que se encuentra en edad de trabajar (menos de 1 miembro del hogar trabaja por cada 6 personas). Si persisten las privaciones de trabajo simultáneas en forma de desempleo, el efecto en los jóvenes que no estudian ni trabajan, es una alta tasa de dependencia, con alta incidencia en la pobreza multidimensional para ese hogar.

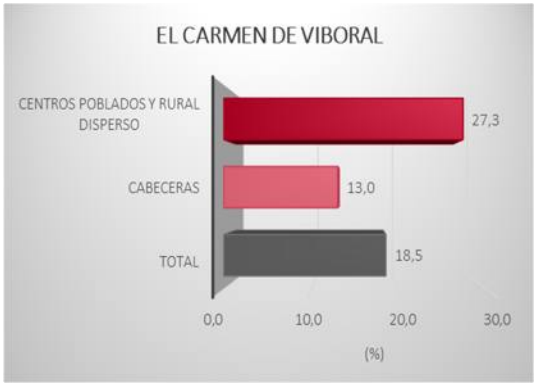
Las tres variables predominantes tienen alta interrelación. La insuficiencia de ingresos en los hogares puede derivarse de condiciones de informalidad laboral o una alta tasa dependencia económica de los miembros de la familia; constituyéndose en un factor decisivo para la mayor frecuencia del retraso y bajo logro escolar.

La privación de la variable “Sin acceso a fuente de agua mejorada” muestra porcentajes representativos en los municipios de San Francisco, San Luis, Cocorná y Sonsón; y en los dos últimos se suma la privación “Inadecuada eliminación de excretas”. Esto implica que hay una alta proporción de personas vulnerables a enfermedades generadas por el consumo de agua no potable y por la contaminación de los cuerpos de agua.

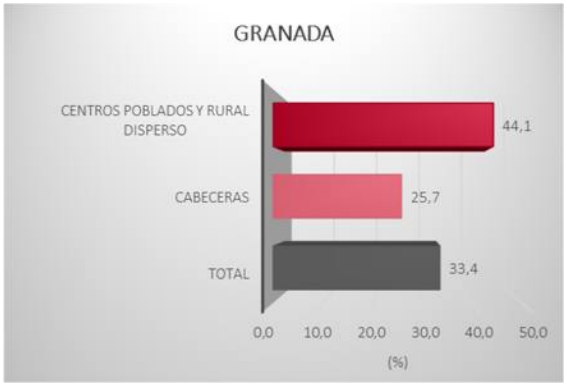
La Figura 158 recoge las representaciones gráficas de la medición de la pobreza multidimensional en los municipios de la cuenca del río Samaná Norte, desagregada por cabecera, centro poblado y rural disperso, y total.

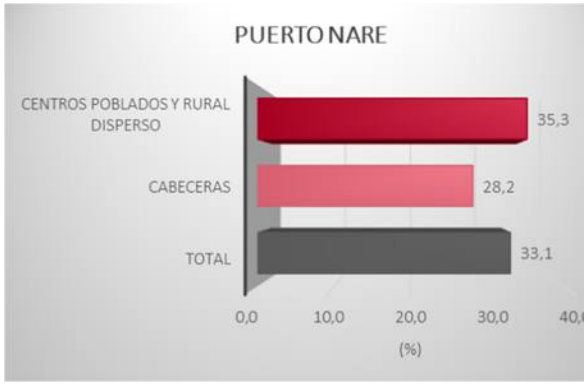
Figura 158. Medida de pobreza multidimensional, municipios cuenca río Samaná Norte

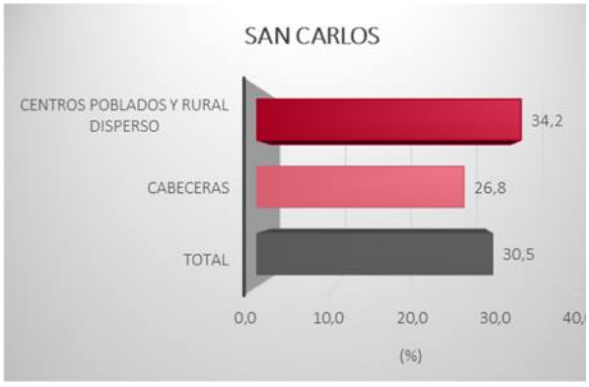


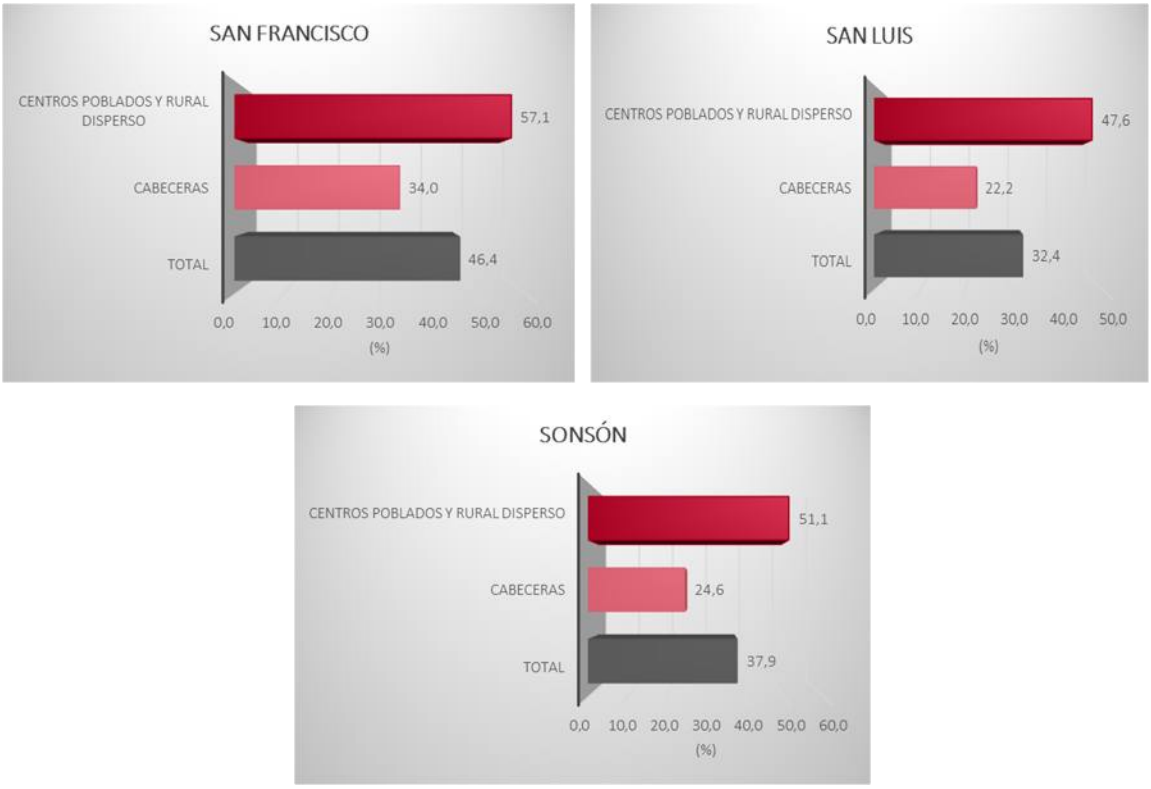












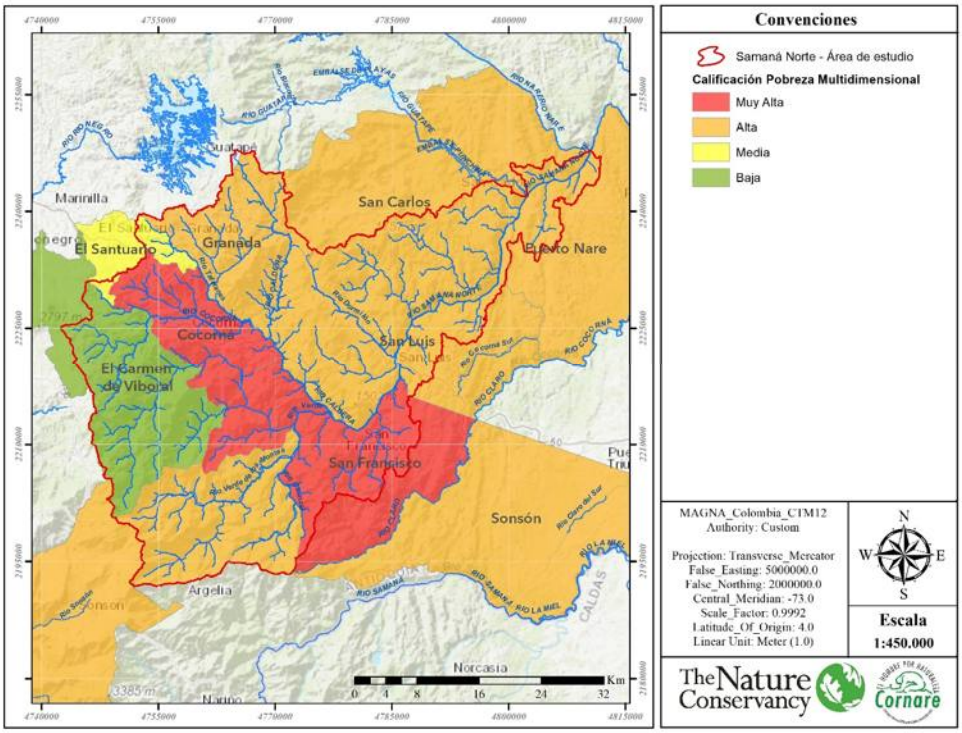
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC. A partir de la información del Censo Nacional de Población y Vivienda

La información por áreas (cabecera y resto), llama la atención sobre la desigualdad territorial que la padecen quienes viven en centros poblados y zonas rurales, en donde el desarrollo de capacidades (a través de la educación), el acceso a servicios públicos y en general, las condiciones de vida son altamente precarias comparadas con las que ofrecen las cabeceras municipales.

Bajo este escenario, la pobreza se concibe desde perspectivas diferentes, donde las variables del IPM son susceptibles de ser modificadas de forma directa por políticas públicas de inclusión y protección social —acceso a bienes y servicios públicos; y desde el desarrollo de sus capacidades para mejorar sus condiciones de vida y la comprensión de su rol en la sociedad.

Finalmente, la Figura 159 muestra que los municipios con condición de pobreza más críticos son Corcorná y San Francisco. No obstante, las condiciones para el resto de los municipios de la cuenca son similares, en este orden de ideas Granada, San Carlos, Puerto Nare, San Luis y Sonsón presentan un índice calificado en el rango “Alto”.

Figura 159. Índice de pobreza multidimensional municipal



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

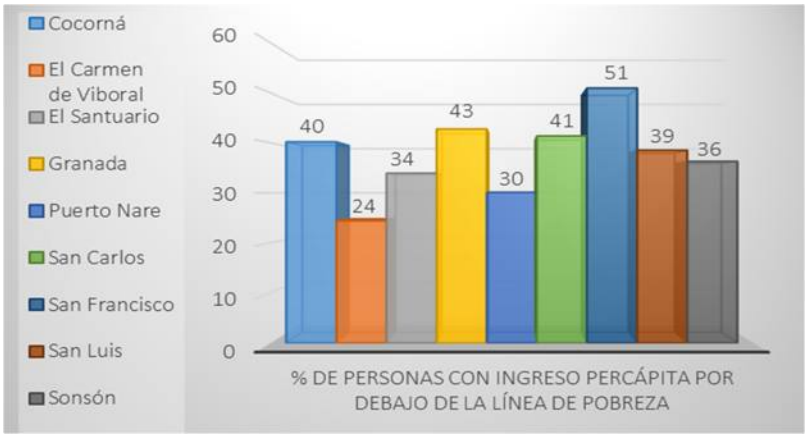
- *Índice de pobreza por ingreso*

Como se expuso en el numeral anterior, de acuerdo con la clasificación propuesta por Amartya Sen la pobreza en Colombia se mide de manera directa e indirecta. La medición directa evalúa la pobreza multidimensional y la medición indirecta calcula la capacidad de adquisición de bienes y servicios que tienen los hogares (pobreza por ingreso).

La línea de pobreza monetaria se define como el costo mínimo de una canasta básica de bienes, tanto alimentarios como no alimentarios. Según el Boletín Técnico de Pobreza monetaria en Colombia (DANE, 2019a), la línea de pobreza extrema o línea de indigencia nacional del año 2018 fue de $117605 pesos y la línea de pobreza monetaria nacional del mismo año fue de $257433 pesos.

En este apartado, analizaremos el índice de pobreza por ingreso o pobreza indirecta, en la población de los nueve municipios de la cuenca del río Samaná Norte.

Figura 160. Porcentajes de pobreza por ingreso, municipios cuenca río Samaná Norte



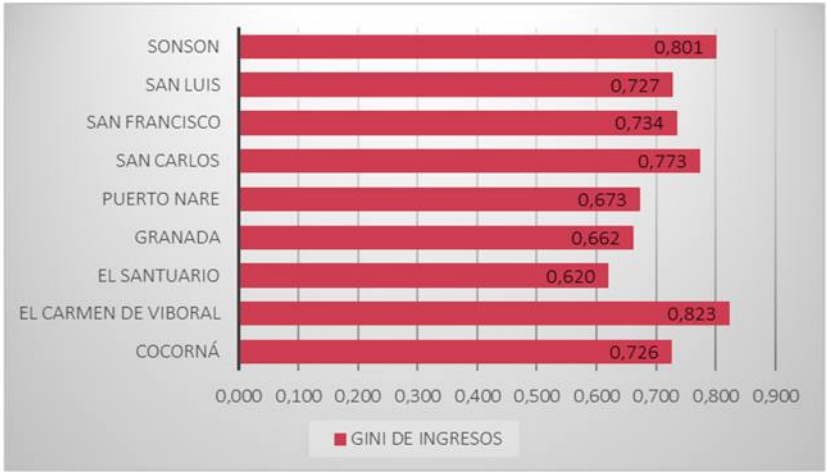
Fuente: Encuesta Calidad de Vida (2019)

De acuerdo con Figura 160, en el año 2019 el porcentaje más alto de personas con ingreso per cápita por debajo de la línea de pobreza lo tuvo el municipio de San Francisco, donde un poco más de la mitad de la población presentó esta condición, en orden descendente se ubican los municipios de Granada (43%), San Carlos (41%), Cocorná (40%) y San Luis (39%).

Paralelamente, la desigualdad de la riqueza es medida por medio de los coeficientes de GINI de ingresos y de tierras. Oscila entre 0 y 1. Mientras más cercano de 1 esté, para el caso del GINI Ingresos, más desigualdad existe entre los ingresos de los hogares. Entendiendo que un índice de cero corresponde a un ingreso igual para todos, y un índice de uno implica la perfecta desigualdad, es decir solo un individuo posee todos los ingresos en un tiempo de análisis dado.

El GINI de Ingresos de los municipios de la cuenca del río Samaná Norte, revela un territorio con un marcado contexto de concentración de ingresos, alcanzando valores entre 0.620 y 0.823, tal como lo muestra la Figura 161.

Figura 161. Situación de desigualdad y pobreza en la cuenca



Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017i)

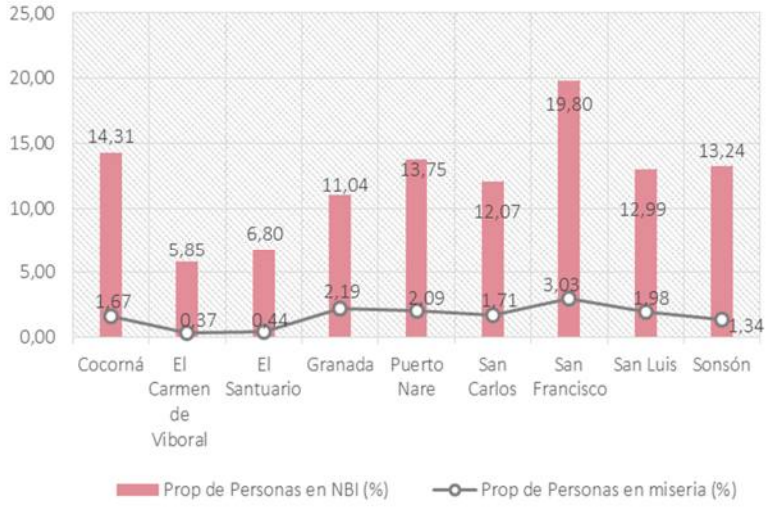
Los municipios con los GINIS que expresan mayor desigualdad del ingreso son El Carmen de Viboral y Sonsón. En orden descendente, pero también revelando desigualdad, se ubican los municipios de San Carlos, San Francisco, San Luis y Cocorná. Si bien Puerto Nare, Granada y El Santuario, muestran los índices más bajos de concentración del ingreso, no dejan de reflejar de igual manera la concentración de la riqueza.

Por cuanto el ingreso es un recurso fundamental para acceder al bienestar material, su ausencia o insuficiencia suele evidenciar una situación de pobreza y desigualdad. Aun cuando la asociación entre pobreza y recursos económicos sea estrecha, ser pobre abarca también otros aspectos que no necesariamente son representados de forma adecuada por el nivel de ingreso de los hogares.

- *Necesidades Básicas Insatisfechas*

Para ampliar el tema de la pobreza en los municipios de la cuenca del río Samaná Norte se hace referencia a las necesidades básicas insatisfechas. "*La metodología de NBI busca determinar, con ayuda de algunos indicadores simples, si las necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas. Los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado son clasificados como pobres. Los indicadores simples seleccionados son: Viviendas inadecuadas, Viviendas con hacinamiento crítico, Viviendas con servicios inadecuados, Viviendas con alta dependencia económica, Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela*" (DANE, 2018c) . En consecuencia, un hogar que presenta una (1) carencia básica se considera un hogar con necesidades básicas insatisfechas, condición que se denomina pobreza. Cuando un hogar presenta dos (2) o más carencias, es considerado en estado de miseria.

Figura 162. Proporción de personas en NBI, municipios cuenca río Samaná Norte



Fuente: Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), DANE (2018c)

De acuerdo con la conceptualización realizada en el párrafo anterior y a partir de la información de la Figura 162, el municipio con mayor proporción de personas con necesidades básicas insatisfechas o en situación de pobreza es San Francisco y en orden descendente los municipios de Cocorná, Puerto Nare, y Sonsón. En cuanto al porcentaje de personas con dos o más carencias (situación de miseria) San Francisco y Granada encabezan la lista.

A continuación, en la Tabla 91 se presentan las cifras de población con NBI desagregadas por indicador y por zona, lo que permite una mejor identificación de las carencias en los hogares de cada municipio asociadas a cada indicador.

Tabla 91. Necesidades Básicas Insatisfechas, municipios cuenca río Samaná Norte

Municipio/ Indicador	Cocorná	El Carmen de Viboral	El santuario	Granada	Puerto Nare	San Carlos	San Francisco	San Luis	Sonsón
Componente vivienda	**0,63**	**0,05**	**0,07**	**0,75**	**2,42**	**1,69**	**2,66**	**1,41**	**1,35**
Cabecera	0,12	0,02	0,02	1,20	0,23	0,20	0,25	0,02	0,25
Resto	0,97	0,11	0,24	0,13	3,44	3,12	4,75	3,48	2,43
Componente Servicios	**0,70**	**0,18**	**0,03**	**3,33**	**1,05**	**0,43**	**2,34**	**0,40**	**0,81**
Cabecera	0,81	0,21	0,02	5,62	0,21	0,68	1,69	0,09	1,00
Resto	0,63	0,13	0,07	0,16	1,44	0,19	2,89	0,85	0,62
Componente Hacinamiento	**3,73**	**2,11**	**1,85**	**4,24**	**3,19**	**2,64**	**4,27**	**3,89**	**2,62**
Cabecera	3,16	1,18	1,42	2,71	1,27	2,65	1,07	2,28	1,39
Resto	4,11	3,58	3,28	6,34	4,09	2,63	7,04	6,27	3,84
Componente Inasistencia	**1,01**	**1,16**	**2,43**	**1,51**	**2,94**	**2,48**	**1,32**	**2,52**	**1,40**
Cabecera	0,35	0,93	1,59	1,10	4,40	0,95	0,37	1,25	0,85
Resto	1,45	1,52	5,21	2,07	2,26	3,95	2,14	4,39	1,94
Componente dependencia económica	10,11	2,77	2,88	5,04	6,46	6,80	12,64	6,75	8,53
Cabecera	5,82	1,90	2,55	6,18	4,92	5,87	9,16	4,31	5,76
Resto	13,00	4,14	3,95	3,47	7,17	7,69	15,65	10,35	11,27

Fuente: Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), DANE (2018c)

De los indicadores simples analizados con la metodología de NBI, el de "Viviendas con alta dependencia económica" es el más representativo de los cinco; mostrando porcentajes más altos en los Centros Poblados y Rural Disperso de los municipios de San Francisco (15,65%), Cocorná (13,00%) y Sonsón (11,27%). Seguidamente se destaca el indicador "Viviendas con hacinamiento crítico" alcanzando mayores porcentajes en la zona rural de San Francisco (7,04%), Granada (6,34%) y San Luis (6,27%). El indicador "Viviendas con servicios inadecuados" se destaca en la cabecera de Granada, donde el 5,2% de las viviendas no cuentan con el acceso a uno o varios de los servicios públicos domiciliarios. Le sigue el indicador "Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela" en la que las zonas rurales de El Santuario y San Luis presentan porcentajes de 5,21% y 4,39% respectivamente; sumándose a esta condición la cabecera de Puerto Nare con 4,40% de población en edad escolar desescolarizada. Por último, el componente "Viviendas inadecuadas" con mayor representatividad en los Centros Poblados y Rural Disperso de los municipios de San Francisco, San Luis y Puerto Nare.

- *Síntesis condición socioeconómica*

Con el objetivo de sintetizar la caracterización socioeconómica se construye un mapa que integra y cuantifica el análisis individual realizado por municipios, haciendo uso de las siguientes variables relacionadas con: pobreza multidimensional, dependencia económica y déficit cualitativo de vivienda. Variables que se consideran significativas para el análisis en la medida en que permiten determinar la situación de criticidad de los municipios en el ámbito socioeconómico.

Los rangos asignados a cada variable, así como su calificación y valoración obedecen a criterios establecidos teniendo en cuenta las magnitudes presentes en cada una de ellas, si bien obedecen a una valoración cualitativa, permiten una diferenciación acorde con la realidad, tal y como se indica en la Tabla 92.

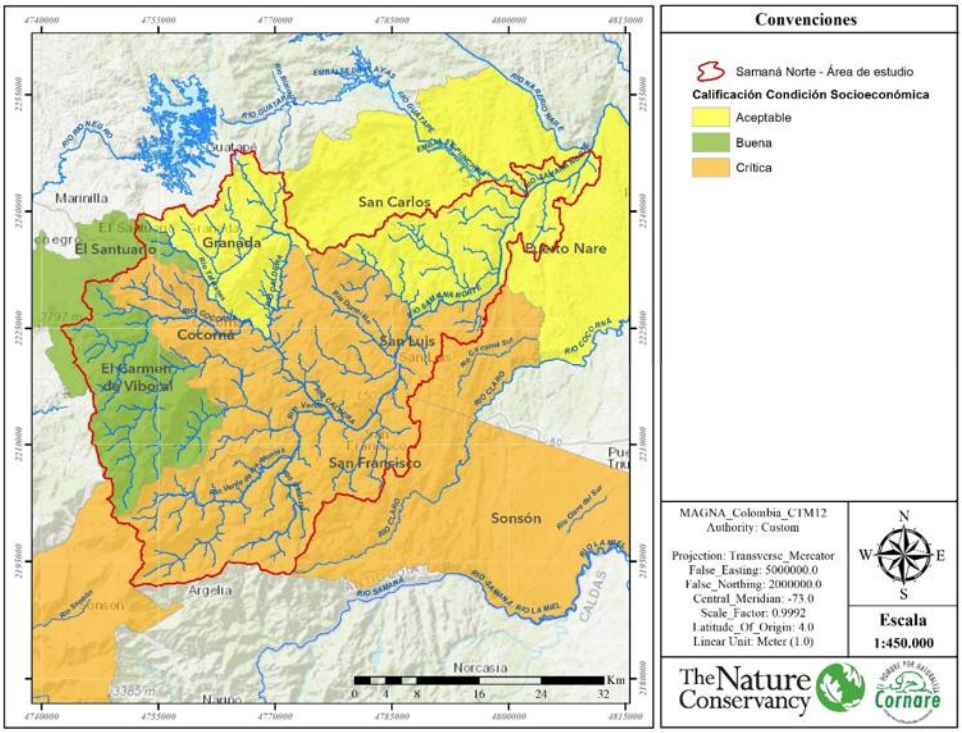
Tabla 92. Rangos calificación condición socioeconómica

Dimensión	Rango (%)	Calificación	Valoración
Pobreza multidimensional	0 a 10	Muy baja	1
	10 a 20	Baja	2
	20 a 30	Media	3
	30 a 40	Alta	4
	Mayor 40	Muy Alta	5
Dependencia económica	0 a 2	Muy baja	1
	2 a 3	Baja	2
	3 a 4	Media	3
	4 a 5	Alta	4
	Mayor 5	Muy Alta	5
Déficit cualitativo de vivienda	0 a 10	Muy baja	1
	10 a 20	Baja	2
	20 a 30	Media	3
	30 a 40	Alta	4
	Mayor 40	Muy Alta	5

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Una vez calificadas cada una de las variables, se construye una síntesis que acumula la valoración dada a cada municipio, esto permite realizar un ranking para la condición socioeconómica y determinar cuál se encuentra en un nivel más crítico. En este sentido, la Figura 163 evidencia que el Santuario y el Carmen de Viboral presentan una condición socioeconómica más favorable. Para el caso de Cocorná, San Francisco, San Luis y Sonsón la condición se estima en crítica, aunado especialmente a una alta dependencia económica (más de 6 dependientes por hogar) y una población en condicione de pobreza que supera el 30% del total poblacional.

Figura 163. Mapa síntesis condición económica Cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

8.3.2.11 Economía local

En este numeral, se esboza una lectura interpretativa del territorio desde el componente económico; para ello, se hace una relación de las actividades agrícolas, pecuarias y de pesca, que permiten la comprensión del sistema económico de los municipios que conforman la cuenca. Se tomaron como fuentes de información oficial para el desarrollo de este numeral las Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (Agricultura, 2019), el Censo Nacional Pecuario (ICA, 2020), el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Samaná (POMCAs et al., 2017); así como los Planes de Desarrollo Municipales. Es importante anotar que la información de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA, si bien corresponden a información a nivel de detalle para el total municipal, no permiten la espacialización a nivel veredal, dado que los datos públicos disponibles en la Web no llegan a esta escala. Por tanto, el diagnóstico de actividades agrícolas se aborda para todos los cultivos que las EVA presentan.

- *Caracterización de la estructura productiva*

Tal y como lo indica el (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017h) en esta cuenca se aprecia una importante interacción de las áreas de cobertura boscosa, que presentan un gran potencial de servicios ambientales, por su riqueza hídrica y potencial hidroeléctrico, productos maderables, fauna y flora, situados en la parte alta y media de la cuenca, a la par con una agricultura y ganadería extensivas, de ladera, con bajas y medias productividades, con sistemas productivos tradicionales, con presencia de una economía campesina importante, de frontera agrícola y con áreas de pastos

de ganadería extensiva en áreas deforestadas con cultivos de precarios a tecnificados, en la parte media y baja de la cuenca. A continuación, se describen las actividades agrícolas, pecuarias, piscícolas y asociadas al turismo en los municipios que conforman la cuenca.

- *Actividades agrícolas*

- Municipio de Cocorná

La actividad agrícola en el municipio de Cocorná está representada principalmente en los cultivos de caña panelera, café, plátano y frutales. Según el Plan de Desarrollo Municipal de Cocorná 2020 – 2023 (Alcaldía de Cocorná, 2020), el café y la caña son los cultivos más representativos para los productores locales porque constituyen una retribución económica inmediata a la labor de los cosecheros. Lo anterior surge como resultado de los procesos de participación y organización comunitaria de los pequeños productores, para la gestión y logro de metas productivas que van acompañadas de asistencia técnica y financiera por parte del sector institucional y la iniciativa productiva por parte de la comunidad campesina organizada.

La actividad panelera es el rubro que mayor le aporta el producto interno bruto agrícola (PIB) del municipio con un 32%, seguido del cultivo de plátano con un 27% y el cultivo del café con un 21%.

Como actividades complementarias de ingresos familiares, se cultivan en menor escala cacao, yuca, guayaba, cítricos, pepino cohombro y demás cultivos listados en la Tabla 93. La siembra de estos cultivos se realiza con técnicas agrícolas tradicionales y poco tecnificadas, con características propias de una economía de subsistencia, que genera ingresos económicos bajo en la mayoría de las familias. En la actualidad, con el objetivo de diversificar de manera constante los cultivos, se ha implementado a menor escala frutales como cítricos, guanábana, zapote, borojó, aguacate y hortalizas como el pepino y el tomate (Alcaldía de Cocorná, 2020).

La comercialización de los productos agrícolas en el municipio de Cocorná se realiza en la calle del Zapote, donde confluye la producción de sus veredas aledañas y un movimiento comercial importante, especialmente para la intermediación de productos como panela y plátano.

Tabla 93. Estadísticas agrícolas, municipio de Cocorná

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Caña panelera	Permanente	606	3.030	5
Café	Permanente	486	778	1,6
Plátano	Permanente	467	3.036	6,5
Guayaba	Permanente	115	575	5
Maíz	Transitorio	64	64	1
Frijol arbustivo	Transitorio	64	51,2	0,8
Cacao	Permanente	55	33	0,6
Yuca	Transitorio	45	540	12
Limón	Permanente	25	250	10
Pepino cohombro	Transitorio	20	600	30
Lima	Permanente	10	100	10
Mandarina	Permanente	10	120	12
Naranja	Permanente	5	50	10

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

- Municipio Carmen de Viboral

La Tabla 94 lista los 16 cultivos con mayor área cosechada en el municipio del Carmen de Viboral, según lo que reportan las Evaluaciones Agropecuarias. Los volúmenes de producción más altos corresponden a hortalizas varias y hortensias. Al respecto, en el Plan de Desarrollo Municipal establece que "*Dentro del contexto de la dinámica socio-económica sobresale actualmente el sector floricultor con aproximadamente 600 cultivos y 96 comercializadoras siendo el principal productor de hortensia en el Oriente antioqueño, línea productiva donde se sustenta gran parte de la economía municipal, por la generación de empleo y la comercialización tanto a nivel nacional como internacional*" (Alcaldía de El Carmen de Viboral, 2020).

Actualmente, el municipio tiene un convenio interadministrativo con la Gobernación de Antioquia, a través del cual se ofrece el acompañamiento de profesionales en agronomía y zootecnia para brindar asistencia técnica a pequeños y medianos productores de hortensia y de cultivos tradicionales; no obstante, la agricultura familiar y campesina ofrece autosuficiencia alimentaria a los hogares.

Además de los productos listados en la Tabla 94 también se cosecha: tomate (30Ha), arracacha (50Ha), flores y follajes (21Ha), plátano (12Ha), gulupa (8Ha), tomate de árbol (7Ha), lima y granadilla (5Ha cada uno), agraz (3Ha), cacao y guayaba (2Ha cada uno).

Para la comercialización de los productos agrícolas, El Carmen de Viboral cuenta con el centro de acopio "Heriberto Giraldo Gallo", el cual actualmente está en comodato a la Asociación de Agricultores y Productores de El Carmen "AGROPROCAR" y también con los Agro Mercados Campesinos que se realizan cada quince días en el parque principal y el parque educativo Agua Barro y Biodiversidad; donde se realiza la comercialización directa y a precio justo de los productos.

Tabla 94. Estadísticas agrícolas, municipio Carmen de Viboral

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Hortalizas varias	Transitorio	1720	34400	20
Frijol	Transitorio	1254	1881	2
Maíz	Transitorio	620	1054	2
Hortensia	Permanente	603	24120	40
Papa criolla	Transitorio	530	6360	12
Arveja	Transitorio	380	570	2
Papa	Transitorio	350	7000	20
Crisantemo	Permanente	196	4900	25
Yuca	Transitorio	165	2805	17
Café	Permanente	129	232	2
Fresa	Permanente	125	5000	40
Caña panelera	Permanente	113	283	3
Repollo	Transitorio	110	5720	52
Zanahoria	Transitorio	99	4703	48
Aguacate	Permanente	92	2300	25
Limón	Permanente	61	1098	18

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

- Municipio de Granada

Para el caso de Granada las condiciones de aptitud de los suelos, en gran medida prevén el uso de las zonas para implementación de cultivos permanentes y transitorios no tecnificados. La agricultura es una de las principales actividades económicas del municipio, destacándose la producción de caña panelera y aguacate entre muchos otros productos agrícolas, como se observa en la

La producción de panela es una actividad de gran relevancia en el municipio por la gran cantidad de trapiches existentes en su jurisdicción; que se convierten en importantes generadores de empleo. *"Los trapiches para la producción de panela en su mayoría son muy rudimentarios, pero en los últimos años a través de la conformación de grupos comunitarios se han venido tecnificando de acuerdo a la normatividad vigente para dicha actividad"* (Alcaldía de Granada, 2020).

La Asociación de Paneleros Unidos de Granada (ASOPUNGRA), se conformó en el año 1998 pero se disolvió en 2002 como consecuencia de la época de violencia que se vivió en Granada. En el 2006 se reactivó y desde entonces ha recibido apoyo de diferentes entidades por medio de los cuales ha comprado máquinas para mejorar el proceso de producción en los trapiches. También en la zona rural del municipio existen dos organizaciones legalmente constituidas: CORPROCERPRO, en la vereda El Tabor y EL TESORO COMUNITARIO, ubicado en la vereda La Cascada (ASOPUNGRA - Asociación de Paneleros Unidos de Granada, 2016).

Adicional a los productos que aparecen en la Tabla 95 en el municipio de Granada también se cosechan lechuga y cacao (3Ha cada cultivo), tomate de invernadero, arveja, plantas aromáticas y medicinales (2Ha cada cultivo), repollo y tomillo (1Ha cada cultivo).

Como consecuencia de la época de violencia y el desplazamiento forzado de la población, dejaron de cultivarse o disminuyo notablemente la producción de productos como la papa, el pepino y el tomate. El frijol fue sustituido por la mora, aunque aún se siembra en pequeñas cantidades (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015a).

El proyecto "Incentivo a la asistencia técnica agropecuaria" de la Corporación de Estudios, Educación e Investigación Ambiental – CEAM- presta acompañamiento técnico en temas de caña panelera y frijol. Así mismo la Gobernación de Antioquia también ha fortalecido la asistencia técnica ofreciendo capacitación en caña y hortalizas (Escuelas de campo agropecuarias – ECA-), sin embargo, aún existe la necesidad de capacitación en técnicas relacionadas con la preparación del suelo y también de un mejor acompañamiento técnico (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015a).

Tabla 95. Estadísticas agrícolas, municipio de Granada

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Caña panelera	Permanente	412	1.442	4
Café	Permanente	226	316	1
Aguacate	Permanente	214	2.354	11
Mora	Permanente	134	786	6
Frijol voluble	Transitorio	48	96	2
Papa	Transitorio	34	510	15
Zanahoria	Transitorio	18	810	45
Pepino cohombro	Transitorio	16	400	25
Granadilla	Permanente	10	79	8
Maíz	Transitorio	10	13	1
Frijol arbustivo	Transitorio	9	13	2
Yuca	Transitorio	8	140	18

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Papa criolla	Transitorio	7	75	11
Tomate de árbol	Permanente	6	83	15
Gulupa	Permanente	5	32	6

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

- Municipio El Santuario

La vocación económica del municipio de El Santuario está claramente definida al sector primario y en particular, hacia la actividad agrícola de la producción de hortalizas ya tradicionales como zanahoria, remolacha, tomate, papa, fríjol, arveja, habichuela y repollo principalmente. De acuerdo con la información consignada en el Plan de Desarrollo, productos como el cilantro y la lechuga (listados en la Tabla 96).

Según el Plan de Desarrollo municipal 2020- 2023 "*son considerados por los campesinos de El Santuario como productos de huerta casera para el consumo doméstico y de poca confiabilidad comercial pues no observan que tengan demanda en el mercado de productos del municipio, a excepción de la lechuga que aunque la consideran un producto delicado para cultivar, reconocen que es un cultivo poco costoso para producir y agro ecológico, pues requiere de pocas fumigaciones con pesticidas y poca fertilización química*" (Alcaldía de El Santuario, 2020).

Según la misma fuente, el 46,4% de los campesinos de El Santuario no cultivan productos agrícolas diferentes a los tradicionales y aquellos que lo hacen, los destinan principalmente para consumo doméstico (26,1% de los campesinos); sólo el 15,2% lo cultiva para comercializarlo. Entre los productos cosechados en El Santuario también se cuentan el lulo (5Ha), la arracacha y la yuca (1ha cada uno).

Para la venta de los productos, El santuario sostiene importantes vínculos comerciales en la parte agrícola, con los municipios de El Carmen de Viboral, Cocorná, Granada, Marinilla y con cada una de las veredas que integran su territorio.

Tabla 96. Estadísticas agrícolas, municipio El Santuario

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Zanahoria	Transitorio	910	36400	40
Frijol	Transitorio	875	1750	2
Remolacha	Transitorio	569	17070	30
Papa	Transitorio	270	3915	15
Aguacate	Permanente	217	1302	6
Arveja	Transitorio	157	660	4
Lechuga	Transitorio	115	2300	20
Habichuela	Transitorio	99	792	8
Repollo	Transitorio	97	3880	40
Tomate	Transitorio	78	8580	110
Papa criolla	Transitorio	72	864	12
Cilantro	Transitorio	60	360	6
Tomate de árbol	Permanente	51	765	15
Maíz	Transitorio	35	96	3
Mora	Permanente	27	405	15
Granadilla	Permanente	19	285	15

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

- Municipio de Puerto Nare

En el municipio de Puerto Nare la agricultura se desarrolla en suelos no tan fértiles que ocupan alrededor del 30% del territorio municipal.

Dentro de los cultivos permanentes desarrollados en el Municipio, el Cacao es el cultivo promisorio con 160 Ha sembradas. Las principales metas con este cultivo han estado enfocadas en el manejo agronómico, la asistencia técnica, suministro de insumos y materiales y en la gestión empresarial, además del acompañamiento a los productores a través de eventos de extensión para fortalecer su conocimiento en Buenas Prácticas Agrícolas, Manejo Integrado de Plagas y enfermedades y procesos de beneficio y secado del grano, visitas a cada productor, entrega de paquete tecnológico compuesto por insumos, herramientas y equipos para el beneficio y secado del grano con el fin de incrementar su valor comercial y la conformación de la Asociación de Cacaoteros de Puerto Nare "ASOCANARE" (Alcaldía de Puerto Nare, 2020).

Tabla 97. Estadísticas agrícolas, municipio de Puerto Nare

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Cacao	Permanente	160	101	1
Yuca	Transitorio	79	711	9
Plátano	Permanente	40	290	7
Maíz	Transitorio	18	20	1

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

- Municipio de San Carlos

Aun cuando reúne todas las condiciones agroecológicas propias para el desarrollo de diversos cultivos agrícolas, El Municipio de San Carlos no ha logrado potenciarse en la producción tecnificada del sector agrícola, excepto una semi-tecnificación de los cultivos del café, caña y cacao que en el momento son los más representativos en el territorio (Alcaldia San Carlos, 2020).

Como se presenta en la Tabla 98 también se dan cultivos de plátano (301Ha), yuca (25Ha), frijol y aguacate (16Ha) cada uno y maíz (10Ha); sin embargo, la producción agrícola del municipio se ha disminuido en los últimos años, por factores como la falta de relevo generacional, pérdida de biodiversidad y de la capacidad productiva de los suelos, elevados costos de producción y bajo nivel adquisitivo de la familia campesina, dificultades para trasportar sus productos por el mal estado de las vías rurales o la carencia de estas, además de otras causas asociadas a la poca o nula asociatividad, como la baja capacidad de negociación y mantenimiento de la oferta productiva.

Dentro del Plan de Desarrollo 2020 – 2023 se plantea la necesidad de priorizar la transformación y modernización del sector agrícola, mediante el fortalecimiento a pequeños y medianos productores.

Tabla 98. Estadísticas agrícolas, municipio de San Carlos

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Café	Permanente	881	1145	1
Caña panelera	Permanente	800	2160	3
Plátano	Permanente	301	994	3
Cacao	Permanente	196	82	0
Yuca	Transitorio	25	450	18

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Frijol	Transitorio	16	14	1
Aguacate	Permanente	16	48	3
Maíz	Transitorio	10	9	1

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

- Municipio de San francisco

La economía del municipio de San Francisco es esencialmente rural, basada en el cultivo de cacao, café, plátano y caña de azúcar. Se producen también yuca (79Ha), frijol (23Ha), maíz (16Ha), limón (10Ha), ver Tabla 99.

De la actividad agrícola se derivan los ingresos para la mayoría de las familias en San Francisco, pero a pesar de la importancia de esta actividad para la economía local del municipio, las familias campesinas no cuentan con infraestructura para el desarrollo de una producción tecnificada, lo que no ha permitido el desarrollo de este sector, limitándolo a una economía de subsistencia representada en productos de pan coger. Aunque la administración municipal ofrece acompañamiento técnico a las familias que desarrollan actividades agrícolas, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal de San Francisco, 2020 – 2023; "*…buena parte de este acompañamiento se presenta de manera desorganizada y no vincula estrategias de encadenamiento productivo y de comercialización.*" A lo anterior se suman aspectos como los bajos créditos otorgados a los campesinos y la falta de fortalecimiento de las organizaciones comunitarias y campesinas existentes en el municipio (Alcaldía Municipal de San Francisco, 2020).

Tabla 99. Estadísticas agrícolas, municipio de San Francisco

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Cacao	Permanente	359	132	0
Café	Permanente	231	404	2
Yuca	Transitorio	79	790	10
Plátano	Permanente	60	204	3
Caña panelera	Permanente	50	125	3
Frijol arbustivo	Transitorio	23	23	1
Maíz	Transitorio	16	16	1
Limón	Permanente	10	60	6

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

- Municipio de San Luis

De acuerdo con la información de las EVA 2019 agrupada en la Tabla 100 la caña panelera se destaca por encima del resto de los productos agrícolas en el municipio de San Luis, tanto en el área cosechada como en el volumen de producción.

Aunque la participación de las actividades agrícolas en San Luis es modesta, existe un conflicto entre vocación y uso del suelo debido a que el porcentaje del territorio destinado a las actividades agrícolas y pastos es un 25% y solo el 3,5% tiene este potencial, lo que puede influir negativamente en la productividad de los cultivos y generar un deterior del suelo (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015b).

El municipio de San Luis también fue escenario del conflicto armado y los desplazamientos forzados de población; lo que condujo al abandono de la propiedad y los cultivos, así como a la reducción de

la producción de productos como el café, el maíz y el frijol, que ocupaban los primeros renglones de la economía.

La productividad y rentabilidad del sector agropecuario en San Luis es baja. Esta situación según el Plan de Desarrollo 2020- 2023; obedece a "*problemas de carácter fitosanitario, nutricional y por la ausencia de programas enfocados a la implementación de buenas prácticas agrícolas, desde la asistencia técnica de calidad que contribuya al buen desarrollo y renovación productiva de los cultivos y la importancia de tener un material vegetal con fácil adaptabilidad a las condiciones agro climatológicas del municipio"* (Alcaldia Municipal de San Luis, 2020).

Tabla 100. Estadísticas agrícolas, municipio de San Luis

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Caña panelera	Permanente	292	876	3
Cacao	Permanente	235	90	0
Café	Permanente	205	267	1
Maíz	Transitorio	44	40	1
Frijol	Transitorio	43	37	1
Yuca	Transitorio	18	180	10
Sacha inchi	Permanente	8	6	1

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

- Municipio de Sonsón

En la Tabla 101 se muestran 15 de 29 productos cultivados en el municipio de Sonsón. En la actualidad su programa agrícola se basa principalmente en el higo, el cual es producto de exportación y cuyo volumen de producción para el año 2018 fue de 2592 toneladas por hectárea (ton/ha/año).

Su agricultura de clima frío produce verduras, hortalizas diversas, maíz, fríjol y papa, principalmente. Los cultivos de climas medios y cálidos aportan café (que representa el primer renglón agrícola), tomate chonto (44Ha), plátano, caña y frutales como granadilla (78Ha), uchuva (50Ha), guanábana (35Ha), gulupa (30Ha), lulo (15Ha), maracuyá (11Ha) y agraz (3Ha). Otros productos cultivados y que no aparecen en la Tabla 101 son: cebollín (92Ha), cebolla de rama (80Ha), hortensia (67Ha), y zanahoria (66Ha).

La expansión de la frontera agrícola y pecuaria se identifica como un problema ambiental dentro del Plan de Desarrollo 20202- 2023, porque pone en riesgo las áreas protegidas y los servicios ecosistémicos, siendo causa directa la degradación de los suelos.

Tabla 101. Estadísticas agrícolas, municipio de Sonsón

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Aguacate	Permanente	3370	107840	32
Café	Permanente	3170	5389	2
Plátano	Permanente	1341	10058	8
Caña panelera	Permanente	668	3006	5
Lechuga	Transitorio	361	11552	32
Palma de aceite	Permanente	300	1050	4
Frijol	Transitorio	235	376	2
Papa criolla	Transitorio	232	2900	13
Hortalizas varias	Transitorio	177	3540	20
Arveja	Transitorio	160	673	4
Maíz	Transitorio	144	362	3
Higo	Permanente	96	2592	27

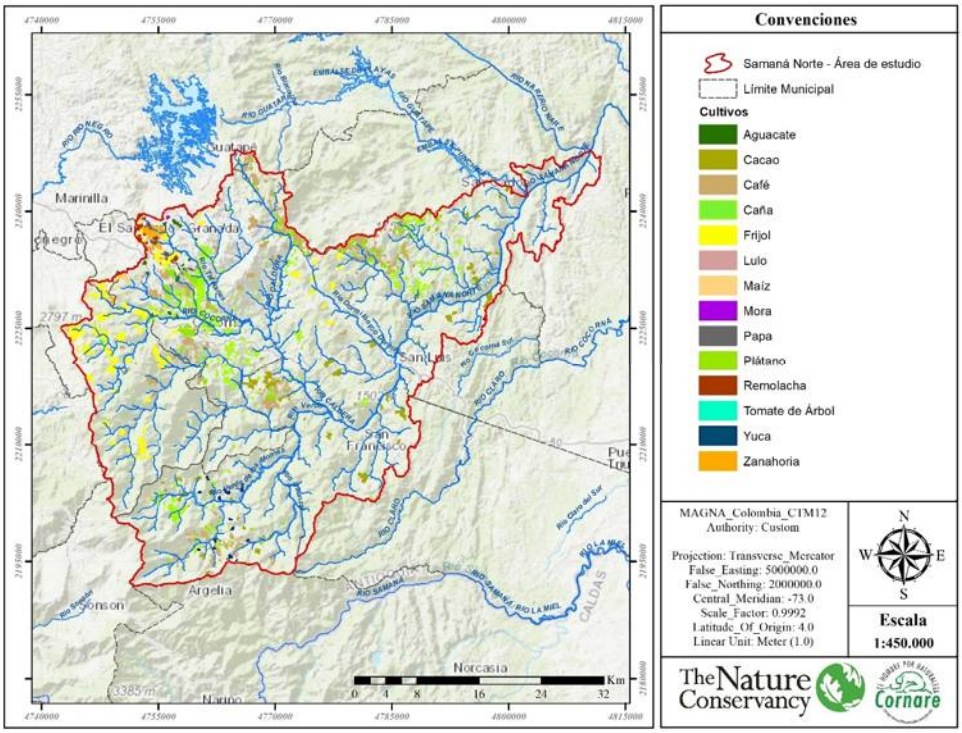
Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Tomate de árbol	Permanente	130	3900	30
Cacao	Permanente	120	38	0
Papa	Transitorio	101	1616	16
Banano	Permanente	100	800	8

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias, EVA (2019)

Finalmente, la Figura 164 contiene una representación de los cultivos al interior de la cuenca, construida a partir de la información de coberturas del POMCA, los cultivos más representativos por municipios relacionados en las evaluaciones agropecuarias (EVA) de la Secretaría de Agricultura (2019), y la clasificación climática de Caldas Lang. Por tanto, la información esquemática representa solo una aproximación a las áreas en cultivos en cada uno de los municipios de la cuenca.

Para su elaboración se partió de la información de coberturas del POMCA (se ubicaron los polígonos de pastos, mosaicos y cultivos). Posteriormente y con el fin de complementar la información a partir de las áreas sembradas relacionadas en las evaluaciones agropecuarias, se utilizó la temperatura como criterio biofísico para definir las áreas en cultivos, esto debido a que la información reportada en las EVA presenta una escala municipal, no veredal. Finalmente, se realizó una correlación espacial entre los rangos de temperatura para cada uno de los cultivos referenciados en las EVA y los polígonos detectados en el POMCA.

Figura 164. Representación cultivos cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), evaluaciones agropecuarias (EVA) de la Secretaría de Agricultura (2019) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

- *Actividades Pecuarias*

Dentro de la actividad pecuaria desarrollada en los municipios de la cuenca del Samaná Norte se destaca la ganadería bovina, seguida de la cría de porcinos, excepto en Puerto Nare, San Francisco y Sonsón, donde prevalece el número de equinos después del número de bovinos, tal como se aprecia en la Tabla 102.

Tabla 102. Estadísticas pecuarias, municipios cuenca del río Samaná Norte

Municipios	Total Bovinos	Total Equinos	Total Caprinos	Total Ovinos	Total Porcinos
Cocorná	10153	138	35	40	816
El Carmen de Viboral	18018	497	4	55	8254
El santuario	11071	830	36	800	10856
Granada	10409	320	0	22	1265
Puerto Nare	57496	3171	115	180	721
San Carlos	27520	1113	6	4	1483
San Francisco	4994	365	0	0	201
San Luis	18705	458	2	2	629
Sonsón	68145	2978	49	160	2848

Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Censo Pecuario Nacional (2019)

A continuación, se detallan algunos aspectos relevantes para cada uno de los municipios de la cuenca, en lo que respecta a la actividad pecuaria:

En Cocorná se practica la ganadería doble propósito; la cual tiene un mayor desarrollo en las zonas cálidas del municipio. Su comercialización se realiza en la vereda Agualinda y en el municipio de San Francisco, además en el municipio se desarrolla quincenalmente una feria ganadera. En la zona norte de Cocorná se da la ganadería de leche entre los pequeños propietarios, siendo tradición en las familias tener un ejemplar lechero para el autoconsumo (Alcaldía de Cocorná, 2020). En segundo orden se destaca el número de porcinos (816); seguido de los equinos (138) que son utilizados como medio de transporte por los pobladores de las veredas más alejadas del casco urbano para sacar los productos agropecuarios de las veredas.

La producción pecuaria en el municipio de El Carmen de Viboral está representada en actividades como la ganadería de leche, de doble propósito y de levante. Al tiempo, existen granjas avicultoras con producción a pequeña y gran escala. La piscicultura y la cría de especies menores, como aves de corral, cerdos y conejos hacen parte de la agroindustria que se presenta en menor cantidad en el municipio. Después de la ganadería, la cría de porcinos presenta un total significativo de 8.254 cerdos; que ubican al municipio en el segundo productor de esta especie pecuaria a nivel de la cuenca.

En el municipio de El Santuario el ganado es utilizado mayormente para la producción de leche y levante. El mercadeo de la leche no es común para la pequeña explotación por lo que su producción es destinada al consumo familiar. Para el pequeño productor su ganado se constituye en una reserva económica que utiliza en períodos de malas cosechas, precios bajos o bien para hacer frente a créditos anteriores. La población equina es muy reducida; en algunas explotaciones se utilizan caballos para movilizar la carga cuando esta está apartada de las vías carreteables, pero generalmente el municipio cuenta con un buen sistema de vías, siendo reducido el número de

veredas que no están favorecidas con ellas. En cuanto a la cría de porcinos y ovinos, El Santuario tiene la producción más alta de todos los municipios de la cuenca del río Samaná Norte, con un total de 856 cerdos y 800 ovejas respectivamente.

La ganadería de doble propósito es la actividad pecuaria más fortalecida en el municipio de Granada, contando además con las bondades de una asociación (Asociación de Ganaderos del Municipio de Granada - Asogran). El municipio reportó 10.409 cabezas de ganado en el año 2019 cifra que ha ido en aumento en los últimos años, según el Plan de Desarrollo Municipal 2020 – 2023 (Alcaldía de Granada, 2020). En segundo orden esta la cría de porcinos con un total de 1265 ejemplares, destacándose un proyecto de Granja Autosuficiente en la vereda San Esteban de Granada, que incluye actividades agrícolas y pecuarias dentro de las que cuenta la crianza de cerdos y otras especies menores.

Puerto Nare es el segundo municipio de la cuenca del Samaná con mayor producción de bovinos como se aprecia en la Tabla 102. Actualmente el municipio tiene destinados sus suelos más fértiles a la producción de una ganadería extensiva (60%), siendo ésta la actividad económica agropecuaria más importante. En segundo orden están los equinos, cuya cifra (3171) supera considerablemente las de los demás municipios de la cuenca. El inventario porcino del Municipio, según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el año 2019 era de 721 individuos. El apoyo a esta actividad se centró en la asistencia técnica a las pequeñas explotaciones existentes en el municipio a través de acciones como la vacunación contra la peste porcina clásica y el enchapetado de los animales para realizar un transporte y comercialización en buenas condiciones sanitarias y la atención de casos clínicos específicos.

En el municipio de San Carlos la ganadería ocupa el primer lugar en extensión con 24000 ha que equivalen al 79,8% del área ocupada por esta actividad. Se destaca la producción de bovinos (27520), pero las pasturas usadas para la ganadería son nativas y sin ningún mejoramiento, por lo cual los animales bajan su rendimiento y los niveles de Sostenibilidad de la actividad ganadera (Alcaldia San Carlos, 2020). Los porcinos ocupan el segundo lugar en la producción pecuaria de San Carlos, con un total de 1483, seguidos de los equinos (1113).

La actividad pecuaria más destacada en el municipio de San Francisco es la ganadería, con un total de 4994 cabezas. Sin embargo, los altos índices de informalidad en las actividades y la propiedad rural dificultan la implementación de programas de atención técnica en este sector de la economía, la cual es tan solo del 20% y no vincula estrategias de encadenamiento productivo y comercialización. Por lo anterior, dentro del Plan de Desarrollo 2020- 2023, se formuló el programa *"Desarrollo Rural y Vida Campesina"* enfocado a mejorar los ingresos de las familias campesinas a través de tres elementos centrales: asistencia técnica, microcréditos y encadenamiento productivo y comercialización (Alcaldía Municipal de San Francisco, 2020). Los equinos suman en total 365 ejemplares y ocupan el segundo renglón de la actividad pecuaria en San Francisco, su destinación es principalmente el transporte de personas y productos del sector agropecuario, siendo en algunas veredas la mejor y única alternativa por el mal estado de las vías o la inexistencia de vías carreteables. La cría de porcinos reporto un total de 201 cerdos en todo el municipio.

La ganadería bovina es una actividad pecuaria con gran potencial en el municipio de San Luis, con un total de 18705 cabezas en el año 2019 (ICA, 2020). Las especies bovinas en el municipio son cruce de cebú y criollo, dedicado a la producción de leche y carne o doble propósito. Esta actividad está

ubicada en áreas cercanas a la cabecera municipal, como en el corregimiento El Prodigio, pero su manejo es muy incipiente y con poca tecnificación de los suelos y del manejo del ganado.

A finales del 2019, se implementó en San Luis el programa EMPRENDIENDO SUEÑOS, estrategia conjunta del Ministerio del Trabajo y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD. La población focalizada inicialmente fueron los pequeños y medianos productores de la COOPERATIVA COOLESA (Cooperativa Lechera San Luis LTDA) y posteriormente el programa se extenderá a los demás productores del municipio que se deseen acoger. Producto de los ejercicios realizados, se concertó la adecuación y dotación del centro de acopio de leche y la implementación de procesos de mejoramiento genético y de potreros, fortalecimiento de pastos y sistema silvopastoril. El impacto del programa se verá reflejado no solo en la rentabilidad económica, sino que tendrá como valor agregado la sensibilización de los productores sobre la necesidad de mejorar sus predios para aprovechar cada vez más la posibilidad de manejo de cadena de frio para sus productos.

Como segundo reglón de la actividad pecuaria en San Luis está la porcicultura, con un bajo índice de producción representado en 629 ejemplares.

La actividad pecuaria en Sonsón está representada principalmente en la ganadería, con un total de 68.145 cabezas de ganado, que lo destacan como uno de los municipios más representativos en términos de ejemplares bovinos en la cuenca del río Samaná Norte.

- *Actividad de pesca y piscicultura*

Si bien la pesca y la piscicultura se incluyen entre las vocaciones productivas de los municipios de la cuenca, en algunos de ellos se enfoca principalmente en la seguridad alimentaria de las familias campesinas. De los municipios con estanques piscícolas destinados a la comercialización, pocos cuentan con la tecnificación, la capacitación y el acompañamiento necesarios para alcanzar volúmenes de producción representativos.

A continuación, se presenta información de la actividad piscícola por municipio, advirtiendo que para algunos no se encontraron insumos que permitan una amplia descripción del tema que nos ocupa.

- Municipio de Cocorná

La producción piscícola en el municipio se ha fortalecido en los últimos años, sin embargo, no se da a gran escala como renglón económico, porque su desarrollo surgió como respuesta a la deficiencia en la dieta de la población campesina. Esta actividad tiene alto potencial para futuras explotaciones económicas debido a la buena demanda interna y externa de pescado. Actualmente el municipio cuenta con un número importante de estanques piscícolas, con una densidad de ocho peces por metro cuadrado y como estrategia de mercadeo y comercialización se han vinculado mujeres campesinas a la cadena de producción piscícola en el municipio.

Las veredas de Cocorná con más estanques piscícolas son La Veta, Las Playas, San Juan, Buenos Aires, El Jordán, Mazotes, Los Cedros, San Antonio y El Coco. El municipio hace parte del proyecto regional de piscicultura impulsado por la Gobernación de Antioquia y dentro de su jurisdicción funciona una planta de beneficio regional, con la cual se pretende impulsar la actividad económica y generar empleos familiares. La amplia implementación de este tipo de explotación demanda una

asesoría constante en cuanto a la ubicación, selección de los terrenos más adecuados, la construcción de estanques, la consecución de semillas, entre otros. Dentro de los elementos que potencian el desarrollo de esta actividad y la hacen rentable, están la buena disponibilidad de agua con la que cuenta el municipio y la temperatura de esta (apta para el cultivo de peces).

Los piscicultores de Cocorná están asociados a PROPEZ (Asociación de Piscicultores de Cocorná), la cual tiene como objetivo "*Promover y fortalecer la piscicultura en todos los procesos, desde el cultivo de peces hasta el producto terminado con valor agregado"* Entre los productos que ofrece se encuentra: tilapia roja y cachama.

- Municipio de Carmen de Viboral

La actividad piscícola en el municipio del Carmen de Viboral se basa principalmente en el cultivo de tilapia, trucha y cachama por parte de pequeños productores. Existe una empresa ubicada en la vereda Vallejuelito (Lagos y peces S A S) que se dedica a acuicultura de agua dulce.

- Municipio de El Santuario

El municipio la producción de especies menores como los peces, es una actividad con un modo de producción tradicional y a pequeña escala. En diciembre de 2020, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Social del municipio, impulsó la creación de un programa de piscicultura con el objetivo de diversificar la producción pecuaria y mantener la seguridad alimentaria; la entrega de peces se realizó con una frecuencia bimensual. La invitación a participar del programa se realizó de manera abierta y dirigida a toda la comunidad del municipio que estuviera interesada.

- Municipio de Granada

La piscicultura en el municipio de Granada ocupa el último lugar en la línea de actividades pecuarias y su destinación está enfocada básicamente en la seguridad alimentaria de las familias campesinas.

- Municipio de Puerto Nare

La pesca figura entre las principales actividades económicas en el municipio de Puerto Nare. El río Nare por la calidad biofísica de sus aguas, es la zona de reserva alimentaria para las comunidades pesqueras. El sector pesquero vincula gran número de pescadores artesanales ancestrales. De acuerdo con la información consignada en el Plan de Desarrollo de Puerto Nare 2020 – 2023; en los últimos ocho años se han implementado acciones enfocadas al fortalecimiento de la producción piscícola mediante la asistencia técnica y entrega de insumos para la ejecución de dicha actividad, además entre los años 2017-2019, se prestó acompañamiento para la conformación de la Asociación de Productores Acuícolas. Dentro de los beneficios se cuentan 75 estanques con capacidades de 100 a 2000 cachamas o tilapias en ceba, instalaciones y capacitación entregados a productores en las veredas Las Angelitas, Montecristo, La Arabia, Gaticos, Canteras, La Mina, Los Delirios, Hoyo Rico, Playas, Paraíso, La Esmeralda, La Patiño y Corregimiento La Sierra.

Además de lo anterior, la JAC de la vereda La Mina ganó un concurso realizado por el programa "Ideas en Grande" de la Gobernación de Antioquia, cuyo premio fue la financiación de 30 millones de pesos para un proyecto piscícola. El dinero fue invertido en compra de alevinos, concentrado, materiales y equipos principalmente para mejorar su proceso de comercialización del producto. Además, la Secretaria de Agricultura hizo entrega de un container adecuado como sala de proceso para la manipulación del pescado, el cual cuenta con tres espacios de trabajo y los equipos propios

para entregar un producto listo al mercado. La asistencia técnica se impartió por medio de capacitaciones y eventos de extensión, enfocados en temas como el manejo de peces en estanque y las buenas prácticas acuícolas (Alcaldía de Puerto Nare, 2020).

- Municipio de San Carlos

En el año 2012 se inauguró en San Carlos un centro de acopio piscícola con capacidad para almacenar, conservar y efectuar procesos de transformación, adecuación y comercialización del producto en forma eficiente. *La importancia de este centro de acopio radica en que allí comenzará a llegar no solo el pescado que se produce en San Carlos sino en los municipios cercanos del Oriente. Gracias a esta infraestructura, es posible comercializar en promedio ocho toneladas de pescado al mes, las cuales tendrán como mercado principal la Central Mayorista de Antioquia* (Alcaldia San Carlos, 2020).

La Asociación de piscicultores de San Carlos –ASOPISAN- es la encargada de la comercialización del pescado a través de este centro de acopio, generando así tranquilidad a los productores que no tienen que pensar a quien van a venderlo y a qué precio.

La Universidad Pontificia Bolivariana a través de un estudio ha señalado a San Carlos como municipio líder en la producción de la tilapia en Antioquia, convirtiendo la piscicultura en un importante sector económico de la región. En su jurisdicción, se encuentra el predio denominado estación piscícola el cual tiene como objetivo la producción de alevinos de alta calidad de tilapia roja para fomento y comercialización local, departamental y regional.

En la estación piscícola, se realiza un trabajo coordinado desde la Secretaría Agropecuaria y Ambiental. La UPB y su grupo de investigadores del centro de estudios y de investigación en biotecnología con el apoyo de la Gobernación de Antioquia, la administración municipal San Carlos Somos Todos y la Asociación de piscicultores de San Carlos ASOPISAN, pretenden fortalecer procesos importantes en este espacio como la conversión a una acuicultura orgánica, generación de valor agregado en la cadena piscícola para una comercialización más rentable, entre otras acciones.

El corregimiento de Puerto Garza, perteneciente al municipio de San Carlos es un lugar de tradición pesquera por su proximidad con el río Samaná Norte. En época de verano la pesca la realizan con anzuelo, siendo el bocachico, la dorada, picuda y sabaleta las especies más representativa, los cuales además de hacer parte de la dieta alimenticia del pescador y su familia, también les generan ingresos al ser comercializados en las tiendas de la zona (Agudelo Daniela, 2020).

Según la información reportada en el estudio de impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico Porvenir II, en San Carlos existen 514 personas y 367 familias que se usufructúan de la pesca en el río Samaná Norte. En Puerto Garza como punto relevante para la pesca al interior de la cuenca en estudio, la venta del pescado es mínima, por lo que el consumo local es destacado mostrando la importancia como fuente de alimentación para las comunidades locales, donde la mayor parte del año, el producto extraído es para autoconsumo y aquel que es llevado a la comercialización en la mayoría de los casos se vende en la misma población, se estima entonces que solo un 10% es comercializado fuera del corregimiento y que generalmente va al Jordán.

- Municipio de San Francisco

La actividad piscícola en el municipio es incipiente. En el 2014 según información del "Perfil Productivo del Municipio San Francisco" existían 130 estanques artesanales en los que trabajaban 60 pequeños productores. Se produce tilapia roja y negra y cachama, siendo esta ultima la más apetecida por el consumidor local.

La densidad promedio de la siembra es de cinco peces por metro cuadrado y la producción anual promedio es de 15 toneladas. Las veredas donde se realiza esta actividad son El Pajuí y El Jardín con 13 y 17 estanques en su orden. También en la vereda Maravilla hay aproximadamente 10 productores a pequeña escala, que conforman la asociación Jardín Matecaña. En total el área ocupada por los estanques piscícolas en todo el municipio corresponde a 3.020M^2.

La falta de suficientes estanques, la estructura rudimentaria y poco eficiente, la falta de capacitación técnica y certificación en procesos productivos y la dificultad de comercialización, se cuentan como los principales inconvenientes para el desarrollo de esta actividad en San Francisco.

La producción piscícola tiene un volumen semestral de 400Kg por estanque, pero los peces se comercializan sin ningún tipo de transformación, se empacan en costales y se transportan en una carreta hasta la cabecera municipal donde son vendidos a los pobladores locales. Por lo anterior puede decirse que los piscicultores no cumplen con los registros y certificados (concesión de aguas otorgada por Cornare, permiso de vertimiento –Unidad de Tierras Rurales (UNTR) y Ministerio de Agricultura), establecidos para desarrollar la actividad.

Lo anterior hace necesario tecnificar y mejorar la producción a través de la implementación de estrategias como la vinculación de entidades de formación técnica y tecnológica de la región para que capaciten los productores locales, así como el fortalecimiento de las asociaciones de productores locales, entre otras acciones que impulsen el desarrollo de este sector (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014).

- Municipio de San Luis

De acuerdo con la información consultada en el Perfil productivo de San Luis 2015 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015b), la piscicultura en este municipio se desarrolla a pequeña escala, con el fin de satisfacer las necesidades alimentarias de los hogares y en algunos casos se comercializa de manera local y también en los municipios de Puerto Triunfo y El Santuario. De un total de 130 estanques existentes, apenas 30 estaban en uso para ese año. Al respecto de la producción la directora de la UMATA dijo que se obtiene un crecimiento medianamente adecuado en cuanto al peso y la talla; y que las especies cultivadas son propicias a las condiciones climáticas del municipio. La capacidad de almacenamiento por estanque es de 700 peces, la producción se realiza de manera artesanal y no cuenta con una red de frio.

La actividad piscícola en San Luis cuenta con factores favorables para su desarrollo como el abundante recuso hídrico y el apoyo de la administración municipal, este último expresado en la conformación de la Asociación de Productores Piscícolas de San Luis Antioquia (ASOPISANLUIS) y la capacitación recibida de entidades externas al municipio como la secretaria de agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia, a través del programa "Escuela de campo y agricultores" beneficio a productores piscícolas independientes de la vereda Altavista (2013) y la Unidad de Víctimas que

entregó insumos y herramientas para unidades productivas de piscicultura a 54 familias sujeto de reparación colectiva del Centro Poblado Buenos Aires; entre noviembre y diciembre del año 2018 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015b).

Sobre esta actividad económica el Plan de Desarrollo 2020- 2023 de San Luis, argumenta que existen algunos estanques piscícolas donde las especies más comunes son la cachama y la tilapia roja por la facilidad de alimentación y manejo, lo que reduce el costo del paquete tecnológico de esta actividad, alcanzando en poco tiempo buen tamaño de pesca y peso para autoconsumo y venta de los excedentes de producción.

- Municipio de Sonsón

La Alcaldía de Sonsón le ha apostado a la promoción de actividades sostenibles y la piscicultura en la zona de páramos, especialmente en las veredas de Aures Cartagena, Norí, Manzanares Arriba, Manzanares Centro, San Francisco, Chaverras y Roblalito. Para el 2014 el INER reporto para Sonsón una producción 100 Kg de pescado con un precio promedio de $10000/Kg (Instituto de Estudios Regionales, 2015).

- *Actividades turísticas*

Por su biodiversidad la cuenca del río Samaná Norte tiene características especiales que permiten actividades particulares en cuanto al deporte, la recreación y el turismo. Dentro de los múltiples atractivos turísticos se cuentan los paisajes naturales, ríos propicios para el desarrollo de actividades acuáticas y de pesca, así como la diversidad de la flora y la fauna. En general los nueve municipios le apuestan a al fortalecimiento de una oferta turística que incluya aspectos como la recuperación de saberes ancestrales, la gestión de la calidad del recurso hídrico y la promoción del turismo de naturaleza; sobre todo a nivel de ecoturismo y turismo de aventura.

Tabla 103. Vocación turística en la cuenca del río Samaná Norte

Municipio	Turismo					
	Cultural	Naturaleza	Agroturismo	Aventura	Religioso	Étnico
Cocorná	Si	Si	No	Si	No	No
El Carmen de Víboral	Si	Si	Si	Si	Si	No
El Santuario	Si	Si	Si	No	Si	No
Granada	Si	Si	No	No	Si	No
San Carlos	…	…	…	…	…	…
San Francisco	…	Si	Si	Si	No	No
San Luis	Si	Si	No	Si	Si	No
Sonsón	Si	Si	Si	No	Si	Si

Fuente: Anuario Estadístico de Antioquia (2018)

La Tabla 103 muestra que todos los municipios tienen más de dos tipos de vocación turística. Las vocaciones turísticas más destacadas son el turismo cultural y naturaleza, seguido por el turismo religioso y en tercer orden el turismo de aventura y el agroturismo. Los sitios de interés turístico ubicados en los municipios de la cuenca del río Samaná Norte son numerosos, tal y como se muestra en la Tabla 104, la cual fue construida a partir de la información suministrada por el Anuario Estadístico de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2018), el Plan Estratégico Provincial de Turismo (Provincia del Agua Bosques y El Turismo, 2020) e información recolectada en este proyecto.

Tabla 104. Sitios turísticos en los municipios de la cuenca del río Samaná Norte

Municipio	Lugar o sitio turístico	Ubicación /Referencia de localización
Cocorná	Charco de Pailania	La vereda se encuentra ubicada en la vía que comunica al municipio de San Francisco
Cocorná	Eco Ruta María Parda	Entre las verdeas de El Cedro y el Coco a orillas del Río Cocorná
Cocorná	Eco Ruta La Roca	Entre las veredas de Cruces y la Chonta
Cocorná	Cañón del Rio Melcocho	Veredas del Retiro y Roblal
Cocorná	Cañón del Rio Santo Domingo	Vereda la Palma, el Sinaí y Majagual
Cocorná	Museo Arqueológico	Casa de la Cultura
Cocorná	Dulce Molienda	Sobre la vía principal de ingreso al municipio
Cocorná	Cascada Cabellera de Venus	Vereda La Chorra
Cocorná	Cascada Las Perlas	Vereda La Chorra
El Carmen de Viboral	Salto de Guadalupe	En el corregimiento El Salto
El Carmen de Viboral	Teleférico	En el corregimiento El Salto
El Carmen de Viboral	Rancho "El Paso": Pesebrera, Fonda y Restaurante	Vía hacia Carolina
El Carmen de Viboral	Quebradas Hojas anchas	Casco Urbano y Zona Rural
El Carmen de Viboral	Paraje La Estrella	Zona rural municipio, corregimiento La Estrella
El Carmen de Viboral	Paraje La Clara	Zona rural municipio, vereda la Clara
El Carmen de Viboral	Paraje Caldera	Zona rural municipio, vereda Calderas
El Carmen de Viboral	Paraje El Encanto	Zona rural municipio, vereda Calderas
El Carmen de Viboral	Cerro Mocorongo	Zona rural municipio, vereda Calderas
El Carmen de Viboral	Represa Troneras	Vía "El Guayabo" o pasando por Carolina del Príncipe, hacia el salto
El Carmen de Viboral	Iglesia de Nuestra Señora del Carmen	Parque Principal
El Carmen de Viboral	Charco El Chimbito	Vereda El Cerro
El Carmen de Viboral	Quebrada Juntas	Vereda La Bonita
El Carmen de Viboral	Asentamiento Arqueológico Santa Elena	Santa Elena
El Carmen de Viboral	Cinco Rutas de Caminería	Varios Sector Rural
El Santuario	Cerámica y Cascada El Salto	Vereda El Salto
El Santuario	Alto el Morro	Vereda El Morro
El Santuario	Piedra del Obispo	Vereda Aldana Arriba
El Santuario	Museo José María Córdova	Parque principal
El Santuario	Museo Montecristo	Parque principal
El Santuario	Finca agroecológica María Paz	Vereda El Salto
El Santuario	Finca Taller Santanita	Vereda El Retiro
El Santuario	Basílica Menor San Judas Tadeo	Sector La Judea
El Santuario	Templo Nuestra Señora de Chiquinquirá	Plaza Mayor
El Santuario	Casa de la Cultura	Calle Junín
El Santuario	Capilla Jesús Antonio	Vereda El Carmelo
El Santuario	Cascada La Cristalina	Vereda El Morro
Granada	La Cascada	Vereda La Cascada
Granada	Salón del Nunca Más	Zona Urbana
Granada	Museo de Ciencias Naturales	Zona Urbana
Granada	Ruta Ecológica de la panela	Vereda Las Vegas y La Cascada
San Francisco	Camino Vereda La Ventana.	Vereda la Ventana

Municipio	Lugar o sitio turístico	Ubicación /Referencia de localización
San Francisco	Bosques de Paz Corregimiento de Aquitania	Corregimiento Aquitania
San Francisco	Cascada el Padre	Vereda la Maravilla
San Francisco	Cascada el Hijo	Vereda la Maravilla
San Francisco	Balneario Santana	Vereda la Maravilla
San Francisco	Balneario Pailania	Vereda Pailania
San Francisco	Charco del amor	Vereda Pailania
San Francisco	Playa Pailania-Rio Santo Domingo	Vereda Pailania
San Francisco	Cascada la Mona	Vereda Farallones
San Francisco	Cascada el Tagual	Vereda el Tagual
San Francisco	Rio Verde	Vereda Boquerón
San Francisco	Camino Antiguo	Veredas la Maravilla- Pailania
San Francisco	Playa Mármol	Vereda Río Claro
San Francisco	Templo del Tiempo	Vereda Río Claro
San Francisco	Las Dantas	Vereda Río Claro
San Francisco	Boca Caimán	Vereda Río Claro
San Francisco	Playa Manantial	Vereda Río Claro
San Francisco	Cascada la Eresma	La Eresma
San Francisco	Cascada la Vega	Vereda Guacales
San Francisco	Corredor San Francisco -Aquitania	Francisco -Aquitania
San Francisco	Parque Lineal Sendero Ecológico	Vereda Pailania
San Francisco	Finca el Oasis	Vereda el Pajui
San Francisco	Ruta del Chocolate	Vereda la Maravilla
San Francisco	Puente Pailania	Vereda Pailania
San Francisco	Molino	Vereda la Eresma
San Francisco	El Mirador	Vereda la Maravilla
San Francisco	Parcela la Piedra Interactiva	Vereda Guacales
San Francisco	El Paují	Vereda el Paují
San Luis	Cascada La Cuba	Kilometro1.5 entrada al municipio
San Luis	Cerro El Castellón	Parte alta de la cabecera municipal
San Luis	Sendero Ecológico El Balceadero	Parte baja de la cabecera municipal
San Luis	Cascada La Planta	Parte baja de la cabecera municipal entrada por el coliseo
San Luis	Rio Dormilón, El Trampolín, las Piedras	Sector rural parte baja de la cabecera municipal
San Luis	Sendero Ecológico El Castellón	Salida a Granada sector La Milagrosa
San Luis	Cinturón Kárstico y Arqueológico de Las Confusas	Corregimiento El Prodigio vereda Las Confusas
San Luis	Senderos, Cavernas Petroglifos y Pictogramas El Prodigio (1)	Corregimiento El Prodigio
San Luis	Zona de Reserva Natural Cuchilla La Tebaida	Parte alta de la cabecera municipal
San Luis	Centro Experimental El Faisán	Autopista vereda La Tebaida
San Luis	Sendero histórico Él Tambo	Vía a Granada zona La Milagrosa
San Luis	Iglesia San Luis Gonzaga	Parque Principal
San Luis	Reserva Natural Cañón del Rioclaro	Vereda Rioclaro
San Luis	Quebrada la Tebaida (Aragonés)	
San Carlos	La piedra del Tabor	Vereda el Tabor

Municipio	Lugar o sitio turístico	Ubicación /Referencia de localización
San Carlos	Cascada La Chorrera	Vereda Puerto Rico
San Carlos	Charcos La Plnta, La Primavera, Peñoles	Rio san Carlos
San Carlos	Sendero Ecológico La Viejita	Barrio San Antonio
San Carlos	El cañón de Cielo Escondido	Quebrada La Chorrera. Vereda Puerto Rico
San Carlos	Charco Negro	Quebrada La Chorrera
San Carlos	Cascada El Chipero	Quebrada de Vallejuelo
San Carlos	Charco Redondo	Vereda la María
San Carlos	Cascada Los Patios	Vereda El Tabor
San Carlos	Quebrada La tupiada	Vereda Quebrada La tupiada
San Carlos	Quebrada Sardina	Vereda Sardina
San Carlos	Las Botellas	Corregimiento El Jordán
San Carlos	Sendero Ecológico Puerto Garza	Corregimiento Puerto Garza (sobre el río Samaná)
San Carlos	Muelle y playa Muros	Corregimiento Puerto Garza (sobre el río Samaná)
San Carlos	Muros anstiguo de Piedra	Corregimiento Puerto Garza (sobre el río Samaná)
San Carlos	Cascada Las Narices	Corregimiento Puerto Garza
San Carlos	Cascada el Salto	Corregimiento Puerto Garza, quebrada El Urón
San Carlos	Jardín de La Memoria	Parque principal
Puerto Nare	Cascada La Arabia	Vereda La Arabia
Puerto Nare	Caberna el Tunel de La Arabia	Vereda La Arabia
Sonsón	Centro Histórico	Calles y carreras Centro Histórico. Fachadas y balcones de arquitectura colonial del municipio entre ellos el Balcón más bello de Antioquia
Sonsón	Río La Miel	Corregimiento San Miguel
Sonsón	Sistemas Kársticos, (Cavernas)	Corregimiento la Danta
Sonsón	Plaza de Henao	Carreras 6 y 7 con calles 12 y 13.
Sonsón	Red Museos: Museo de Arte Religioso y Sala Rómulo Carvajal (escultura), Casa de la Cultura Roberto Jaramillo Arango, Museo Pablo Jaramillo, Museo folclórico Casa de los Abuelos y Sala Arqueológica Sonsón, Museo Fiesta del Maíz, Sala Homenaje a la Prensa Sonsoneña y la Sala Pantágoras en el corregimiento de San Miguel	Carrera 8 N° 5-61.
Sonsón	Río Claro	Corregimiento de Jerusalén
Sonsón	Cañón del Río Arma	Corregimiento los planes.
Sonsón	Mirador del Capiro	…
Sonsón	Templo parroquial Nuestra Señora del Carmen	Calle 4° con carrera 6° esquina.
Sonsón	Páramo de Sonsón, Senderos y Miradores	Camino de Murringo Vereda Manzanares. Ruta Norí: Vereda Norí. Vereda Chaverras Mirador del Páramo.
Sonsón	Ruta y Cascada Santa Mónica	Ruta y Cascada Santa Mónica
Sonsón	Ruta Agraria Higuera, Paisaje Cultural Higuero (Cultivos de higos, nopal) Mirador al Cañón del Río Arma	Corregimiento Alto de Sábanas y Vereda el Brasil.
Sonsón	La Fragua	Centro histórico

Fuente: Anuario Estadístico de Antioquia (2018). No se presenta información para el municipio de San Carlos

Dentro del Plan de Desarrollo 2020-2023 del municipio de San Carlos, se propone de forma complementaria al desarrollo del sector turístico local, proyectos, planes y programas que potencien el turismo de naturaleza, el turismo cultural y de memoria. Los atractivos y lugares con mayor demanda turística están ubicados en las zonas rurales del municipio. (Pág. 30).

Foto 6. Cascada La Arabia



Foto 7. Casacada Las Narices



Foto 8. El Salto

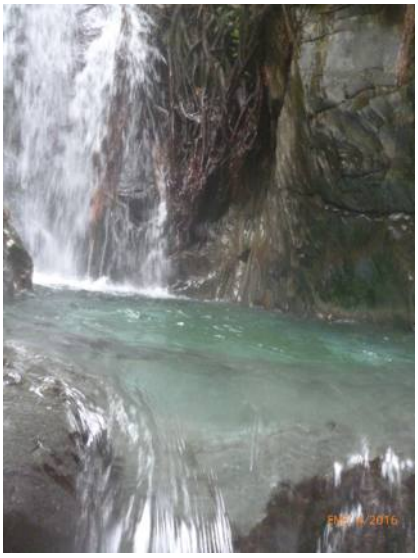


Foto 9. Muros de Piedra



Fuente: A partir de archivos personales de Patricia Martínez

Como se mencionó en el párrafo introductorio de este numeral, la actividad de ecoturismo se contempla como una alternativa viable para el desarrollo económico con prácticas sostenibles y equitativas. En los municipios del Carmen de Viboral y San Luis, la propuesta apunta a algunos de

los principales ecosistemas con potencial para desarrollar una economía basada en el turismo ecológico, como los cañones del Melcocho y Santo Domingo, se busca potencializar el ecoturismo sobre el corredor ecológico del río Dormilón, y también aprovechar los caminos identificados por la comunidad como ancestrales

Los municipios de Cocorná, Granada, San Carlos, San Francisco y San Luis, pertenecen a la Provincia del Agua, Bosques y el Turismo6 conformada por 12 municipios localizados en la subregión oriental del departamento de Antioquia; la cual ha intentado unir a la región entorno a una figura asociativa que le permita resolver problemáticas en conjunto, pero también potencializar las oportunidades de un territorio.

La Provincia del Agua, Bosques y el Turismo, formulo El Plan Estratégico Provincial "PEP" (instrumento de planeación estratégica a largo plazo) mediante convenio interadministrativo con la Gobernación de Antioquia, que inicio el 26 de junio de 2019 y que tiene como objetivo orientar un escenario a futuro, estableciendo criterios comunes para el desarrollo sustentable y sostenible de los municipios provinciales. Dentro de sus programas, esta Gestionar el desarrollo turístico sostenible a través de planes, programas y proyectos que potencien la singularidad del territorio, contribuyendo a la consolidación de un destino competitivo de calidad y seguro (Provincia del Agua Bosques y El Turismo, 2020).

En la Tabla 105 se presenta la oferta de alojamiento existente para los turistas en los nueve municipios de la cuenca del Samaná Norte.

Tabla 105. Capacidad de alojamiento, municipios de la cuenca del río Samaná Norte

Municipios	Hoteles		Finca hoteles	
	Habitaciones	Camas	Habitaciones	Camas
Cocorná	98	466	10	87
El Carmen de Viboral	21	107	0	0
El Santuario	75240	30	1800	5
Granada	21960	82	0	0
San Carlos	...	...	...	...
San Francisco	23040	128	6120	34
San Luis	...	...	...	...
Sonsón	21600	300	0	0

Fuente: Anuario Estadístico de Antioquia (2018)

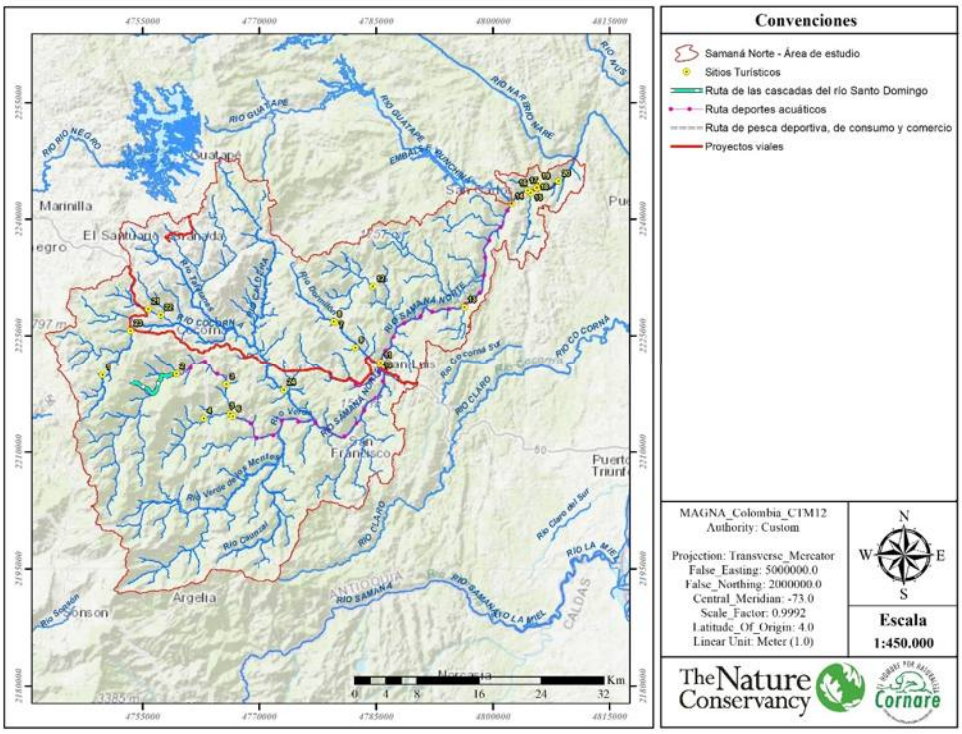
6 Las provincias se derivan desde la Constitución Política de 1991, artículo 288, que con posterioridad la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial 1454 de 2011 las retoma como una de las figuras asociativas de los entes territoriales en Colombia. Por medio de la Ordenanza 068 de 2017 se establece el marco general para la creación y organización de las Provincias Administrativas y de Planificación - PAP en el departamento de Antioquia y mediante la Ordenanza 011 de 2018 se constituye La Provincia Administrativa y de Planificación – PAP – del Agua, Bosques y el Turismo, como una entidad administrativa y de derecho público con personería jurídica y patrimonio propio e independiente.

En cuanto al tipo de alojamiento, predominan los hoteles, siendo Cocorná el municipio con mayor capacidad de habitaciones y camas para albergar visitantes, seguido de El Santuario por número de habitaciones y de Sonsón por el número de camas.

La modalidad de finca hotel, es un concepto de hospedaje que permite al viajero de disfrutar de unos días de descanso rodeado de la tranquilidad y el aire puro que ofrece la naturaleza. Este tipo de hospedaje se da en los municipios de Cocorná, San Francisco y El Santuario.

Finalmente, en el marco del presente Convenio se construyó un mapa de sitios turísticos y rutas deportivas a partir del conocimiento del equipo técnico del proyecto, así mismo se incorporaron los resultados del Proyecto Conservación Basada en Comunidades desarrollado por TNC. Muchos de estos lugares se promocionan vía WEB y en redes sociales (véase Figura 165).

Figura 165. Sitios turísticos y rutas deportivas cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

Por su parte, la Tabla 106 muestra el inventario de puntos representados en la Figura 165.

Tabla 106. Sitios turísticos y rutas deportivas cuenca Samaná Norte

#	Sitio	#	Sitio
1	Pesca deportiva y de Consumo	13	Atractivo turístico Cascada la Cristalina
2	La Vega, sector atractivo turismo y pesca deportiva.	14	Pesca deportiva y consumo. En subienda se comercializa la pesca
3	Pailania, Sector turístico, pesca deportiva y de consumo no comercial	15	Quebrada La Arabia, atractivo turístico
4	Acceso al río Melcocho (CAICA)	16	El Tupión. Sitio de pesca para consumo y comercio
5	Atractivo turístico y de pesca	17	Atractivo turístico Narices

#	Sitio	#	Sitio
6	Zona de embarque Rafting	18	Sitio atractivo turístico pesca, deportiva, de consumo y comercio
7	Cascada la Planta río Dormilón	19	Quebrada El Urón, atractivo turístico de Puerto Garza
8	El Balseadero río Dormilón	20	Sitio de acceso turístico a la parte baja de la cuenca del río Samaná norte.
9	Cascada La Cuba. Turismo de aventura	21	Atractivo turístico. Cascada Velo de la Novia
10	Turismo, pesca deportiva y de consumo	22	Turismo balnearios Cocorná
11	Embarque y desembarque kayak y rafting	23	Turismo Balneario
12	Pesca deportiva y de consumo	24	Pesca deportiva y de consumo

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

8.3.3 *Identificación de conflictos*

8.3.3.1 Conflictos por uso de la tierra

La presión del hombre sobre los Recursos Naturales renovables se manifiesta en el estado de éstos. El estado actual de las tierras del país constituye un valioso indicador del uso que sus habitantes y la sociedad, en su conjunto, les han dado.

De acuerdo con los estudios realizados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) sobre el uso de la tierra; al menos el 29% del suelo colombiano productivo está siendo mal utilizado. De los 114 millones de hectáreas que tiene el país con potencial agrícola, forestal y ganadero, hay cerca 35 millones que podrían ser más productivos o con una menor afectación del suelo.

En Colombia según los estudios del Instituto, hay aproximadamente 22 millones de hectáreas aptas para la agricultura y se están utilizando 5,3 millones; y de 15 millones de hectáreas con vocación ganadera se están usando 35 millones. Lo anterior refleja una utilización inadecuada de la tierra, que la está agotando. Esto manifiesta, según el IGAC, que el país afronta un serio conflicto por el uso del suelo.

Dentro de las causas que originan conflictos de uso del suelo, "*se identifican entre muchas, la características de la tenencia de la tierra en el país (concentración y tamaño), la compra de tierra como activo de acumulación patrimonial y no por su rendimiento económico (Echavarría, 2001), , índices altos de pobreza de la comunidad rural, políticas agrarias insuficientes (crédito, precios, subsidios y estímulos a la producción, etc.), violencia, desplazamiento e inseguridad; aunados a la muy poca aplicación de normas de manejo y limitada generación, difusión y apropiación de tecnología específica para el país"* (Codazzi, 2001).

En el Informe de la fase de formulación del POMCA de la Cuenca Hidrográfica del Samaná Norte se expresa respecto a la tenencia de la tierra un Gini7 de tierras diferenciado, con presión inmobiliaria que acentúa la división de los predios en la parte alta y en el resto de la cuenca del Samaná Norte, la concentración de la propiedad de la tierra es creciente. Seguidamente, se presenta el Gini de tierras para ocho de los nueve municipios de la Cuenca del río Samaná Norte, tal y como se muestra en la Figura 166.

7 El índice de Gini o coeficiente de Gini es una medida económica que sirve para calcular la desigualdad de ingresos que existe entre los ciudadanos de un territorio. El valor del índice de Gini se encuentra entre 0 y 1, siendo cero la máxima igualdad (todos los ciudadanos tienen los mismos ingresos) y 1 la máxima desigualdad (todos los ingresos los tiene un solo ciudadano).

Figura 166. GINI de tierras en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2017). Plan de Desarrollo 2020-2023, El Santuario. No se encontró información al respecto de Puerto Nare

El índice GINI de tierras, mide el grado de desigualdad en la distribución de la riqueza en un territorio, si su valor se acera a cero (0) denota igualdad total y cuando llega a uno (1) se interpreta como desigualdad absoluta.

Haciendo lectura de los datos consignados en la Figura 166, Sonsón es el municipio que presenta mayor inequidad en la propiedad de la tierra, seguido de los municipios de San Carlos y El Carmen de Viboral. Los demás municipios también presentan índices de desequilibrio en la distribución de la tierra que fluctúan entre el 0,67 (San Francisco) y 0,54 (Granada). El municipio de El Santuario con un GINI de 0,46, se encuentra una situación de menor inequidad en la Cuenca.

De acuerdo con el Capítulo 9 del Análisis Situacional de la Cuenca del río Samaná Norte (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017g), se realiza el análisis de conflictos por uso de la tierra frente al uso actual del suelo al año 2017 con el uso potencial de las áreas de las cuenca, en donde se encontró lo siguiente:

Por sobreutilización severa:

Tierras en descanso donde su uso potencial es de sistemas silvopastoriles (SPA), este sistema permite el establecimiento integrado de bosques y pastos, así: producción de forraje en bosques plantados y pasturas arboladas; en consecuencia, las alternativas de uso pueden ser: ganadería intensiva y bosque productor; ganadería semi-intensiva y bosque productor; ganadería extensiva y bosque protector. En el área de influencia de la cuenca se encuentran 5944,79 ha correspondientes a un 2,96%.

Se encuentran tierras en descanso y cuyo uso potencial es de sistema forestal productor (FPD), este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca se encuentran 5738,73 ha equivalentes al 2,86%, que presentan este conflicto.

Por sobreutilización moderada:

Áreas cuyo uso actual está en pastoreo extensivo (PEX), y cuyo uso potencial es de sistema forestal productor (FPD). este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca del río Samaná Norte se encuentran 1472 ha equivalentes al 7,02%, que presentan este conflicto.

Zonas donde actualmente tienen cultivos permanentes intensivos (CPI), pueden ser utilizadas en sistemas silvopastoriles (SPA), donde se involucra la producción de forraje entre el bosque plantado y las pasturas arboladas; en consecuencia, las alternativas de uso potencial pueden ser ganadería intensiva y bosque productor; ganadería semi-intensiva y bosque productor; ganadería extensiva y bosque productor. En la cuenca se encuentran 1126,59 hectáreas correspondientes al 0,56%.

Zonas donde actualmente tienen cultivos permanentes intensivos (CPI), y cuyo uso potencial es de sistema forestal productor (FPD). este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca del río Samaná Norte se encuentran 1083,59 hectáreas equivalentes al 0,54%, que presentan este conflicto.

Por sobreutilización ligera:

Áreas con pastoreo extensivo (PEX), donde el uso potencial es de sistemas silvopastoriles (SPA), este sistema involucra la producción de forraje entre el bosque plantado y las pasturas arboladas; en consecuencia, la alternativa de uso puede ser ganadería extensiva y bosque productor. En el área de influencia de la cuenca se encuentran 22730,63 hectáreas correspondientes a un 11,32%.

Por Subutilización severa:

Áreas en protección, pueden estar con cultivos transitorios semi-intensivos (CTS), estos tienen un ciclo de vida menor de un año y exigen para su establecimiento moderada o alta inversión de capital, adecuada tecnología y mano de obra calificada; generalmente las tierras no soportan una explotación intensiva o están expuestas a algún riesgo de deterioro. Hay 1228,29 hectáreas equivalentes al 0,61%.

Por Subutilización moderada:

Zonas cuyo uso actual es de protección, pueden ser utilizadas en sistemas silvopastoriles (SPA), donde se involucra la producción de forraje entre el bosque plantado y las pasturas arboladas; en consecuencia, las alternativas de uso potencial pueden ser ganadería intensiva y bosque productor; ganadería semi-intensiva y bosque productor; ganadería extensiva y bosque productor. En la cuenca se encuentran 33666,52 hectáreas correspondientes al 16,76% del área total de la cuenca.

Zonas cuyo uso actual es producción-protección, pueden ser utilizadas en sistemas silvopastoriles (SPA), donde se involucra la producción de forraje entre el bosque plantado y las pasturas arboladas; en consecuencia, las alternativas de uso potencial pueden ser ganadería intensiva y bosque productor; ganadería semi-intensiva y bosque productor; ganadería extensiva y bosque productor. En la cuenca se encuentran 6118,84 hectáreas correspondientes al 3,05%.

Áreas en protección pueden estar con sistemas agrosilvícolas (AGS). Este sistema es apto para el establecimiento de sistemas asociados a especies forestales con cultivos transitorios o permanentes; por tratarse de asociaciones, las tierras calificadas para este uso presentan diversas alternativas tales como cultivos transitorios y bosque productor, cultivos transitorios y bosques protector productor, cultivos permanentes y bosque productor, cultivos permanentes y bosque protector-productor. En la cuenca del río Samaná Norte se encuentran 1365,84 hectáreas equivalentes al 0,68%, que presentan este conflicto.

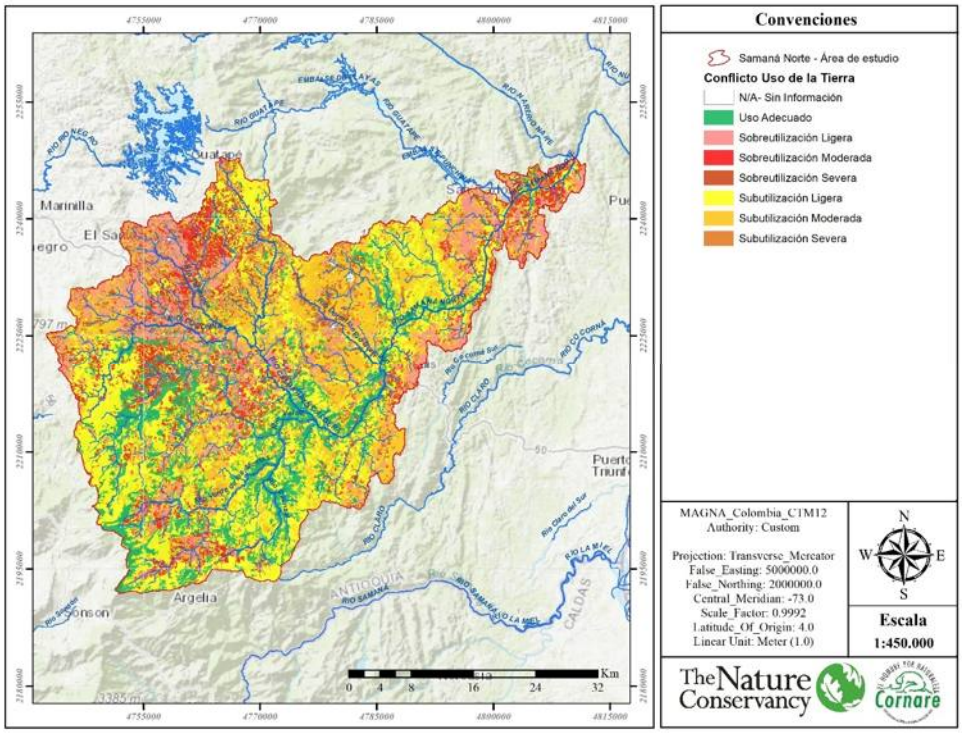
Por Subutilización ligera:

Áreas en protección que pueden estar en sistema forestal productor (FPD). Este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca del río Cocorná se encuentran 61765,18 hectáreas equivalentes al 30,75%, que presentan este conflicto.

Zonas en producción-protección, pueden implementarse en sistema forestal productor (FPD). Este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca se encuentran 7614,67 hectáreas equivalentes al 3,79%.

Las zonas en las categorías de conflictos por uso del suelo por sobreutilización o subutilización se representan y delimitan cartográficamente en la Figura 167.

Figura 167. Conflictos por uso de la tierra en la Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017g)

8.3.3.2 Conflictos por uso del recurso hídrico

De acuerdo con el POMCA de la Cuenca del río Samaná Norte (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017g), al hacer la relación entre el índice de usos del agua (IUA) y el índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) al año 2017, se encontró para año medio que el 52% de las subcuencas presenta conflicto Alto por el uso del agua, el 16% conflicto medio, el 20% conflicto bajo y tan sólo el 12% no presenta conflictos. En la Figura 168 se observa el consolidado de los conflictos por el recurso hídrico en las subcuencas del Samaná Norte, se observa que en las subcuencas que se presenta conflicto Alto la carga contaminante vertida es muy alta si se compara con la oferta hídrica existente y por lo tanto la calidad del agua se puede ver afectada hasta el punto de limitar el crecimiento y desarrollo de especies de flora y fauna acuáticas y además restringe su uso para diferentes actividades económicas y humanas. Las subcuencas que no presentan conflictos por uso del recurso hídrico son las de los ríos Santo Domingo, Chumurru y San Miguel.

Figura 168. Conflictos por uso del recurso hídrico año medio en la Cuenca del río Samaná Norte

Subcuenca	IUA medio	Calificación	IACAL medio	Nivel presión	Conflictos por uso del RH
Río Verde de los Montes	5.1	Bajo	1.0	Baja	Conflicto Bajo
Río Caunzal	2.5	Bajo	1.0	Baja	Conflicto Bajo
Río Santo Domingo	0.4	Muy Bajo	1.0	Baja	Sin Conflicto
Río Melcocho	2.1	Bajo	1.6	Moderada	Conflicto Bajo
Qda. Quebradona	2.1	Bajo	1.6	Moderada	Conflicto Bajo
Afl. dir. R. Verde (Qda. San Juan)	2.1	Bajo	1.0	Baja	Conflicto Bajo
Qda. El Biadal	66.8	Muy Alto	1.2	Baja	Conflicto Medio
Río San Lorenzo	90.1	Muy Alto	1.0	Baja	Conflicto Medio
Qda. La Chorrera	45.9	Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Río Tafetanes	169.0	Muy Alto	2.6	Media Alta	Conflicto Alto
Rio San Matías	137.3	Muy Alto	2.8	Media Alta	Conflicto Alto
Afl. dir. R. Cocorna (Qda. La Trinidad)	64.2	Muy Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Río Caldera	67.2	Muy Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Río Caldera (Qda. Brillo Honda)	26.5	Alto	1.6	Moderada	Conflicto Alto
Río Chumurro	0.9	Muy Bajo	1.0	Baja	Sin Conflicto
Afl. dir. R. Chumurro (Qda. Angelópolis)	24.5	Alto	1.6	Moderada	Conflicto Alto
Qda. La Tebaida	22.9	Alto	1.6	Moderada	Conflicto Alto
Río Dormilón	87.2	Muy Alto	2.8	Media Alta	Conflicto Alto
Río San Miguel	0.5	Muy Bajo	1	Baja	Sin Conflicto
Afl. dir. R. Samana (Río San Miguel)	24.3	Alto	1.6	Moderada	Conflicto Alto
Qda. La Miranda	22.7	Alto	1.6	Moderada	Conflicto Alto
Qda. Quebradon	22.5	Alto	1.6	Moderada	Conflicto Alto
Qda. Peñol Grande	22.4	Alto	1.6	Moderada	Conflicto Alto
Qda. La Arabia	15.5	Moderado	1.6	Moderada	Conflicto Medio
Afl. dir. R. Samana (Qda. El Bagre)	15.5	Moderado	1.6	Moderada	Conflicto Medio

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017g)

En tiempo seco la relación entre el índice de usos del agua (IUA) y el índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL), arrojó que el 72% de las subcuencas (18 subcuencas) tienen conflicto Alto por el uso del agua, el 4% presenta conflicto Medio (una subcuenca) y el restante 24% conflicto Bajo (6 subcuencas). Las subcuencas con conflicto Bajo son las de los ríos Santo Domingo, Melcocho, Chumurro y San Miguel y las de las quebradas Quebradona y San Juan.

Figura 169. Conflictos por uso del recurso hídrico año seco en la Cuenca del río Samaná

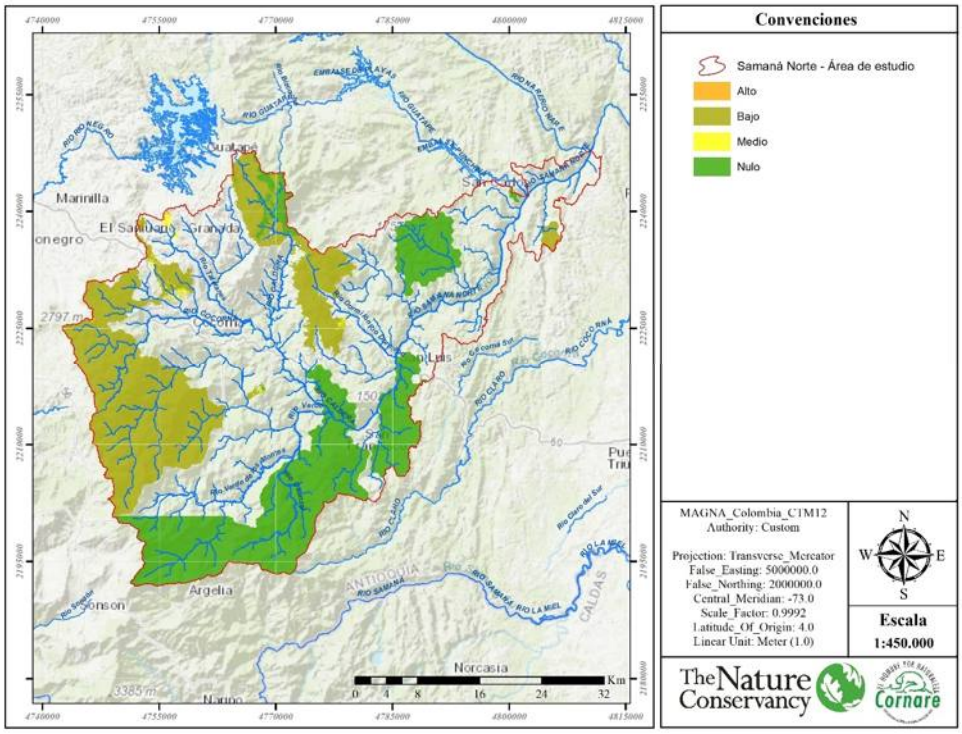
Subcuenca	IUA_seco	Calificación	Nivel presión	IACAL seco	Conflictos por uso del RH
Río Verde de los Montes	25.1	Alto	1.8	Moderada	Conflicto Alto
Río Caunzal	11.1	Moderado	1.4	Baja	Conflicto Medio
Río Santo Domingo	2.3	Bajo	1.2	Baja	Conflicto Bajo
Río Melcocho	9.2	Bajo	2.2	Moderada	Conflicto Bajo
Qda. Quebradona	9.2	Bajo	2.2	Moderada	Conflicto Bajo
Afl. dir. R. Verde (Qda. San Juan)	9.2	Bajo	1.8	Moderada	Conflicto Bajo
Qda. El Biadal	313.1	Muy Alto	2.0	Moderada	Conflicto Alto
Río San Lorenzo	426.2	Muy Alto	1.6	Moderada	Conflicto Alto
Qda. La Chorrera	213.2	Muy Alto	3.0	Media Alta	Conflicto Alto
Río Tafetanes	792.7	Muy Alto	3.2	Media Alta	Conflicto Alto
Rio San Matías	606.5	Muy Alto	3.4	Media Alta	Conflicto Alto
Afl. dir. R. Cocorná (Qda. La Trinidad)	291.3	Muy Alto	3.0	Media Alta	Conflicto Alto
Río Caldera	296.8	Muy Alto	3.0	Media Alta	Conflicto Alto
Río Caldera (Qda. Brillo Honda)	113.4	Muy Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Río Chumurro	3.8	Bajo	1.8	Moderada	Conflicto Bajo
Afl. dir. R. Chumurro (Qda. Angelópolis)	105.6	Muy Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Qda. La Tebaida	100.6	Muy Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Río Dormilón	481.5	Muy Alto	3.2	Media Alta	Conflicto Alto
Río San Miguel	2.7	Bajo	1.2	Baja	Conflicto Bajo
Afl. dir. R. Samaná (Río San Miguel)	106.8	Muy Alto	2.4	Moderada	Conflicto Alto
Qda. La Miranda	97.5	Muy Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Qda. Quebradona	92.3	Muy Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Qda. Peñol Grande	90.3	Muy Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Qda. La Arabia	27.3	Alto	1.8	Moderada	Conflicto Alto
Afl. dir. R. Samaná (Qda. El Bagre)	27.3	Alto	1.8	Moderada	Conflicto Alto

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017g)

8.3.3.3 Conflictos por pérdida de ecosistemas estratégicos

De acuerdo con el POMCA de la Cuenca del río Samaná Norte (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017g), en la se presenta el análisis del conflicto de pérdida de ecosistemas estratégicos de acuerdo con base en los resultados de IVR, TCCN, IF e IAC calculados para las 87944,2 hectáreas identificadas en la cuenca que pertenecen a los ecosistemas estratégicos.

Figura 170. Conflicto por pérdida de coberturas en áreas y ecosistemas estratégicos en la Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017g)

En la cuenca no se encontraron áreas en conflicto muy alto que requieran acciones de rehabilitación, 46,6 Ha (0,1%) en conflicto alto requieren acciones de restauración ecológica de las coberturas naturales orientada a la conectividad estructural y funcional y el restablecimiento ecosistémico. Se encuentran 649,2Ha (0,7%) en conflicto medio y 46630,9 Ha (49,6%) en conflicto bajo, las cuales determinan la necesidad de establecer condicionamientos al uso y zonas resultantes en la zonificación.

El conflicto alto tiene lugar en la parte alta de la cuenca, en pequeñas áreas en los municipios de Granada, Santuario y Carmen de Viboral, principalmente en el DRMI Viao Guayabal y sobre predios adquiridos con fines de protección y conservación, como La Selva, El Cabezón, Las Palmas, y en el DRMI Los Cedros, predio El Oasis.

Finalmente, en las áreas y ecosistemas estratégicos predominantes con conflicto medio (0,7%) y bajo (49,6%), se recomienda adelantar el uso sugerido por la zonificación del POMCA, con condicionamientos de uso que se orienten al empleo de especies nativas, la protección de las coberturas naturales, y el fomento de la conectividad entre las mismas. También es importante resaltar las 43617,6 Ha (49,6%) sin conflicto, que corresponden principalmente a áreas prioritarias de conservación de los bosques húmedos del sistema kárstico del suroriente antioqueño, áreas en la zona A de la RFN Central, RFPR El Tigre – La Osa, entre otras.

8.4 Cuenca del río Samaná Sur

8.4.1 *Caracterización biofísica*

8.4.1.1 Geología

Para este proyecto es importante tener en cuenta la geología superficial propuesta en el POMCA de la cuenca (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i), por ende se presenta en la Figura 171 el mapa de unidades geológicas superficiales de la cuenca las cuales corresponden a:

Srri Suelos residuales derivados de rocas intrusivas.

Srre Suelos residuales derivados de rocas extrusivas

Srrg Suelos residuales derivados de neises.

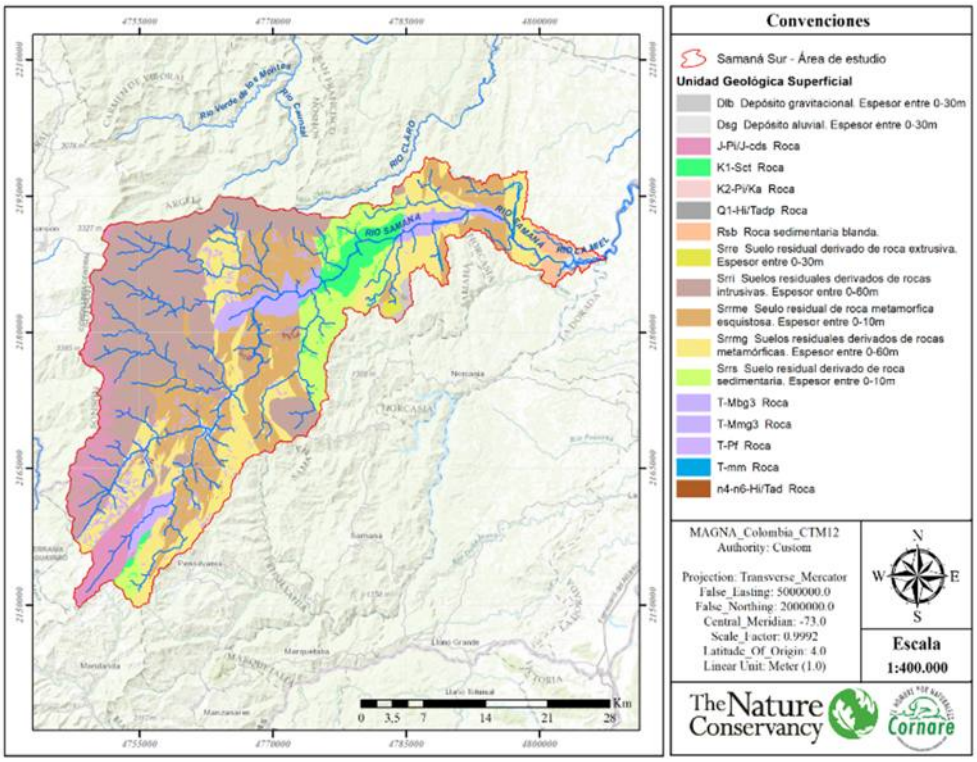
Srre. Suelos residuales derivados de esquistos.

Srrm. Suelos residuales derivados de rocas metamórficas masivas

Dsg. Depósitos aluviales, arena y grava.

Depósitos gravitacionales limos, cantos y bloques.

Figura 171. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales



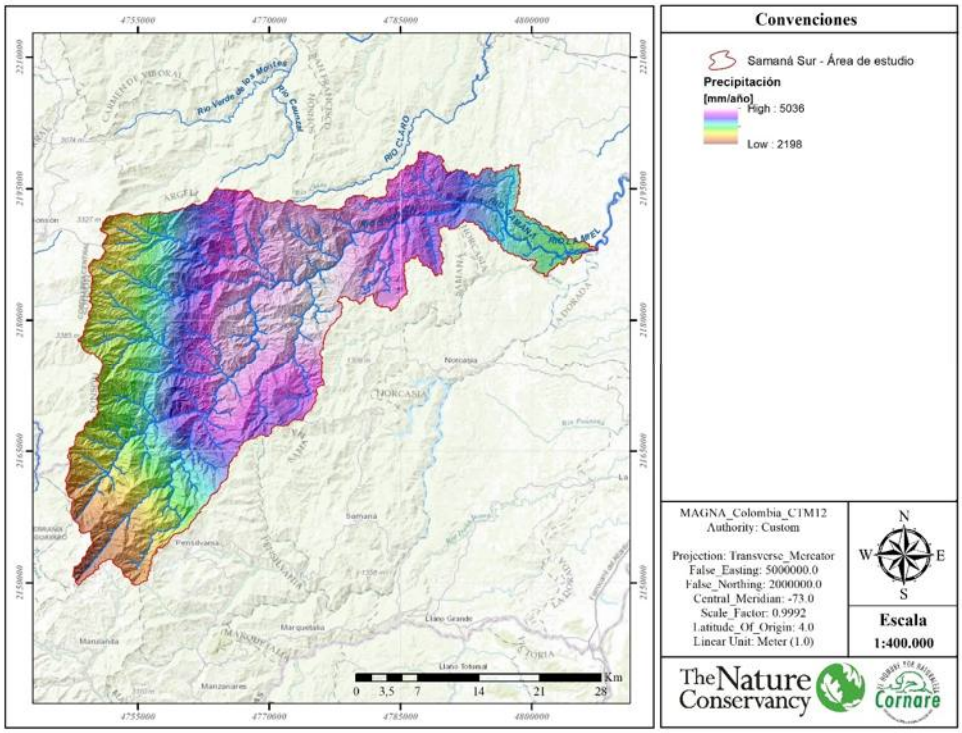
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

Las unidades geológicas superficiales son el resultado de la relativa homogeneidad de las características y propiedades geomecánicas e hidráulicas de las rocas expuestas a procesos de meteorización y erosión. El perfil general de meteorización comprende en orden descendente; un horizonte edáfico, un horizonte de suelo residual de carácter predominantemente limoso de un espesor variable entre 1 y 4m, un horizonte de saprolito de decenas de metros de espesor donde predominan arenas limosas y se conservan las diaclasas.

8.4.1.2 Hidroclimatología

La precipitación media anual para la cuenca se presenta en la Figura 172. Se puede observar que la precipitación oscila entre los 5036-2198 mm/año. En los extremos de la cuenca (tanto en la zona Oeste de mayor relieve como en la zona de la desembocadura), se dan los menores valores de precipitación, oscilando entre los 2198 y 2400 mm en promedio al año. En la parte media de la cuenca, el gradiente de precipitación va aumentado hasta alcanzar valores máximos. Finalmente, se estima que la precipitación media en la cuenca del río Samaná Norte es de 4054 mm/año.

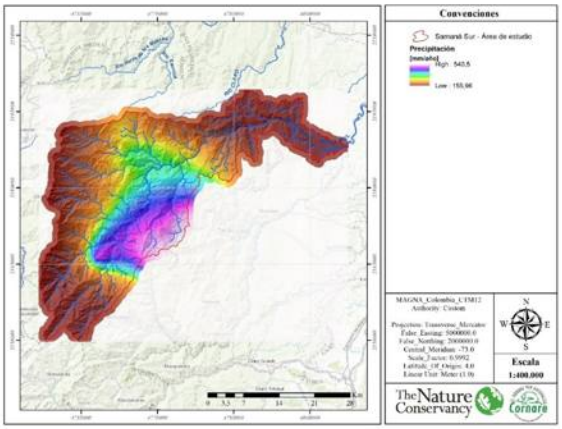
Figura 172. Precipitación media anual en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

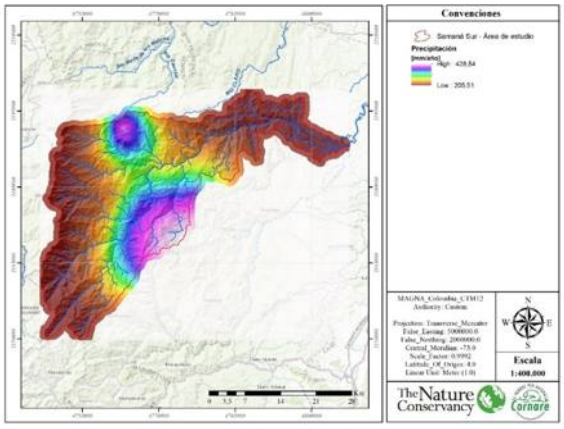
En la cuenca del río Samaná Sur, la menor precipitación tiene lugar durante los meses de enero y febrero. La precipitación va aumentando a lo largo del mes de marzo hasta producirse un primer máximo en el mes de abril. A lo largo de los meses de junio y julio comienza nuevamente a disminuir la precipitación y finalmente, ésta comienza a aumentar en los meses siguientes hasta alcanzar un segundo máximo durante el mes de octubre.

Figura 173. Precipitación de enero en la cuenca



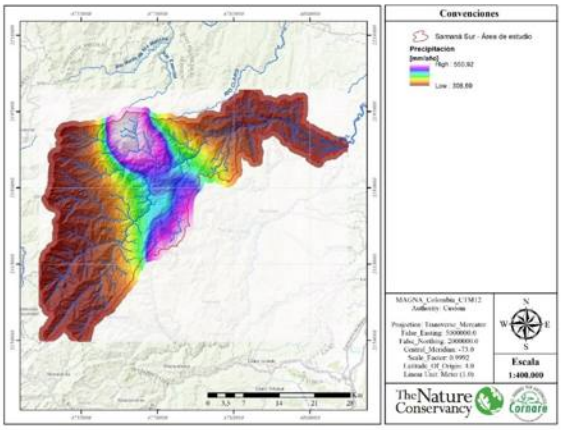
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 174. Precipitación de febrero en la cuenca



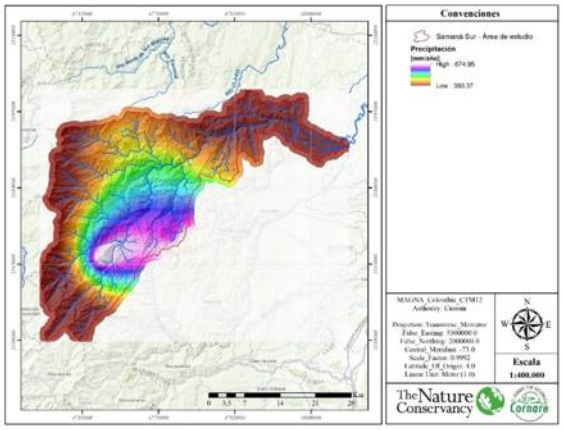
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 175. Precipitación de marzo en la cuenca



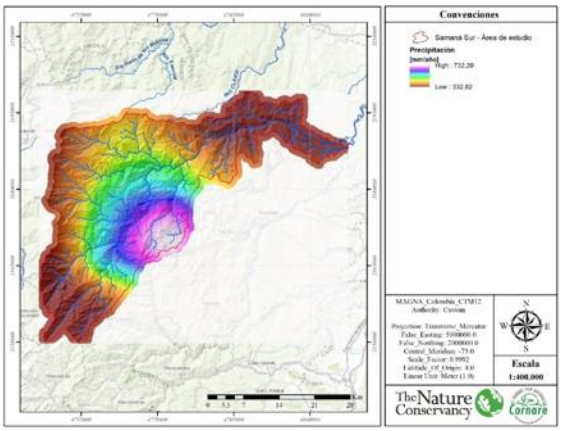
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 176. Precipitación de abril en la cuenca



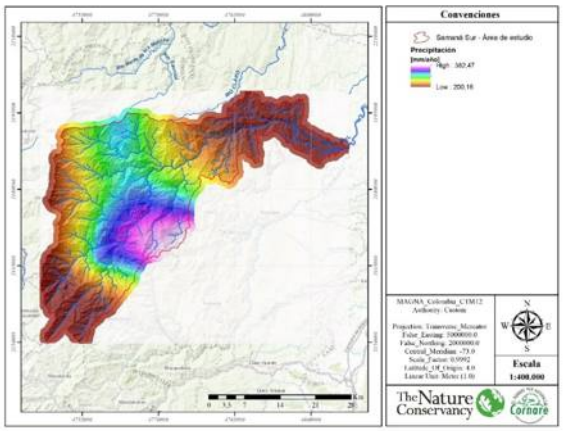
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 177. Precipitación de mayo en la cuenca



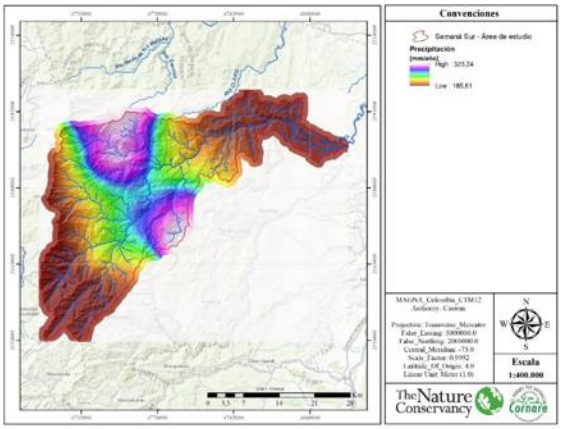
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 178. Precipitación de junio en la cuenca



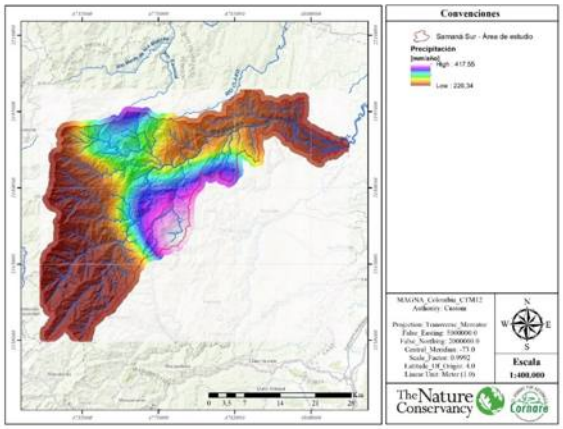
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 179. Precipitación de julio en la cuenca



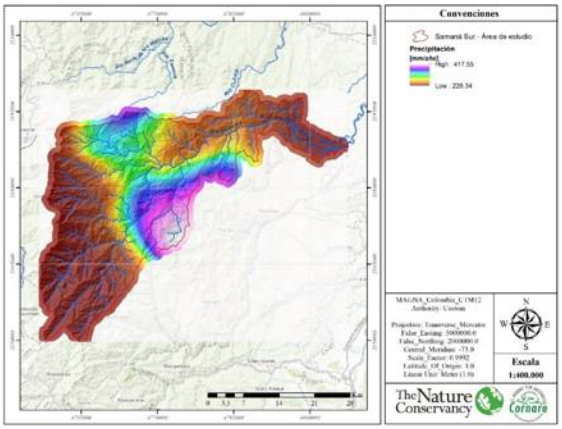
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 180. Precipitación de agosto en la cuenca



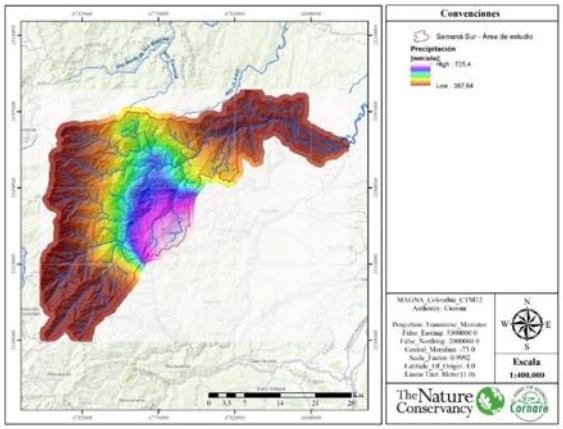
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 181. Precipitación de septiembre en la cuenca



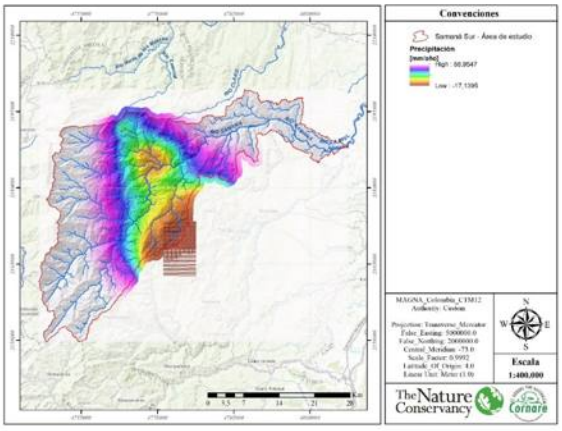
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 182. Precipitación de octubre en la cuenca



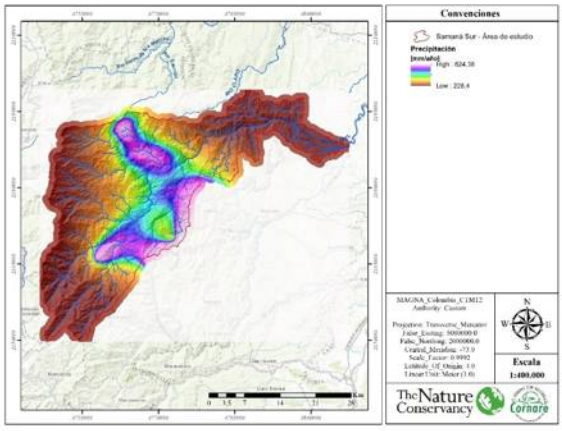
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 183. Precipitación de noviembre en la cuenca



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 184. Precipitación de diciembre en la cuenca

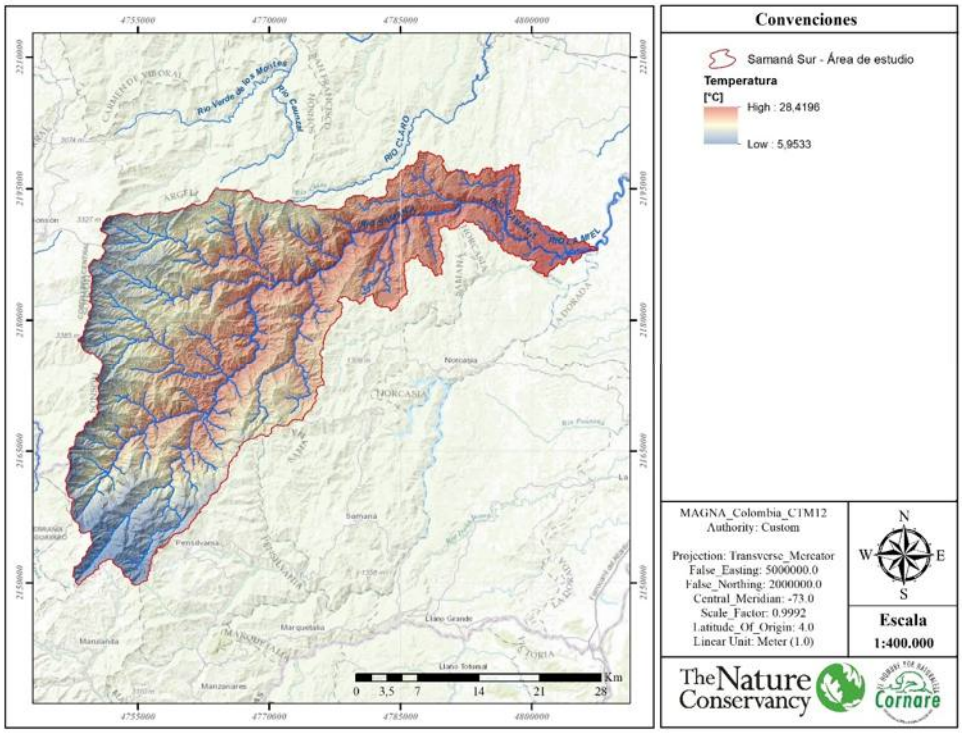


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

El campo de temperatura media anual se presenta en la Figura 185, se determinó que la temperatura en la cuenca oscila entre los 28,4-5,9°C con un valor promedio de 20,6°C y una desviación estándar de 4,6°C.

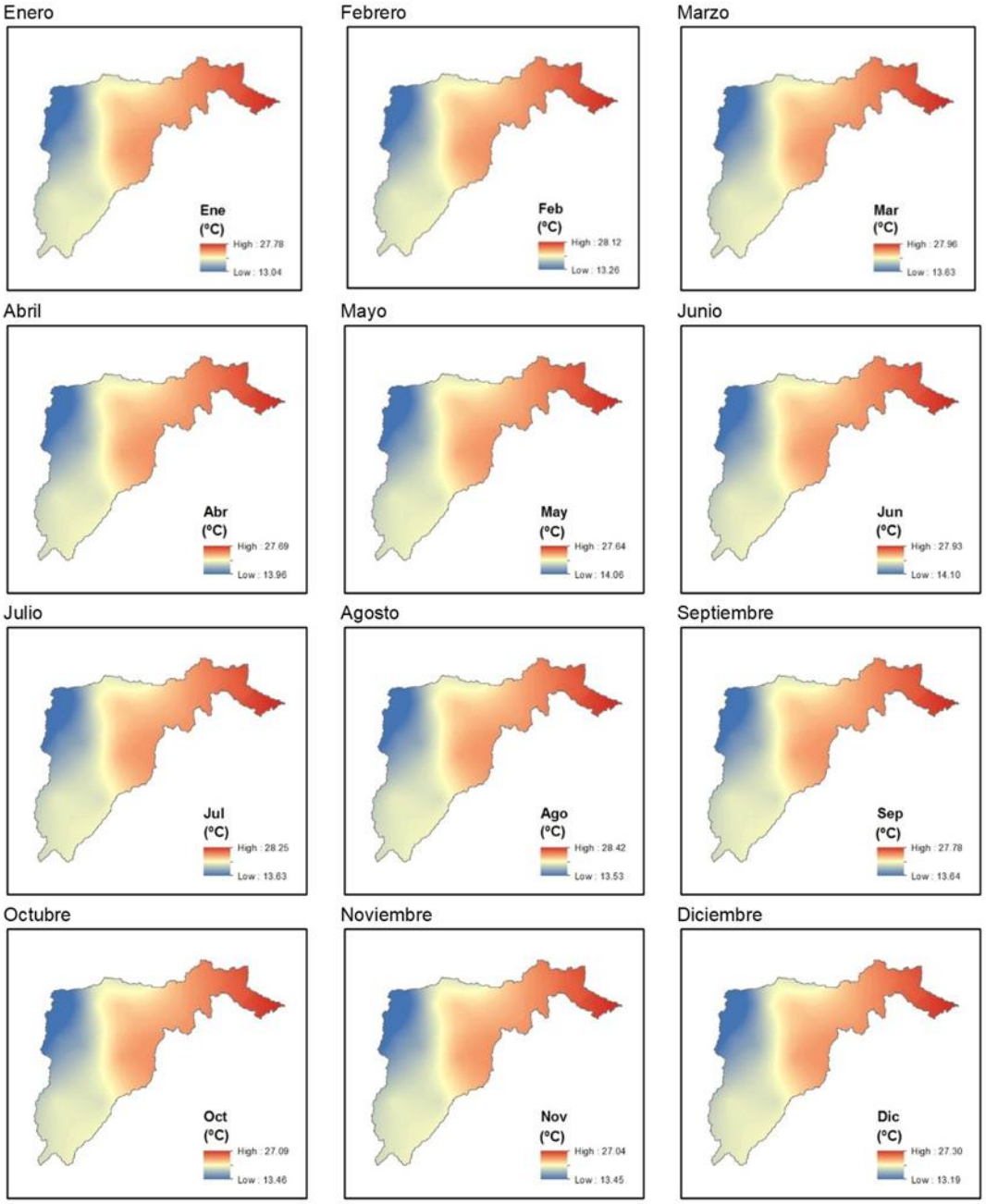
Figura 185. Temperatura media anual en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

A nivel mensual se puede observar que el campo de temperaturas presenta un gradiente negativo en dirección oeste-este que se mantiene casi constante a lo largo del año. Las temperaturas máximas se alcanzan en el mes de junio y las menores en el mes de enero.

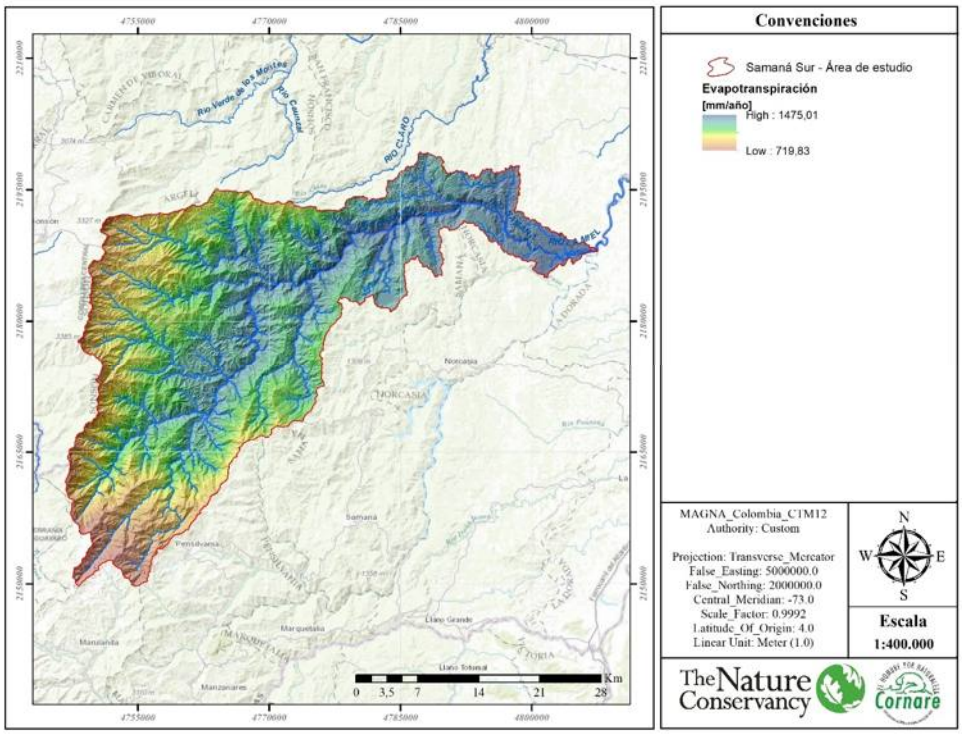
Figura 186. Temperatura media anual



Fuente: Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2016)

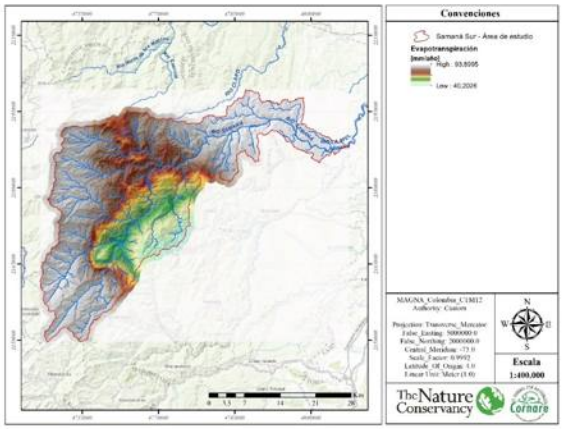
Por otra parte, en la Figura 187 se presenta el campo de evapotranspiración real (ETR) estimado para la cuenca, se determinó que la ETR en la cuenca oscila entre los 1475-720 mm/año con un valor promedio de 1184 y una desviación estándar de 168 mm/año.

Figura 187. Evapotranspiración real media anual en la cuenca del río Samaná Sur



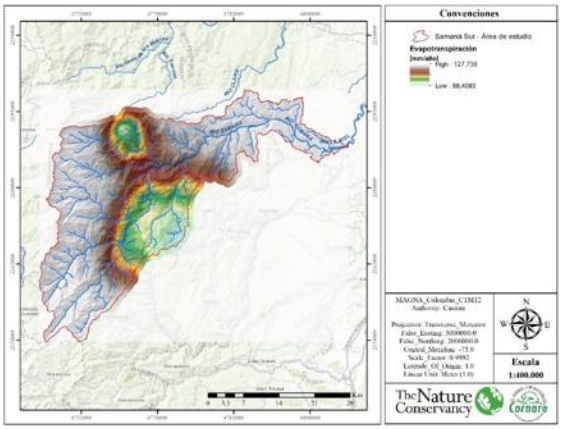
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 188. Evapotranspiración real de enero



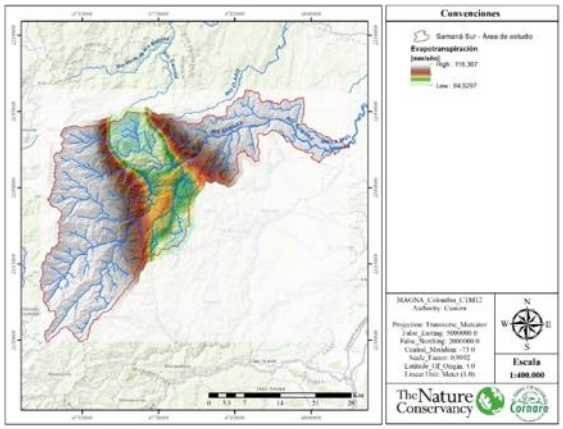
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 189. Evapotranspiración real de febrero



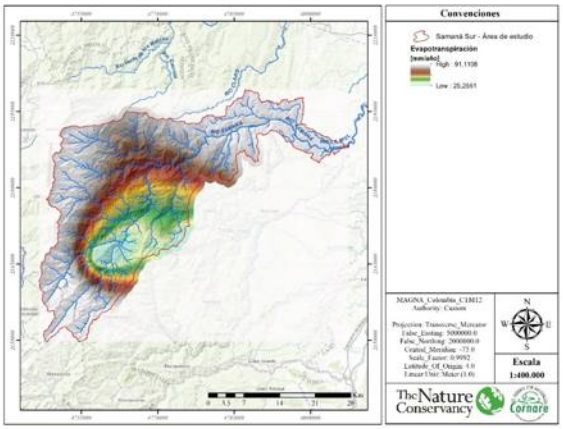
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 190. Evapotranspiración real de marzo



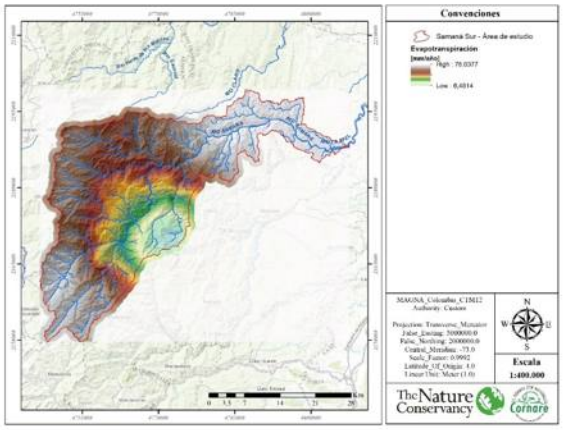
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 191. Evapotranspiración real de abril



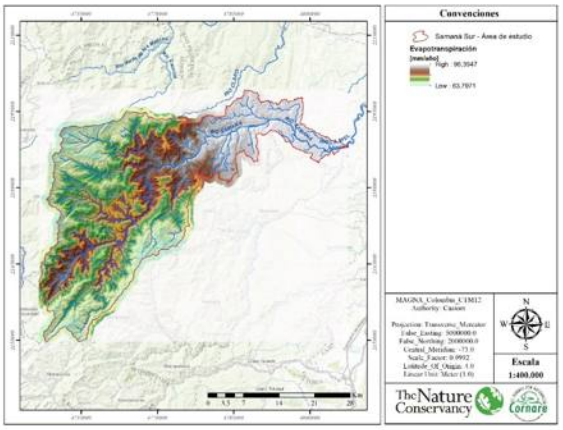
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 192. Evapotranspiración real de mayo



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

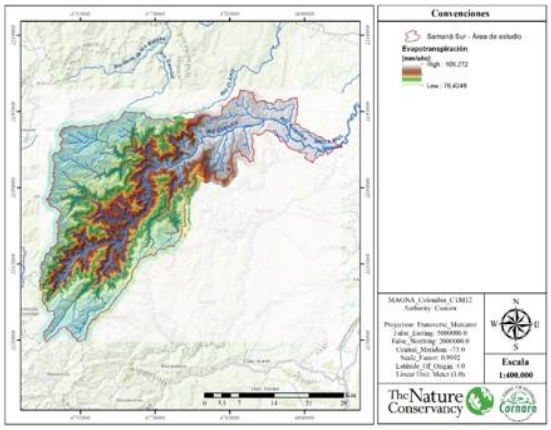
Figura 193. Evapotranspiración real de junio



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

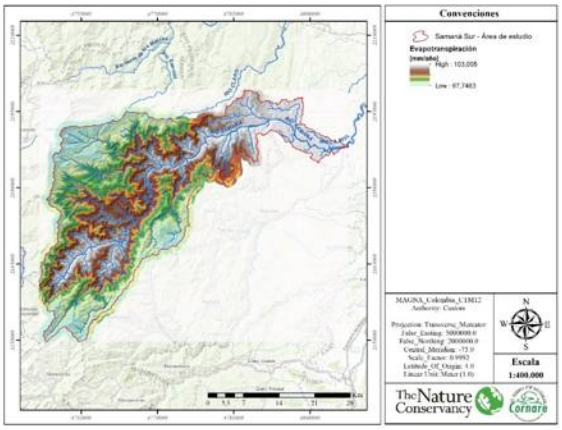
Figura 194. Evapotranspiración real de julio

Figura 195. Evapotranspiración real de agosto



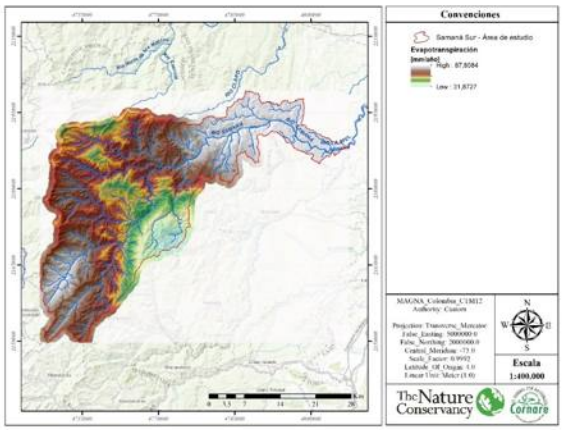
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 196. Evapotranspiración real de septiembre



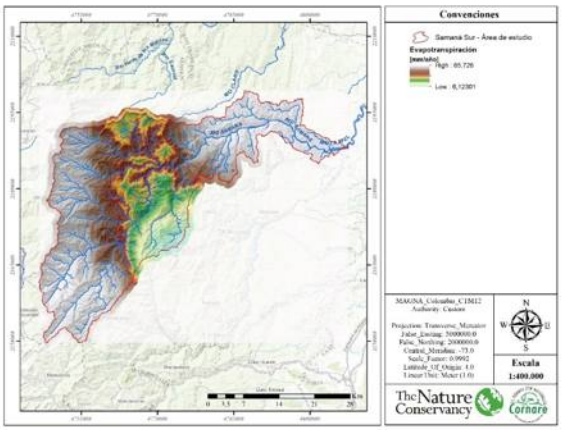
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 197. Evapotranspiración real de octubre



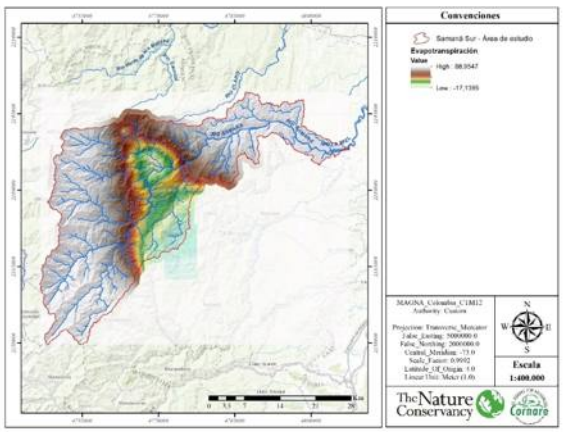
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 198. Evapotranspiración real de noviembre

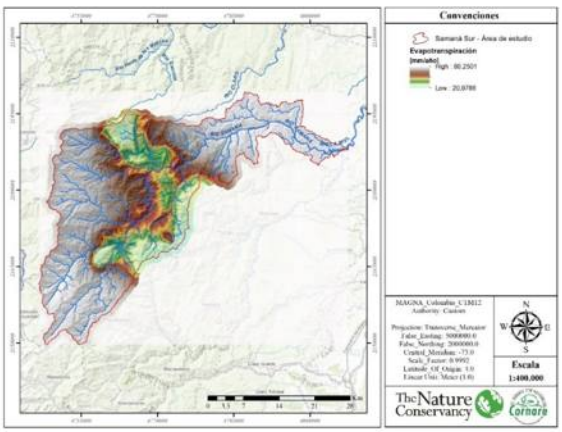


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 199. Evapotranspiración real de diciembre



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

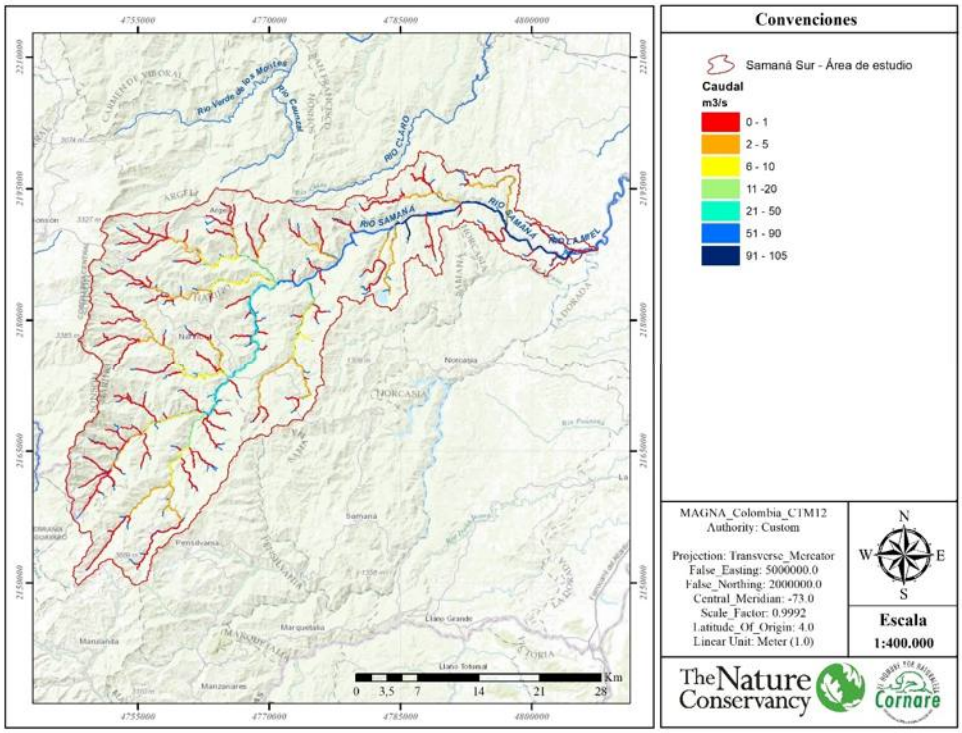


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- *Caudal de largo plazo*

En la Figura 200 se presenta el mapa de caudal medio de largo plazo para la cuenca del río Samaná Norte. En la cuenca se presenta caudales altos debido al alto rendimiento hídrico de la región explicado por la alta pluviosidad que se presenta.

Figura 200. Caudal medio de largo plazo en la Cuenca del río Samaná Sur

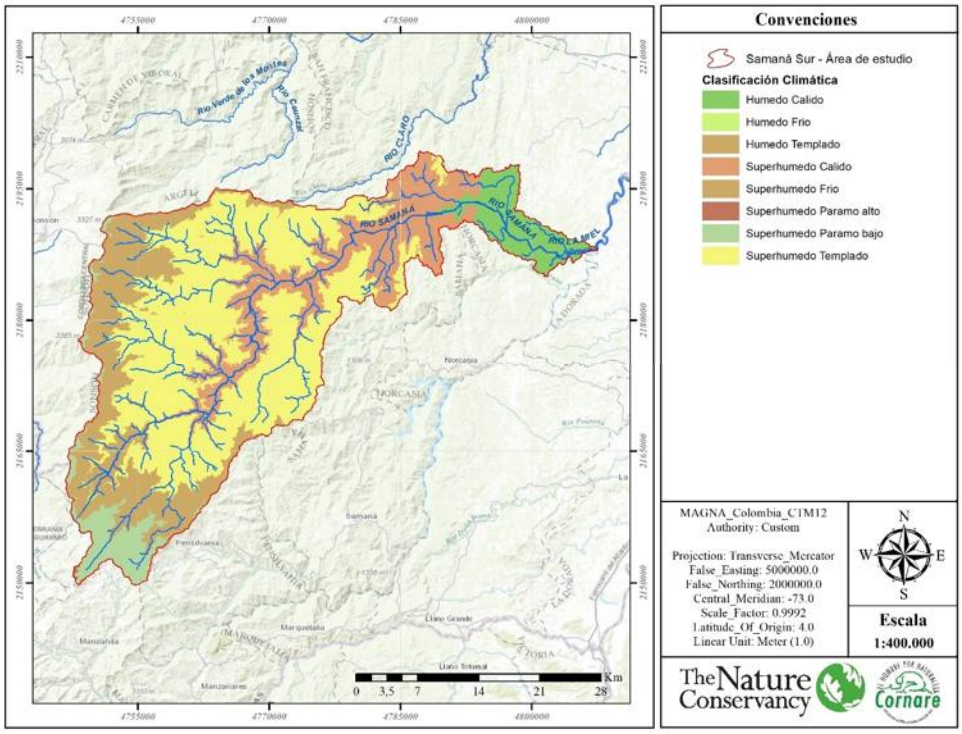


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- *Clasificación climática de Caldas Lang*

La clasificación de Caldas Lang en la cuenca del Río Samaná Sur se presenta en la Figura 201 donde puede en la parte baja de la cuenca se da una un clima húmedo cálido, en la parte media de la cuenca se presenta un clima cálido superhúmedo y templado superhúmedo y en la parte alta de la cuenca se presenta un clima frio superhúmedo, húmedo templado y paramo bajo supehúmedo.

Figura 201. Clasificación climática de Caldas Lang



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

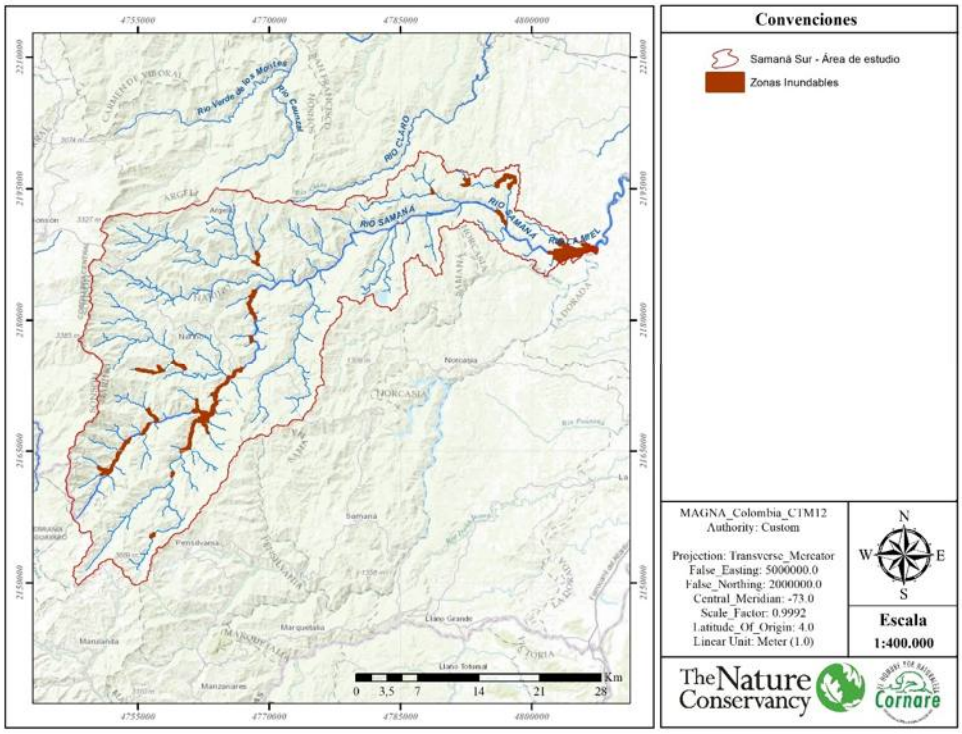
8.4.1.3 Geomorfología

Para la cuenca del río Samaná Sur, y teniendo en cuenta las necesidad particular del proyecto, igualmente se realiza un proceso de verificación y contraste de las unidades geomorfológicas de origen aluvial obtenidas por el POMCA por las diferentes metodologías, a partir de un proceso de fotointerpretación y análisis de sensores remotos, usando la información básica disponible como análisis de sensores remotos y fotografías aéreas, mapas topográficos, mapa de pendientes y un modelo de elevación digital (MED).

Dentro de la elaboración de este proceso, igualmente, se realiza la evaluación de la información geológica de las diferentes unidades litológicas, respecto a su ambiente de formación, composición litológica, expresión morfológica y los elementos estructurales, con el fin de definir la relación con las unidades geomorfológicas a cartografiar.

A partir del análisis, igualmente se define que la información obtenida en el POMCA (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i) con respecto a superficies inundables, no es congruente, en ciertos sectores, con las condiciones particulares de la Cuenca, por lo que es necesario llevar a cabo un ajuste en este tema, siguiendo la misma metodología empleada para la cuenca norte.

Figura 202. Delimitación de planicies inundables en la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

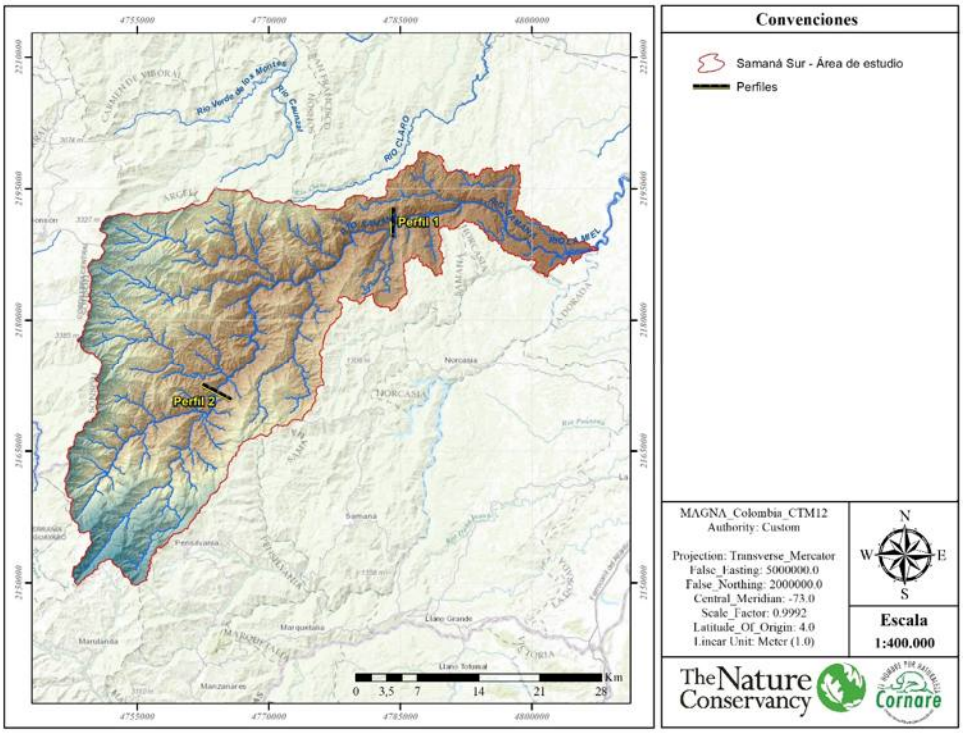
Particularmente, para la cuenca del Río Samaná Sur, las condiciones geomorfológicas corresponden principalmente a un sistema de montaña típico de la Cordillera Central, donde predominan principalmente unidades de tipo denudacional, que generan vertientes sobre suelo residual, además de cañones y superficies de erosión, de laderas largas y aspecto recto e irregular, que generan valles principalmente en forma de “V”, de pendientes altas a escarpadas. Estás condiciones son predominantes en la mayor parte de la cuenca.

Foto 10. Características geomorfológicas de la parte alta de la cuenca Samaná sur a la altura de proyecto Palomas



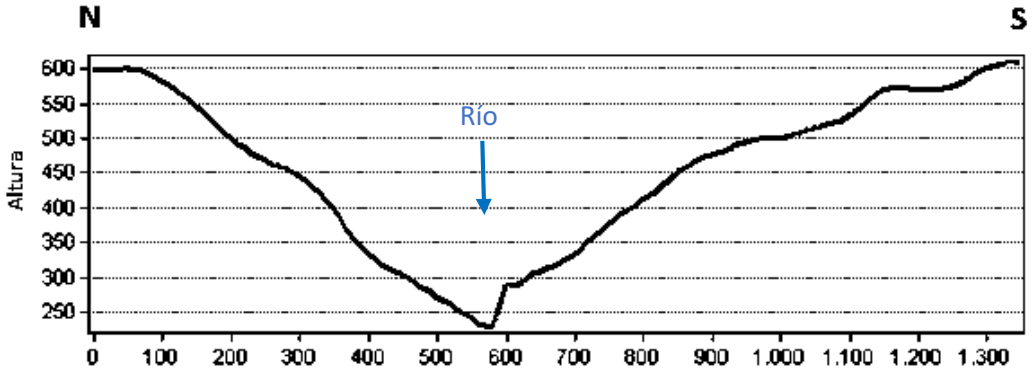
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 203. Perfil transversal del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 204. Perfil transversal del río Samaná, donde se observa un cañón bien definido, correspondiente a las condiciones típicas de la zona

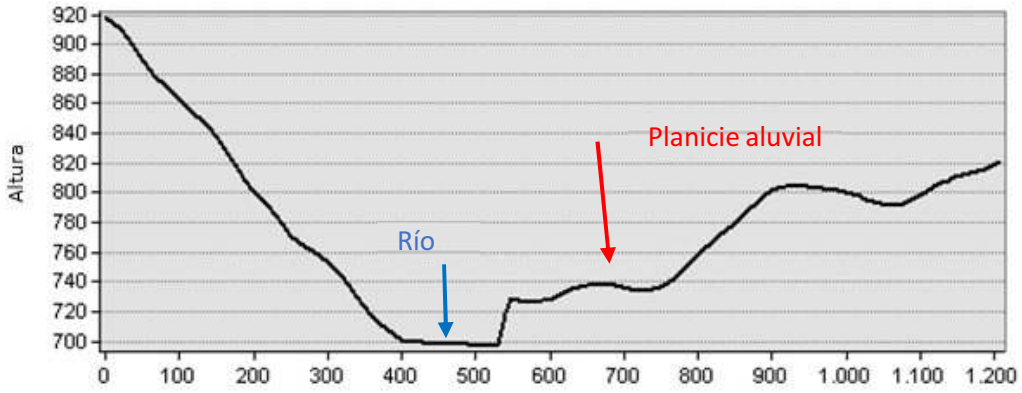


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Localmente, y a una escala más detallada, se identifica que para esta cuenca la representación de planicies inundables es un poco más representativa, identificándose principalmente sobre el cauce del río Samaná, donde se presentan planicies discontinuas localizadas de forma contigua a dichos drenajes correspondiente a superficies elongadas, de dimensiones variables, de pendiente inclinada a suave, modelada sobre sedimentos aluviales y aluvio - torrenciales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce del río o quebrada. Su origen

es relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial y aluvio - torrencial, dentro de antiguas llanuras de inundación y/o abanicos, tal y como se presenta en las siguientes figuras.

Figura 205. Perfil transversal del río Samaná donde se identifica una llanura aluvial localizada hacia la margen oriental



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

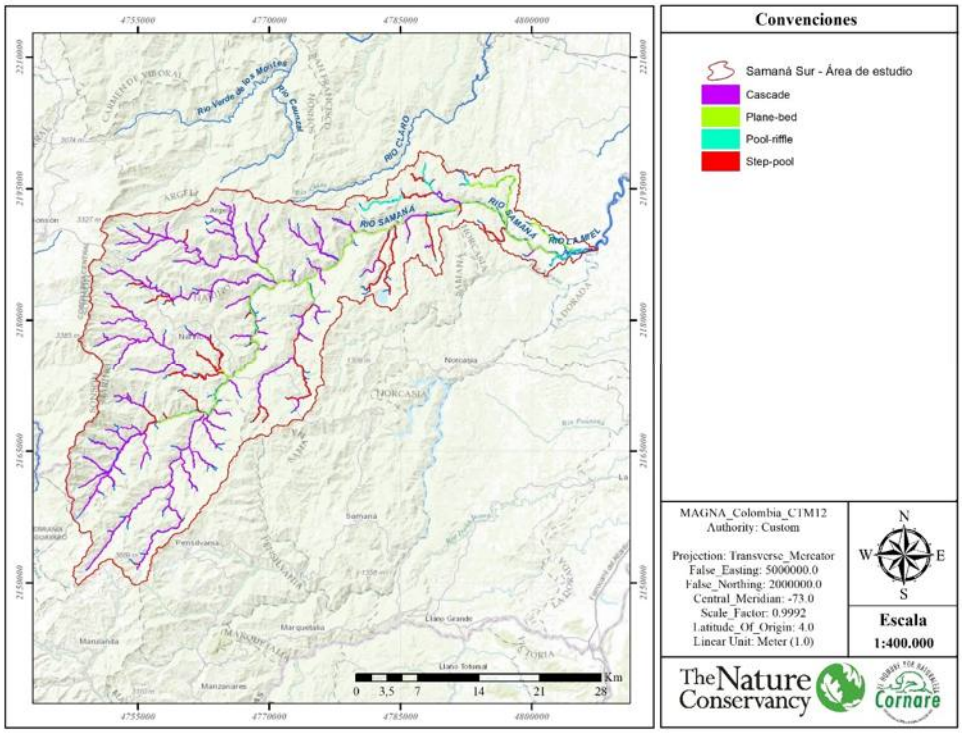
A lo largo de la cuenca, estas zonas se presentan de forma dispersa, exhibiendo una amplitud máxima de 40m. En los otros sectores la amplitud predominante es entre 100 y 150m. Estas zonas, como se expresó anteriormente, corresponden a llanuras de tipo aluvial, limitadas por vertientes predominantemente escarpadas, por lo que corresponden a planicies confinadas, y limitadas por las condiciones geológicas y topográficas de la zona.

Se destaca que hacia la parte baja de la cuenca en la confluencia dadas las condiciones geológicas y topográficas se favorece la conformación de una planicie aluvial continua y con una expresión más marcada, con evidencias de eventos de inundación recientes. Se destaca que en esta zona se observa un predominio de alteraciones por procesos de minería, lo que enmascara un poco las condiciones geomorfológicas locales.

8.4.1.4 Clasificación geomorfológica

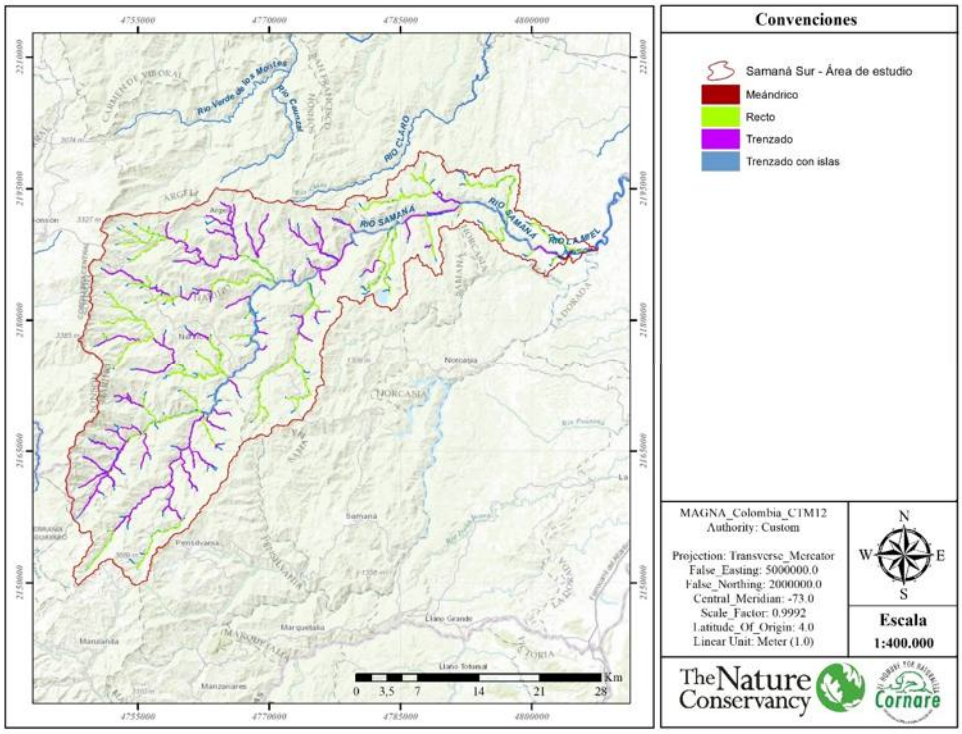
A partir de la clasificación de flores se determinó que 20,9 km (3,6%) de la red de drenaje corresponde a la clase Pozo Rápido, 104,0 km (17,9%) de la red de drenaje corresponde a la clase Lecho Plano, 107,8 km (18,5%) de la red de drenaje corresponde a la clase escalón Pozo y 349,1 km (60,0%) de la red de drenaje corresponde a la clase Cascada (ver Figura 206). Por otra parte, mediante la clasificación de Beechie se determinó que 270,1 km (46,4%) de la red de drenaje corresponde a la clase Recto, 2,7 km (0,5%) de la red de drenaje corresponde a la clase Meándrico, 53,9 km (9,3%) de la red de drenaje corresponde a la clase Trenzados con islas y 255,1 km (43,9%) de la red de drenaje corresponde a la clase Trenzados (ver Figura 207).

Figura 206. Clasificación geomorfológica de Flores



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 207. Clasificación geomorfológica de Beechie

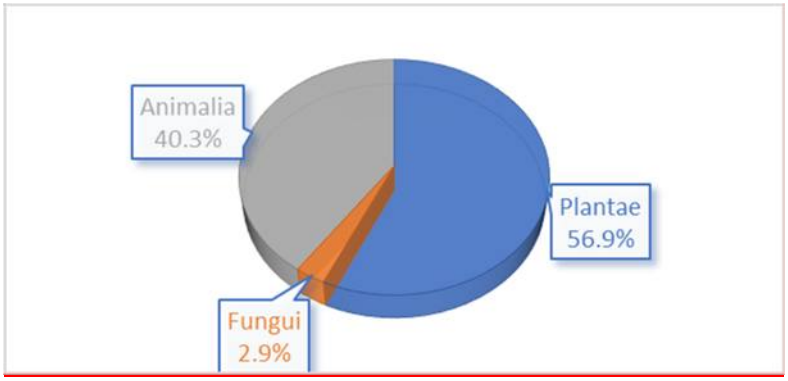


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

8.4.1.5 Biodiversidad

Colombia ocupa el segundo lugar en el top 10 de países más biodiversos después de Brasil con una riqueza aproximada de 58312 especies. Esta riqueza se divide en 34771 especies de plantas, 1758 especies de hongos y 24624 especies de animales (Figura 208), de los cuales hay 1302 especies amenazadas y 506 introducidas (*SiB Colombia*, 2021). La posición en el top 10 de países mega biodiversos a nivel mundial, se basa en la cantidad de registros realizados por las diferentes instituciones y el trabajo que viene realizando SiB Colombia recopilando esta información y presentando aproximaciones cada vez más precisas sobre el inventario, distribución y estado de conservación de la biodiversidad nacional, que además es de acceso libre para cualquier persona en la internet. Estos resultados indican que los departamentos de Antioquia y Caldas poseen una alta biodiversidad de Colombia, por encima de regiones mucho más conservadas como la Amazonia y la Orinoquía, esto no se debe solo a la cantidad de investigaciones y observaciones registradas, sino también a la ubicación en las regiones biogeográficas Andina y Caribe.

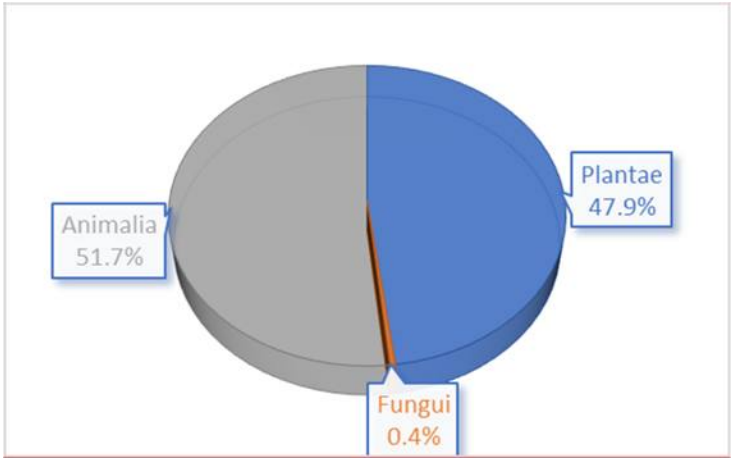
Figura 208. Proporción de la riqueza de especies de los reinos Plantae, Fungui y Animalia en Colombia



Fuente: Tomado del Sistema de información de la Biodiversidad de Colombia - *SiB Colombia* (2021)

En la recapitulación sobre el inventario y estado de la biodiversidad de la cuenca Samaná Sur se encuentran agrupadas las siguientes fuentes principales: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica – POMCA (Corpocaldas-Cornare, 2017), *Global Biodiversity Facility Information* (*GBIF.Org*, 2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* (IUCN, 2021). A continuación, se presenta la actualización del estado de amenaza de la flora asociada a los ecosistemas acuáticos que parte del listado generado por el POMCA en su fase de diagnóstico, y de la riqueza y estado de amenaza de las especies de fauna de la cuenca Samaná Sur. Estos resultados arrojan una biodiversa de 2357 especies, agrupadas en 1218 especies de plantas (3,2% a nivel nacional), 9 especies de hongos (0,51% a nivel nacional) y 1218 especies de animales (4,9% a nivel nacional) incluidas arañas, caracoles, cangrejos e insectos. Esta riqueza que agrupa varias fuentes de información, supera las 1374 reportadas por el POMCA y las 1473 especies agrupadas en GBIF (Figura 209).

Figura 209. Proporción de la riqueza de especies de los reinos Plantae, Fungui y Animalia en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Cornare & Corantioquia, 2017) y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

En sintonía con el ACUERDO Nº 388 de junio 6 de 2019 de CORNARE "Por medio del cual se declara, delimita y alindera, el Distrito Regional de Manejo Integrado Páramo de Vida Maitamá - Sonsón", es importante resaltar que para todo el sistema del Páramo de Sonsón, la presencia de especies compartidas con otros complejos, indica la importancia de estos ecosistemas estratégicos como corredores biológicos permitiendo que los procesos ecológicos y la continuidad biogeográfica puedan mantenerse a lo largo de las zonas altas del páramo, cobrando gran relevancia la conectividad y la protección de especies de flora como la Palma de Cera, el Roble, el Magnolio, el Caunce y el Frailejón, además de la importante oferta de servicios ecosistémicos que le aportan al territorio de Sonsón. Además, según el Grupo de Bosques y Biodiversidad Cornare (2018), en esta "área denominada Páramo de Vida Maitamá – Sonsón se encuentran relictos de bosques primarios y secundarios en estado de sucesión avanzada con predominancia de especies de las familias *Orchidaceae, Melastomatacea, Asteraceae, Bromeliaceae, Ericaceae, Rubiaceae* y *Poaceae,* destacándose de manera especial por su abundancia especies como *Juglans neotropica, Achillea millefolium* y *Poa annua* y por su dominancia *Ceroxylon quindiuense* las cuales *se* encuentran al interior bosques conservados y hace parte del dosel superior, cuyas poblaciones han sido reducidas debido a la explotación indiscriminada de su madera asociada al bosque altoandino y se ha reportado como árboles escasos, los cuales también presentan veda nacional, lo anterior sugiere que los relictos de bosques presentes en el área a declarar presentan un alta riqueza florística que se ha visto sometida a procesos de tala selectiva, además de especies de fauna endémicas y con algún grado de vulnerabilidad que determina que es una zona de alta importancia ecológica para la mitigación del cambio climático y la preservación de zonas únicas, por lo que se hace necesario encaminar esfuerzos a su conservación" (Cornare, 2019a).

En el ACUERDO Nro. 324 del 1 de julio de 2015 de CORNARE, por medio del cual se reglamenta la Reserva Forestal Protectora Regional Las Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, se destaca la existencia de coberturas boscosas, aproximadamente el 77% del área de esta reserva forestal, equivalente a 20.636 hectáreas, correspondientes a una matriz de bosques secundarios y primarios con intervenciones en bosques de tipo secundario. En estos bosques se encuentran especies de flora con algún grado de vulnerabilidad como son: las bromelias *Guzmaniadanielll L.B. Sm., Pitcairniabasincurva L.B. Sm. & Betancur, Pitcairniaveritidirecta L.B. Sm. & Betancur y Pitcairniafluvialis L.B. Sm. & Betancur*. Por parte de la familia de las Lauraceaes se encuentra la especie *Caryodaphnopsiscogolloi van der Werff*. De las Myristicaceae se reportó *CompsoneuraclaroensisJanovec& A.K. Neill*. Y de la familia Orchidaceae se destacan 3 especies: *Dracula cutis-bufonisLuer& R. Escobar, Draculanycterina (Rchb. f.) Luer* y *MasdevalliapescadoensisLuer& R. Escobar* (Cornare, 2015).

En el ACUERDO No. 395 de septiembre 26 de 2019 de CORNARE, que reglamentó el Distrito Regional de Manejo Integrado Bosques, Mármoles y Pantágoras, se hace alusión a que el área a declarar posee bosques basales húmedos asociados al complejo kárstico, los cuales son especiales ya que la vegetación y la fauna se ha adaptado a formaciones de suelos de calizas y mármoles; el alto grado de endemismo en la flora se debe a estas características. Algunas de estas especies de flora son el cabecenegro *(Astrocaryum triandrum),* el nazareno *(Peltogyne paniculata)* y el yumbe (*Caryodaphnopsis cogolloi*). Además, este corredor declarado tiene el 74,5 % en coberturas de bosques y áreas seminaturales, donde se ha conservado sus bosques y la biodiversidad (Cornare, 2019b).

Flora

En el caso del POMCA del río Samaná Sur, las familias más importantes por número de especies fueron Fabacese (24 especies), Melastomataceae (22) y Moraceae (18). En estos muestreos, se encontraron ocho especies amenazadas y cinco en veda, las cuales se consideran prioritarias para proyectos de conservación, tales como: *Billia rosea* (VU), *Cedrela odorata* (EN), *Cinchona pubescens* (CR), *Dendrobangia boliviana* (VU), *Dussia macroprophyllata* (CR), *Graffenrieda grandifolia* (EN), *Hieronyma cf. Antioquensis* (EN) y *Podocarpus oleifolius* (VU). Y las especies con veda son *Cyathea lindeniana, Cyathea pauciflora, Cyathea poeppigii* y *Podocarpus oleifolius* (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i).

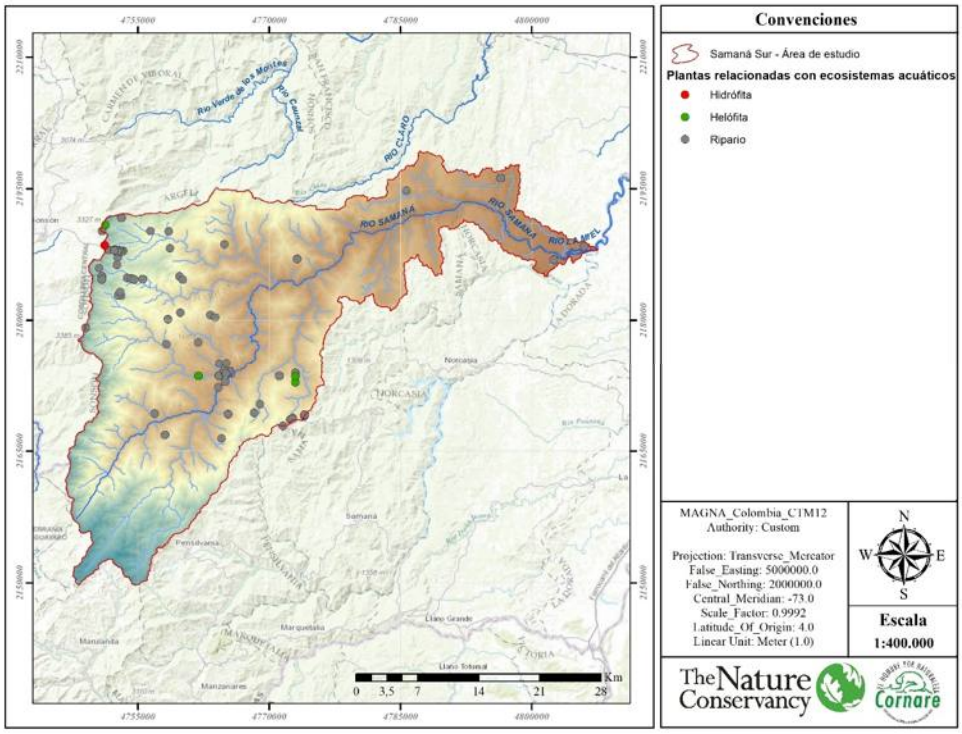
Por ejemplo, en la cuenca alta del río La Paloma la cobertura vegetal que predominaba era bosque abierto alto, destacándose a *Hedyosmum bonplandianum* como la especie de mayor peso ecológico, tanto por su abundancia como por su frecuencia; seguida por la especie del género *Cecropia*, y en dominancia, la especie más representativa fue Dictyocaryum lamarckianum.

Flora de ecosistemas acuáticos y asociada a rondas hídricas

La revisión realizada por el consorcio del POMCA halló un total de 136 plantas entre helófitas y riparias, de todas ellas, 20 son helófitas y 116 riparia (Corpocaldas-Cornare, 2017). Este listado fue la base para identificar la distribución de estas especies en la cuenca Samaná Sur con base en los reportes georreferenciados de GBIF. En total se encontró distribución para el 53,67% (73) especies de plantas, una especie hidrófita, cuatro especies de helófitas y 67 especies de riparias, las cuales aparecen en 190 registros distribuidos en 19 subcuencas NSS 2, de las 21 que conforman la cuenca Samaná Sur, siendo el río Claro con 26 especies y el río San Pedro con 19 especies los ecosistemas con mayor cantidad de especies reportadas (Figura 210 y Anexo - Fase II - 10 pestaña P1).

Las formas de vida más comunes fueron las plantas de zona riparia (93% de las especies) y seguidas de las helófitas (5,5% de las especies). Las especies de mayor distribución fueron *Bellucia pentamera* (6 registros en 5 subcuencas), *Miconia affinis* (7 registros en 4 subcuencas), *Cavendishia bracteata* (8 registros en 3 subcuencas), *Iresine diffusa* (6 registros en 3 subcuencas) y *Palicourea guianensis* (5 registros en 3 subcuencas), y las de menor distribución con un registro por subcuenca NSS2 fueron: 3 especies helófitas *Cyperus laxus, Juncus effusus, Ludwigia octovalvis*, una especie hidrófita *Hydrocotyle grossulariifolia,* y 26 especies riparias *Annona papilionella, Atrichum androgynum, Axinaea macrophylla, Baccharis latifolia, Casearia arborea, Centropogon cornutus, Cestrum strigillatum, Chromolaena laevigata, Clusia ducuoides, Clusia multiflora, Cochlospermum orinocense, Ficus máxima, Heliconia stricta, Heliocarpus americanus, Hibiscus furcellatus, Hymenaea courbaril, Monopyle macrocarpa, Munnozia hastifolia, Paullinia hispida, Phragmipedium longifolium, Pseudolmedia laevigata, Tapirira guianensis, Tonina fluviatilis, Urera baccifera, Vallea stipularis, Vismia baccifera*.

Figura 210. Distribución de los registros de especies de flora asociada a los ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Fauna

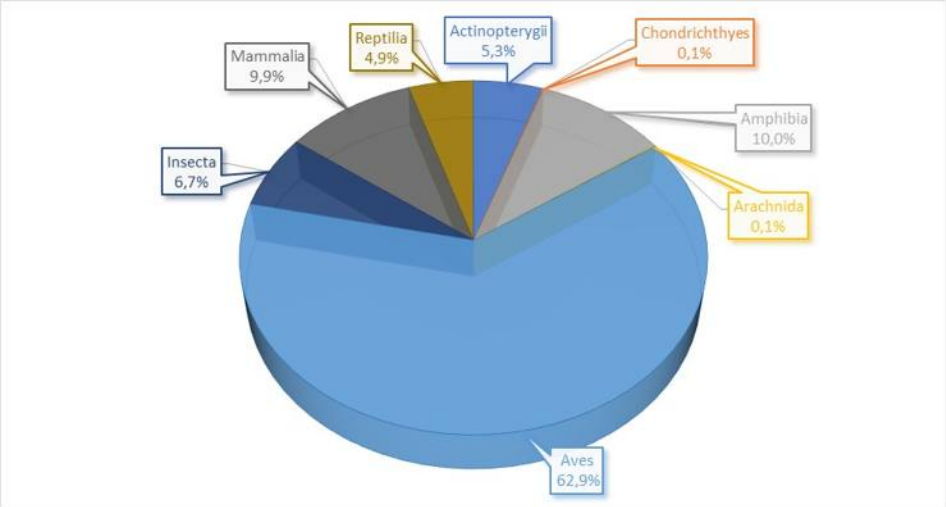
En el POMCA del río Samaná Sur se reportaron dentro de los grupos más reconocidos de mamíferos, grandes roedores como guaguas (Cuniculidae) y ñeque (Dasyproctidae), armadillos (Cingulata) y venados (Artyodactyla), que son utilizados como alimento, y algunos del orden Carnivora, ya que son depredadores de animales domésticos. Dentro de las aves se destacan los loros (Psittacidae) como el grupo más reconocido. Además, se registraron seis especies endémicas para Colombia, la musaraña *Cryptotis colombiana*, el mico tití (*Saguinus leucopus)* y cuatro roedores (*Rhipidomys caucensis, Thomasomys cinereiventer, Zigodontomys brunneus y Proechimys chrysaeolus).* Adicionalmente se encontraron ocho especies listadas a nivel global por la UICN como amenazadas, una en estatus de Casi Amenazada (*L. longicaudis*), cuatro en estatus Vulnerable (*L. tigrinus, A. lemurinus, T. pecari* y *D. branickii*), *S. leucopus* (EN) y la marimonda (*Ateles hybridus)* (CR). Para Colombia seis especies se encuentran categorizadas en riesgo de amenaza (MADS, 2014), cinco en riesgo vulnerable D. branickii, L. tigrinus, L. longicaudis, A. lemurinus, S. leucopus y una en riesgo Crítico (CR) *Ateles hybridus*.

Es importante mencionar la presencia del jaguar (*Panthera onca*) en algunos parajes del municipio de Sonsón, especialmente en el corregimiento de San Miguel, por parte de los pobladores. Esta es una especie considerada sombrilla (aquellas especies que cuentan con condiciones ecológicas especiales y que con base en estas se pueden tomar decisiones para la conservación de otras

especies y en especial para la protección de ecosistemas sensibles). Según la IUCN, la especie se encuentra en categoría casi amenazada (NT). Adicionalmente en el 2015 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible firmó un convenio con la Fundación Panthera (ONG internacional) para crear un corredor biológico para la especie, reiterando la importancia de conservar los bosques de la cuenca del Samaná Sur hacia la región del Magdalena Medio.

En definitiva, la síntesis de la información sobre la diversidad y estado de conservación de la fauna en la cuenca Samaná Sur, arrojó una riqueza total de 1217 especies de animales distribuida en los siguientes grupos: insectos (Insecta 82 especies), arañas (Arachnida 1 especies), peces (Actinopterygii 64 especies, Chondrichthyes 1 especie), anfibios (Amphibia 122 especies), reptiles (Reptilia 60 especies), aves (766 especies) y mamíferos (Mammalia 121 especies) (Figura 211 y Anexo - Fase II - 10 pestaña P2). Estos resultados comparados con el inventario de especies a nivel nacional representan el 0,69% de insectos, el 0,09% de arañas, el 14,36% de anfibios, el 8,07% de reptiles, el 38,31% de aves y el 23,2% de mamíferos (*SiB Colombia*, 2021). La proporción de los peces fue el 3,8% con relación a los de agua dulce de Colombia (DoNascimiento et al., 2020). Estas cifran no tienen en cuenta las especies introducidas a Colombia, ya sean en estado silvestre, cultivos o domésticos (Baptiste et al., 2020).

Figura 211. Proporción de la riqueza de especies para el reino animal en la cuenca Samaná Sur

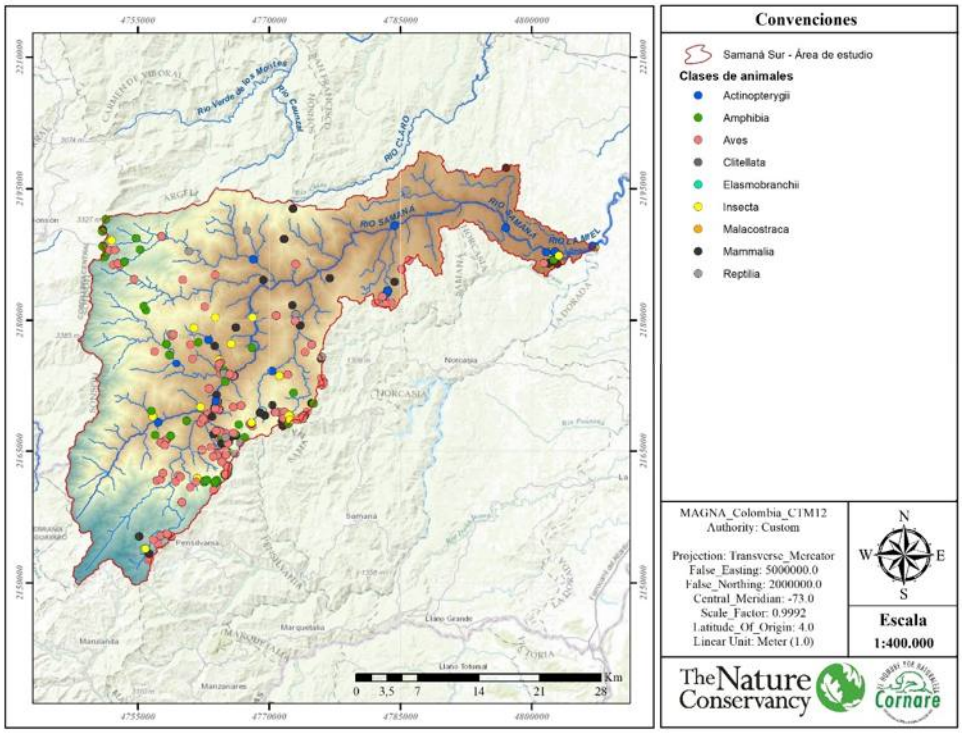


Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Corpocaldas-Cornare, 2017) y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Del total de especies reportadas, se definió distribución en la cuenca para 725 especies, lo que equivale al 59,5% del total de especies de animales para las cuales se encontraron reportes en la revisión de la información. La distribución de los 8322 registros de animales en las subcuencas NSS 2 del sistema hídrico Samaná Sur, presentó la mayor concentración de datos y especies en la cuenca Directos al Río Samaná Sur-19 con 3505 registros (42,1%) y 240 especies (33,1%), seguido de la cuenca Directos al Río Samaná Sur- 21 con 1258 registros (15,1%) y 229 especies (31,5%), el río Claro con 506 registros (6,08%) y 218 especies (30,07%), y Río San Lorenzo y Directos al Río Samaná Sur-05 con 465 registros (5,59%) y 150 especies (20,69%) (Figura 212 y Anexo - Fase II - 10 pestaña P3). Las especies *Rupornis magnirostris, Sporophila nigricollis, Tyrannus melancholicus* fueron las de

mayor distribución registrándose en 12 de las subcuencas, obteniéndose la mayor densidad de observaciones en Directos al Río Samaná Sur-19, mientras que 210 especies presentaron un solo registro para la toda la cueca. La mayoría de los registros proceden de Sonsón y Nariño en Antioquia y en el departamento de Caldas en los municipios de Pensilvania y Samaná. Estas diferencias en la distribución de registros y especies, se debe la cercanía de los lugares donde se realizan los inventarios con la autopista Medellín Bogotá y al acceso a sitios turísticos de naturaleza, y el parque natural nacional de Florencia siendo la observación de aves la actividad que más reportes realizó.

Figura 212. Distribución de los registros de especies animales en la cuenca Samaná Sur

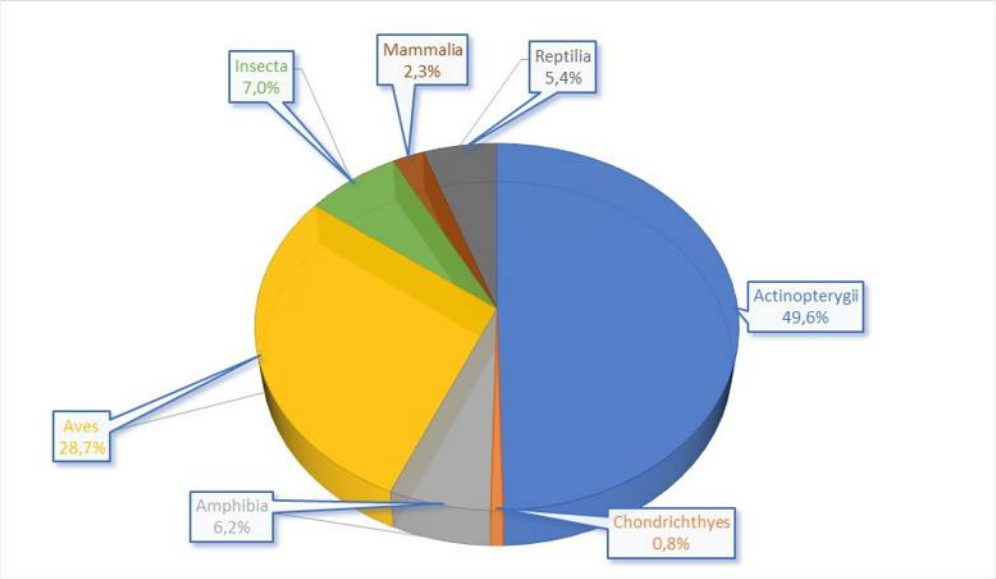


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Fauna asociada a ecosistemas acuáticos

Es importante aclarar que la mayoría de las especies tenemos una relación inseparable con el agua y el ciclo hidrológico, algunas como los peces dependen completamente de los ecosistemas acuáticos, mientras que hay otras como las aves que no todas dependen totalmente de los ecosistemas acuáticos. En el caso de la fauna asociada a estos ecosistemas, se identificaron partiendo de las especies presentadas en el trabajo liderado por el Instituto Alexander von Humboldt sobre áreas claves de conservación de biodiversidad dulceacuícola (C. Lasso, Córdoba, & Morales, 2017) y del listado de aves acuáticas de Colombia (Ruiz, 2021). La riqueza de especies fue de 129 especies de animales distribuida en los siguientes grupos: insectos (Insecta 9 especies), peces (Actinopterygii 64 especies, Chondrichthyes 1 especie), anfibios (Amphibia 8 especies), reptiles (Reptilia 7 especies), aves (37 especies) y mamíferos (Mammalia 3 especies) (Figura 213 y Anexo - Fase II - 10 pestaña P2)

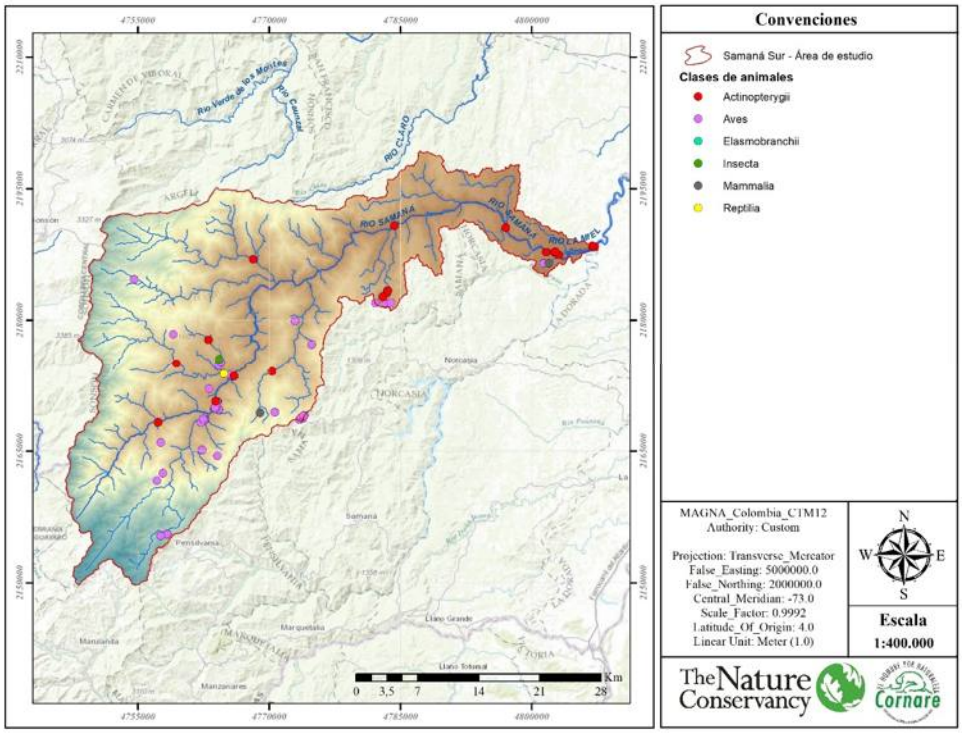
Figura 213. Proporción de la riqueza de especies de animales asociados a ecosistemas acuáticos de la cuenca Samaná Sur



Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Corpocaldas-Cornare, 2017) y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Se definió distribución para 102 especies de animales asociados a ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Sur, lo que equivale al 58,6% del total de especies que se relacionan con los ecosistemas acuáticos de la cuenca. Estas especies agrupan 443 registros de animales, los cuales presentaron mayor distribución en NSS2- Directos al Río Samaná Sur-19 con 143 registros (32,28%) y 14 especies (13,7%), seguido de la quebrada Mulatos y Directos al Río Samaná Sur-01 con 138 registros (31,15%) y 54 especies (52,94%), el Río San Lorenzo y Directos al Río Samaná Sur-05 con 35 registros (7,9%) y 23 especies (22,5%) y en la Quebrada Riachuello con 28 registros (6,32%) y 13 especies (12,75%) (Figura 214 y Anexo - Fase II - 10 pestaña P3). Los peces fueron el grupo con mayor distribución en los ecosistemas acuáticos encontrándose en 10 subcuencas NSS 2, lo cual se debe a los registros realizados por el Instituto Alexander von Humboldt y las Universidades de Antioquia, Católica de Oriente y Nacional de Colombia. Otros resultados muestran que 68 especies presentaron un solo registro (Anexo - Fase II - 10 pestaña P3).

Figura 214. Distribución de las especies de animales asociados a ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Composición y riqueza de peces

Para poder estimar la riqueza de especies de peces más acertadamente, fue necesario realizar la validación de la distribución de los reportes realizados para este grupo, usando literatura científica reciente como, "Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia" (C DoNascimiento et al., 2020), y "El catálogo de peces del mundo" (Fricke et al., 2020). De las 65 especies reportadas para la cuenca, se descartaron ocho especies de los géneros *Astyanax, Hemibrycon, Characidium, Parodon, Prochilodus, Andinoacara, Apteronotus, Pimelodella*, que no presentan distribución para la cuenca, lo cual se puede atribuir a errores en la identificación, a la falta de estudios en las especies de la región y a la falta de revisión y actualización de los contenidos en las colecciones Ictiológicas y bases de datos. Lugo de esta depuración, se encontraron 57 especies de peces agrupados en, 18 familias y seis órdenes taxonómicos (Anexo - Fase II - 10 pestaña P4). Las familias con mayor número de especies corresponden a Characidae (22,8%), seguido de Loricariidae (19,29%), Cichlidae (10,5%), Heptapteridae (8,77%), en conjunto representan el 61,4% de las especies registradas (Tabla 107). Los órdenes Siluriformes y Characiformes fueron los más representativos en cuanto al número de familias y especies, lo que concuerda con la tendencia general de la riqueza de estas especies de peces en los ecosistemas de la cuenca del Magdalena (Jiménez, 2016).

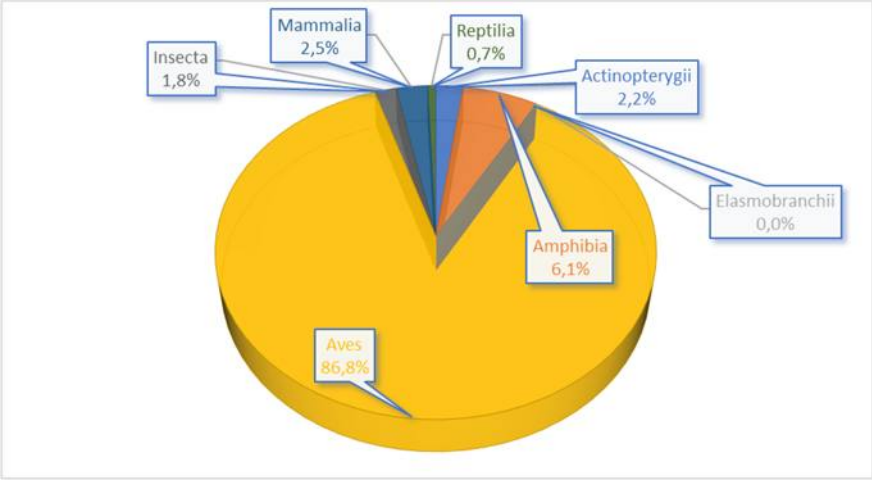
Tabla 107. Número y porcentaje de especies de peces según la familia taxonómica a la que pertenecen

Familia	Número de especies	Porcentaje de especies (%)	Familia	Número de especies	Porcentaje de especies (%)
Characidae	13	22807	Anostomidae	1	1754
Loricariidae	11	19298	Apteronotidae	1	1754
Cichlidae	6	10526	Cetopsidae	1	1754
Heptapteridae	5	8772	Curimatidae	1	1754
Aspredinidae	3	5263	Poeciliidae	1	1754
Astroblepidae	3	5263	Potamotrygonidae	1	1754
Bryconidae	3	5263	Prochilodontidae	1	1754
Pimelodidae	2	3509	Sternopygidae	1	1754
Trichomycteridae	2	3509	Triportheidae	1	1754

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Corpocaldas-Cornare (2017), *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y The Nature Conservancy (2021)

Del total de especies de peces registradas, se definió la distribución para 63 especies de peces para la cueca Samaná Sur, lo que equivale al 27,03% del total de especies que se reportan para la cuenca, estas especies agrupan 185 registros publicado por instituciones nacionales que son: la Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Católica de Oriente, Universidad de La Salle y el Instituto Alexander Von Humbold. Esta cantidad de registros es muy baja en comparación a los otros grupos de animales sin tener en cuenta las aves ya que aportan el 86,7% de los registros en las bases de datos, lo cual se atribuye a la actividad de avistamiento de aves como ciencia participativa. Los peces aportan el 2,2% del total de los registros, siendo un porcentaje menor que los publicados para anfibios (6,06%), y mamíferos (2,51%) (Figura 215).

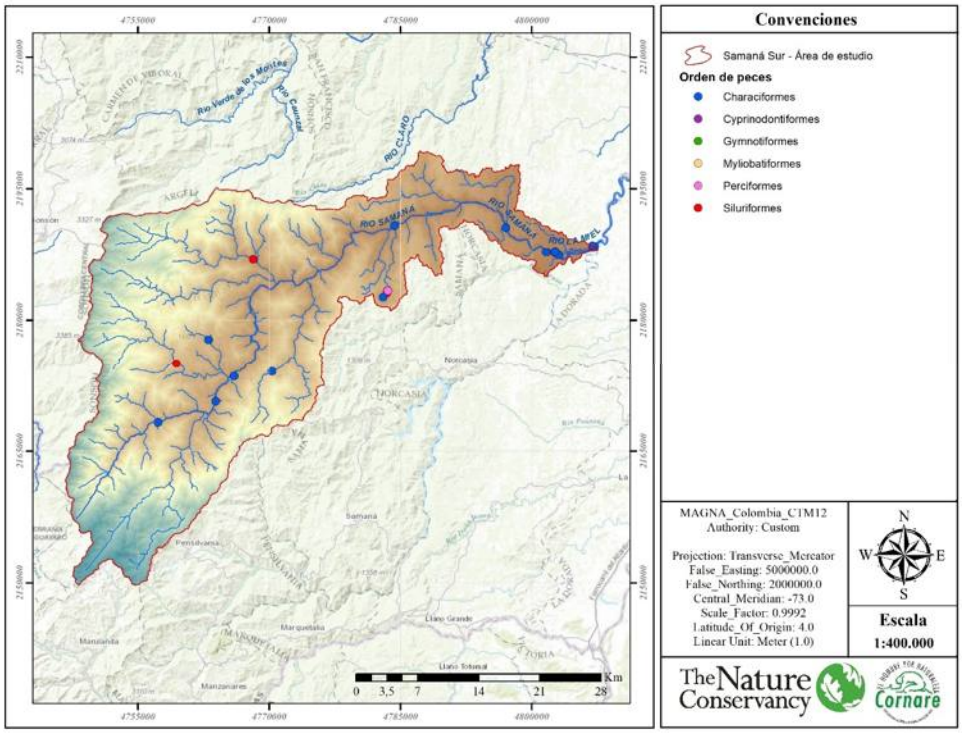
Figura 215. Proporción porcentual de los registros publicados en las bases de datos con georreferencias en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Corpocaldas-Cornare (2017),y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Las recolectas de fauna peces en la cuenca del Samaná Sur se han llevado a cabo desde 1988 por medio de la institución Universidad Nacional de Colombia registrando solo una especie *Astroblepus homodon.* Posterior a este año no se realizó registro si no hasta el 2005 gracias a los estudios realizados por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, La Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional de Colombia, quienes ampliaron registros y números de especies con distribución en la cuenca (de). En la Figura 216se puede observar la distribución de las especies registradas según su orden taxonómico, donde las especies pertenecientes al orden Siluriformes, son los que mayor área de distribución presentan en la cuenca, seguido de los Characiformes (Figura 216).

Figura 216. Distribución de las especies peces en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

En la cuenca Samaná Sur se pueden encontrar cerca del 17% de las especies endémicas reportadas con distribución en la cuenca del río Magdalena – Cauca (233 especies, 158 endémicas) (C. García et al., 2020). Indicativo que en esta cuenca del Samaná Sur es de gran importancia para generar estrategias de conservación en el Magdalena medio, ya que las especies que se distribuyen en esta cuenca tienen características biológicas únicas para llevar a cabo su historia natural de vida, las cuales se encuentran en hábitats muy específicos, y con su protección se preservarían todos los servicios ecosistémicos que generan los peces en la región del oriente de Antioquia, que cada vez son más amenazados por las actividades económicas (Valderrama et al., 2020).

8.4.1.6 Uso del suelo actual, tendencias y de desarrollo futuro del uso del suelo

Para esta cuenca, el insumo más importante fue el mapa de coberturas terrestres del POMCA del Samaná Sur que permitió conocer como estaba el uso del suelo para esta cuenca entre los años 2016 y 2017 (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017j). De acuerdo con la Tabla 108, en el nivel II de la clasificación de Corine Land Cover, la cobertura dominante son los bosques con presencia en un 48.09% de la cuenca, seguido por los pastos en un 30.57%. Además, las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva tienen una representación del 13.31% que corresponden por lo general a zonas que no tienen uso aparente por parte de los habitantes, tierras sin oficio que alguna vez fueron usadas para cultivos o pastoreo, pero que dejaron de ser productivas y por lo tanto se abandonaron.

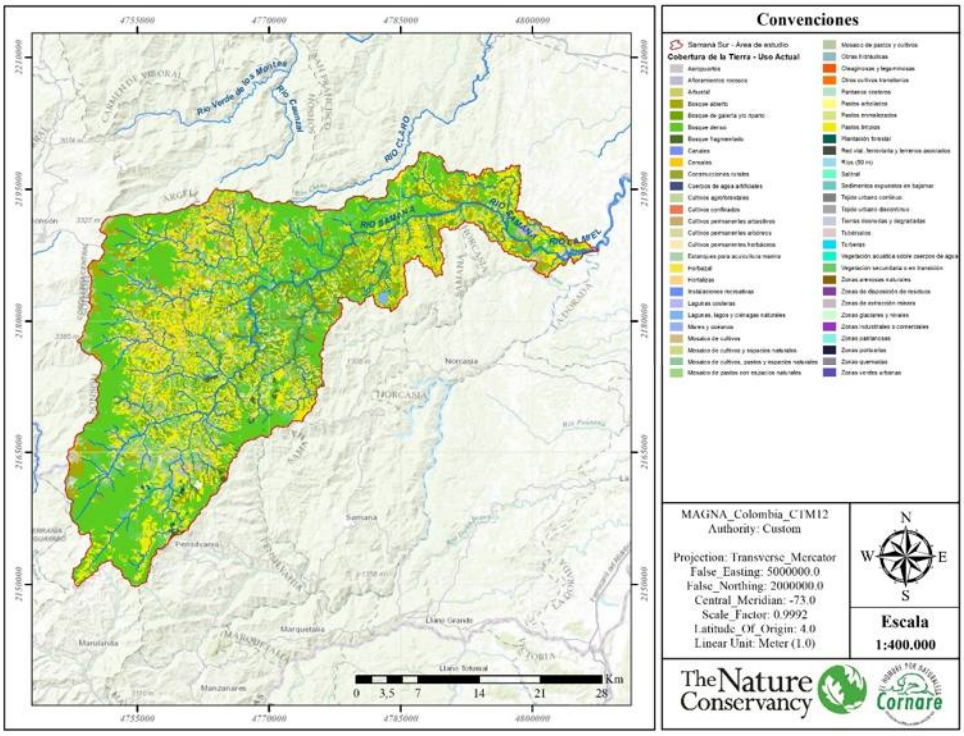
Tabla 108. Coberturas dominantes según POMCA Samaná Sur

Coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Norte	Área (ha.)	Proporción en la cuenca
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	201.34	0.17
Áreas agrícolas heterogéneas	4657.72	4.00
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	15517.87	13.31
Bosques	56065.41	48.09
Pastos	35631.85	30.57
Zonas urbanizadas	119.46	0.10
Cultivos permanentes y transitorios	2609.63	2.24

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017i)

En la Figura 217 se puede apreciar la distribución espacial de las coberturas terrestres para la cuenca del Samaná Sur de acuerdo al respectivo POMCA, cuya restitución, validación y verificación en campo se realizó durante el año 2016, pero cuyos resultados de diagnóstico fueron públicados en 2017. Para ese momento la mayor presencia de bosque se daba en la vertiente oriental del sistema del Páramo de Sonsón, que corresponden a la cuenca alta de los ríos Dulce, Samaná Sur, Venus, San Pedro, río Negrito y el río La Paloma. Otra área importante con bosques es la correspondiente al Parque Nacional Natural Selva de Florencia, además de las zonas aledañas a la Reserva Forestal Protectora Regional Las Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa. No es casualidad que estas áreas boscosas se conserven en estos lugares, ya que corresponden o están en el área de influencia de las áreas protegidas de carácter regional que han venido siendo declaradas por Cornare y Corpocaldas.

Figura 217. Coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Sur



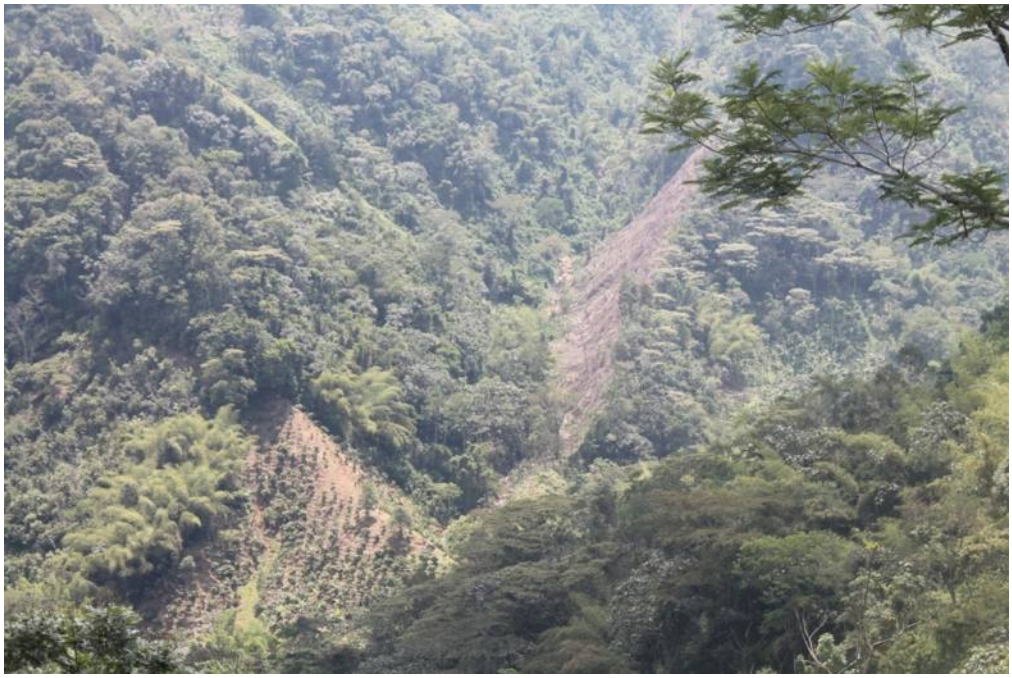
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017i)

Otra zona importante con presencia de bosques naturales se encuentra en la cuenca alta del río Samaná Sur, río Dulce, río Venus, río Rionegrito y La Paloma y que está asociada a una figura de protección como lo es el Páramo de Sonsón.

En cambio, para la época se nota con preocupación una tendencia a modificar los paisajes compuestos por bosques naturales en usos agrícolas y pecuarios, dando por resultado presencia de paisajes antrópicos que se vienen incrementando en los entornos de las cabeceras municipales de Nariño y Argelia María. Además de una pérdida cada vez más acentuada de bosque natural en el entorno del Páramo de San Félix, donde nacen el río Dulce y el Samaná.

En los recorridos de campo realizados en la cuenca se pudo evidenciar esa tendencia de cambio de reemplazo o pérdida de bosque natural como consecuencia de la apertura de la frontera agrícola para usos agropecuarios, en donde por lo general el patrón de “colonización” por parte de los campesinos es la “tumba del monte” y luego terminan de hacer una limpia quemando los residuos vegetales que quedaron producto de la tala del bosque, para luego sembrar pasto para ganado vacuno o establecer un cultivo generalmente de ciclo corto o transitorio como maíz o frijol. En la Foto 11 se puede apreciar este patrón o tendencia de apertura de la frontera agrícola a expensas de los bosques naturales en la cuenca media del río Espíritu Santo en el municipio de Nariño, vereda El Uvital.

Foto 11. Quemas para establecimiento de cultivos y pastos en Nariño



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC, Salida de campo #2, 2021

Las coberturas terrestres levantadas y verificadas en el Pomca del Samaná Sur permitió tener una radiografía de la situación de la cuenca entre los años 2016 y 2017, pero este insumo por si solo no permitía hacer un análisis multitemporal de las coberturas con el fin de evidenciar cambios en el tiempo. Por lo tanto, se hizo una exploración de información cartográfica que permitiera hacer este ejercicio comparativo a partir de sistemas de información geográfica, por lo que se recurrió al mapa de coberturas terrestres del IDEAM para el año 2010, disponible en el repositorio del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) (2021, pág. SIAC) . Se escogió este periodo de tiempo, ya que para esta fecha esta cartografía temática tenía incorporada la homologación de Corine Land Cover para Colombia.

En la Tabla 109 se encuentra las áreas de las coberturas terrestres existentes en la cuenca del río Samaná Sur para el año 2010, clasificadas en Nivel III de Corine Land Cover Colombia, las cuales corresponden a 18 tipologías.

Tabla 109. Coberturas terrestres en 2010 para la cuenca del Samaná Sur

CLC 2010 Nivel 3	No. Polígonos	Área (ha)	% cuenca
1.1.1. Tejido urbano continuo	4	43.91	0.038
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1	18.30	0.016
2.3.1. Pastos limpios	111	22,576.82	19.367
2.3.3. Pastos enmalezados	51	4,080.41	3.500
2.4.1. Mosaico de cultivos	1	58.04	0.050
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	52	8,151.89	6.993
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	62	11,788.53	10.113
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	108	13,518.77	11.597
3.1.1. Bosque denso	29	20,101.49	17.244
3.1.2. Bosque abierto	18	5,857.10	5.024
3.1.3. Bosque fragmentado	15	2,674.64	2.294

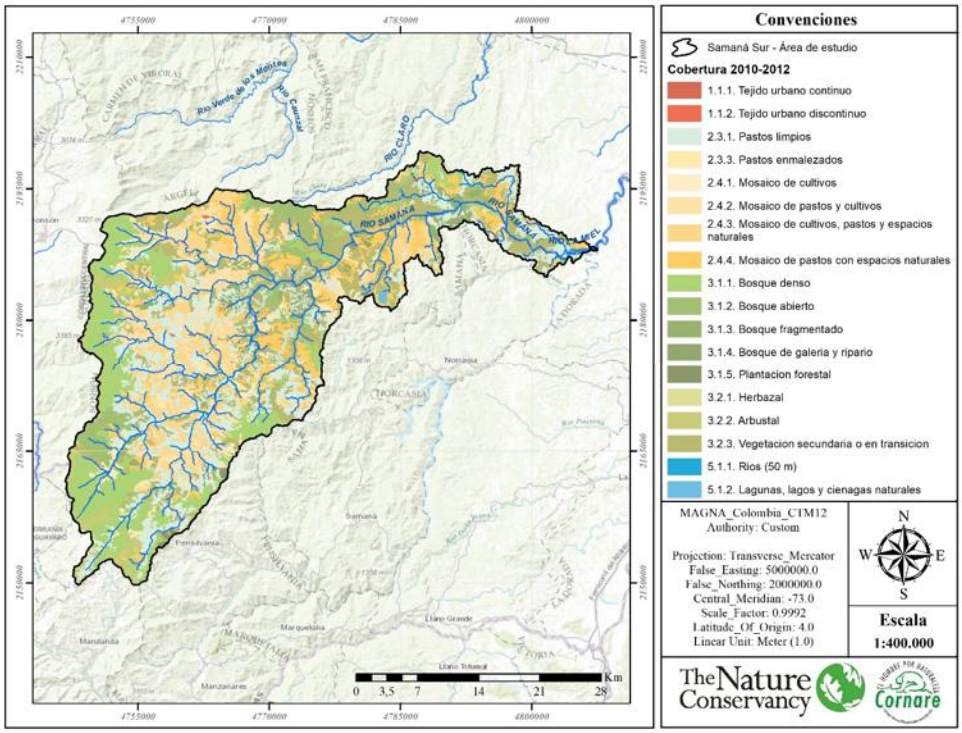
CLC 2010 Nivel 3	No. Polígonos	Área (ha)	% cuenca
3.1.4. Bosque de galeria y ripario	22	2,139.12	1.835
3.1.5. Plantacion forestal	4	284.29	0.244
3.2.1. Herbazal	2	12.35	0.011
3.2.2. Arbustal	16	3,113.45	2.671
3.2.3. Vegetacion secundaria o en transicion	108	21,301.34	18.273
5.1.1. Rios (50 m)	2	718.37	0.616
5.1.2. Lagunas, lagos y cienagas naturales	1	134.37	0.115
TOTAL	**607**	**116,573.20**	100.000

Fuente: (Ideam, 2021)

De acuerdo con estos datos, la cobertura de pastos limpios es la que mayor representatividad tenía para el año 2010 con 22,576.82 hectáreas, ocupando el 19.38 % de la cuenca. En segundo lugar, se encuentra la vegetación secundaria o en transición con un área de 21,301.34, correspondiente a 18.27 % de la cuenca del Samaná Sur y en terce lugar se encuentra el nivel III de bosque denso, con un área de 20,101.49 hectáreas, equivalente al 17.244% de la cuenca del Samaná Sur. Sin embargo, al sumar todas las coberturas boscosas como son bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado y bosque de galería y ripario, el área que ocuparían en la cuenca sería de 30,772.35 hectáreas, lo que equivaldría al 26.397% de la cuenca del río Samaná Sur.

En la Figura 218 se puede apreciar el mapa con la espacialización de las 18 categorias de coberturas terrestres Nivel III de Corine Land Cover para Colombia en la cuenca del Samaná Sur en el año 2010. Por ejemplo, el bosque denso se concentra principalmente hacia la cuenca alta de los ríos Samaná Sur, Dulce, Venus, San Pedro, Rionegrito y Paloma, además de la cuenca del río Hondo, que corresponde con el Parque Nacional Natural Selva de Florencia. Es preocupante que para el año 2010, en el centro de la cuenca se hubiera conformado una matriz de mosaicos de pastos con cultivos que tiende a ampliarse ya que se encuentra asociada con la cobertura de pastos limpios, además de otros mosaicos como es el de pastos con espacios naturales y el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Esa gran matriz de mosaicos con pastos limpios se encuentra relacionado con el entorno productivo de las cabeceras urbanas de Nariño y Argelia María, lo cual marca una tendencia al comparar este mapa de coberturas terrestres de 2010 con el mapa de coberturas del POMCA del Samaná Sur de 2017.

Figura 218. Coberturas terrestres Nivel III de Corine Land Cover en la cuenca del Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y (Ideam, 2021)

Luego de comparar los mapas de coberturas terrestres para el año 2010 y el año 2017, se puede inferir una tendencia hacia conservación de la cuenca, ya que para el año 2010 las coberturas boscosas ocupaban el 27% de la cuenca, mientras que para el año 2017, las coberturas boscosas ocupaban el 48% de la cuenca del Samaná Sur. Pero entre 2010 y 2017 se nota una disminución en aquellas áreas asociadas a actividades productivas agrícolas, como lo son los mosaicos de cultivos y las áreas agrícolas heterogéneas que pasaron de 17.155 hectáreas a 4657.72 hectáreas respectivamente. Mientras que ganaron terreno aquellas áreas con pastos limpios al pasar de 22,576.82 hectáreas en el 2010 a 35631.85 hectáreas en el 2017.

8.4.1.7 Áreas protegidas

Para la cuenca del Samaná Sur los ecosistemas estratégicos que han sido declarados áreas protegidas son de carácter regional y nacional. Una de esas áreas corresponde a una de las más antiguas a nivel nacional que aún tiene vigencia en la cuenca del río Samaná Sur, y es la Reserva Forestal Central que fue creada mediante la Ley 2ª de 1959 y cuya zonificación y ordenamiento fue actualizado y adoptado por la Resolución 1922 de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

Para la cuenca del Samaná Sur, la reserva forestal abarca todo el flanco occidental de la cuenca, que se encuentra delimitado con la divisoria de aguas en el Páramo de Sonsón entre los municipios de Pensilvania, Nariño, Argelia y Sonsón. Esta figura de protección se encuentra clasificada en 2 tipos de zonas, tal y como lo indica la Resolución 1922 de 2013:

- Zona tipo A. Son zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.

- Zona Tipo B. Zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Es importante resaltar que la zonificación y ordenamiento de las áreas de la Reserva Forestal Central se constituye en un elemento orientador dentro de la cuenca del Samaná Sur, para la construcción de las políticas públicas y para la planeación de los proyectos, obras o actividades, con el fin de hacer un uso adecuado del territorio, el cual deberá ser tenido en cuenta al momento de realizar la formulación de los POT´s municipales y demás instrumentos de planificación del territorio (ver Figura 219).

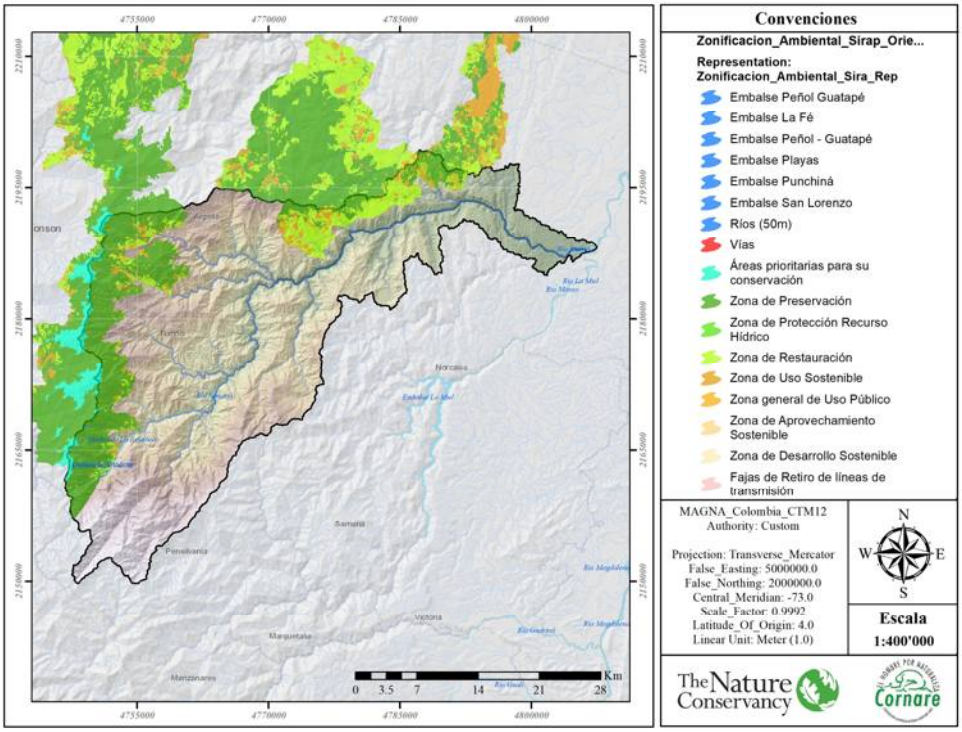
Actualmente las áreas protegidas presentes al interior de la cuenca del río Samaná Sur, cuentan planes de manejo que realizan la zonificación y ordenamiento de las áreas protegidas. A continuación, se listan los acuerdos por los cuales de adoptan los planes de manejo de las diferentes áreas (Tabla 80).

Tabla 110. Resumen de las áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte

Nombre	Acuerdo
DRMI Páramo de Vida Maitamá - Sonsón (Páramo de Sonsón)	Acuerdo 417 de julio 02 de 2021
RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo - (Páramo de Sonsón)	Resolución 112-6982-2017
RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa	Resolución 112-6983-2017

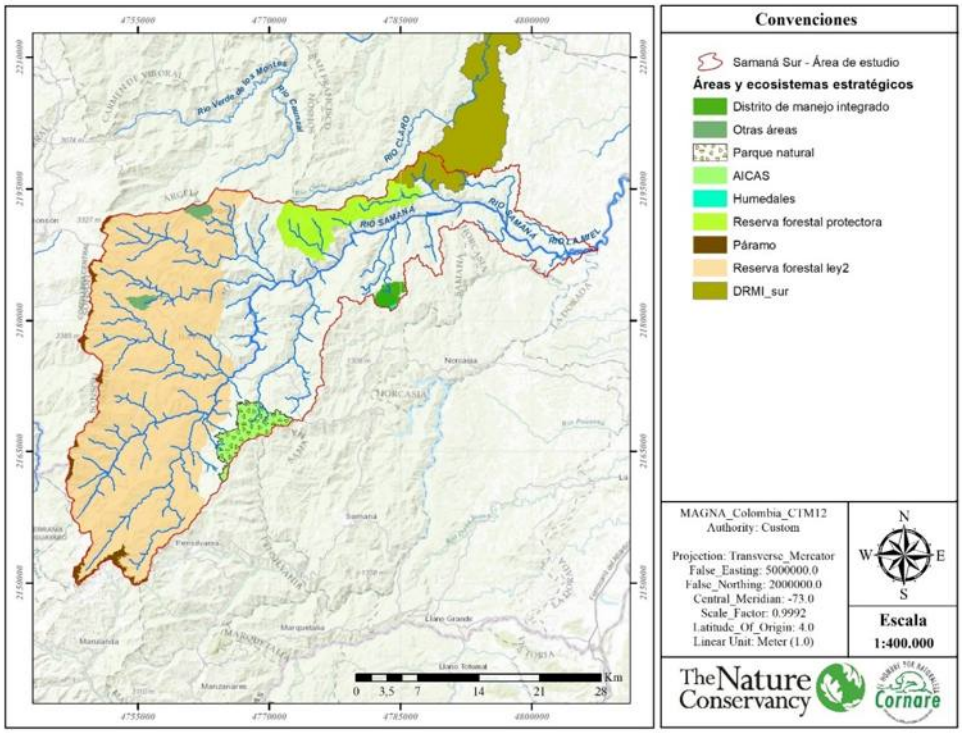
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Figura 219. Zonificación ambiental de las áreas protegidas de Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Figura 220. Áreas protegidas y ecosistemas estratégicos Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y https://www.cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Una de las áreas protegidas más importantes para la cuenca del río Samaná Sur es el páramo de Sonsón, que, aunque en extensión para la cuenca no es representativo, si constituye en ser estratégico para la Sostenibilidad de la cuenca, ya que allí tiene nacimiento algunos de los principales afluentes como son el río Dulce, río Samaná Sur, río Venus, río San Pedro, río Rionegrito y río La Paloma. El páramo fue adoptado finalmente como área protegida mediante el ACUERDO Nº 388 de junio 6 de 2019 de CORNARE "Por medio del cual se declara, delimita y alindera, el Distrito Regional de Manejo Integrado Páramo de Vida Maitamá - Sonsón", es importante resaltar que para todo el sistema del Páramo de Sonsón, la presencia de especies compartidas con otros complejos, indica la importancia de estos ecosistemas estratégicos como corredores biológicos permitiendo que los procesos ecológicos y la continuidad biogeográfica puedan mantenerse a lo largo de las zonas altas del páramo (Cornare, 2019a).

Mediante el ACUERDO Nro. 324 del 1 de julio de 2015 de CORNARE, se reglamentó la Reserva Forestal Protectora Regional Las Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, la cual se encuentra al norte de la cuenca del Samaná Sur y en donde según este Acuerdo Corporativo, se destaca por poseer la mayor parte de su área en cobertura boscosa en un buen estado de conservación (Cornare, 2015).

Otro ecosistema estratégico es el corredor Kárstico, que comprende una franja al norte de la cuenca del Samaná Sur entre los municipios de Argelia, Sonsón y San Francisco, la cual es compartida también con la cuenca del Río Claro y se caracteriza por estar constituido por un sistema geológico de mármoles y calizas de carácter regional. Este corredor hace parte del “Área de Manejo Especial Cuenca Hidrográfica del Río Claro – Cocorná Sur”, el cual fue señalado como uno de los escenarios

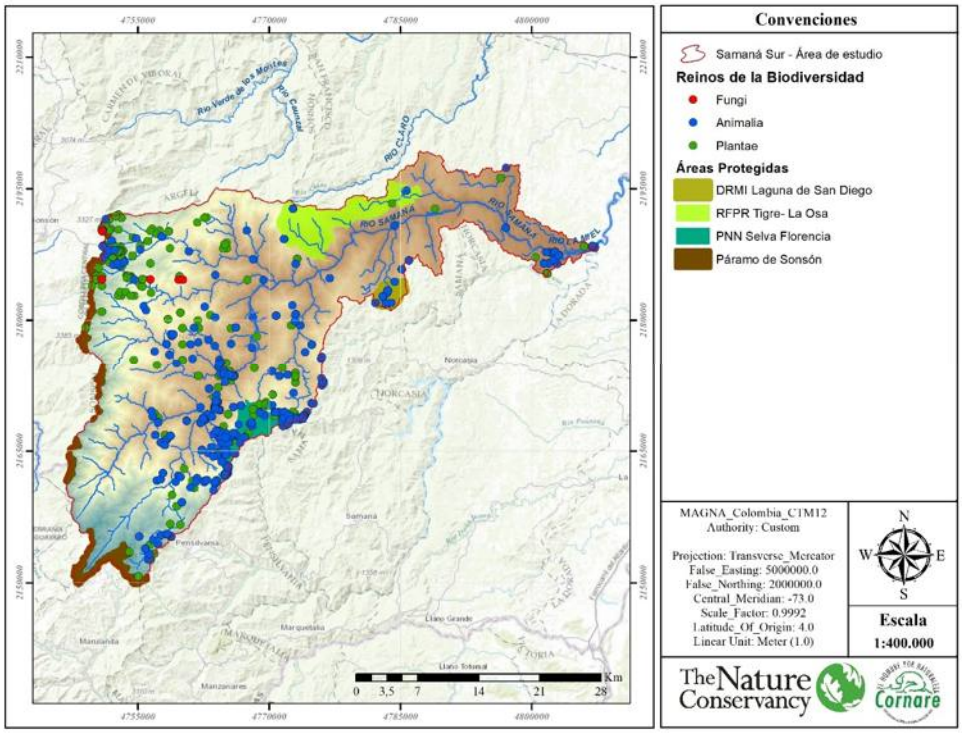
prioritarios de conservación del Sistema Regional de Áreas Protegidas del Suroriente y Magdalena Medio Antioqueño según la Ordenanza Departamental 037 de 2007, la cual creó el Sistema Departamental de Áreas Protegidas del Departamento de Antioquia.

En septiembre 26 del año 2019 Cornare expidió el Acuerdo 392, por medio del cual se declara, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Bosques, Mármoles y Pantágoras, que se dio a partir del estudio de la ruta de declaratoria construida para el corredor Kárstico entre Cornare y la Fundación Natura en el año 2018 (Cornare, 2019b).

Con sus 10019 ha de extensión, el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, se constituye como la única área de conservación nacional que se localiza en el Oriente del Departamento de Caldas,78% en territorio del Municipio de Samaná y 22% en el Municipio de Pensilvania; con un amplio gradiente altitudinal que va desde los 850 hasta los 2400 m.s.n.m. Y con respecto a la cuenca del río Samaná Sur, el PNN tiene una fracción al interior de la misma, pero es estratégica para la Sostenibilidad de la cuenca, ya que esta área protegida de carácter nacional, se caracteriza por presentar ecosistemas con elementos biológicos andinos, de selva húmeda tropical y riqueza hídrica que alimenta a las cuencas de La Miel y Samaná Sur, y además por su importancia estratégica en la regulación hídrica, pues con sus más de 8000 mm de precipitación sobresale como una de las zona más lluviosas del país (Parques Nacionales & Occidentales, 2018).

Según la capa geográfica de las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Sur, esta región del oriente Antioqueño cuenta con territorios en un área de “Reservas Forestales Protectoras Regionales” (RFPR) Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, un “Distrito Regional de Manejo Integrado” (DRMI) Laguna de San Diego y una fracción de la zona del páramo de Sonsón, que se sobrepone La Reserva Forestal Central de ley 2 de 1959. En estas áreas protegidas se reportan 657 registros agrupados en 241 especies, de las cuales 97 son plantas, 2 son hongos y 149 son especies de animales. Estas especies corresponden al 10,22% de total de especies reportadas en la cuenca, y según los resultados obtenidos para cada reino, los hongos equivalen al 22,2%, las plantas el 8,58% y los animales el 12,23%, del total de especies reportados para la cuenca. Estos porcentajes son relativamente bajos, lo cual evidencia la falta de estudios rigurosos en todos los grupos que permitan conocer la real biodiversidad de especies de la cuenca Samaná Sur. Los resultados evidencian la falta de estudios con rigor científico que demuestren la importancia de estas zonas para el sostenimiento ecosistémico de la cuenca Samaná Sur, además expone la necesidad de declarar áreas protegidas en la zona media y baja de la cuenca que permitan la conexión longitudinal y altitudinal de los ecosistemas (Figura 221).

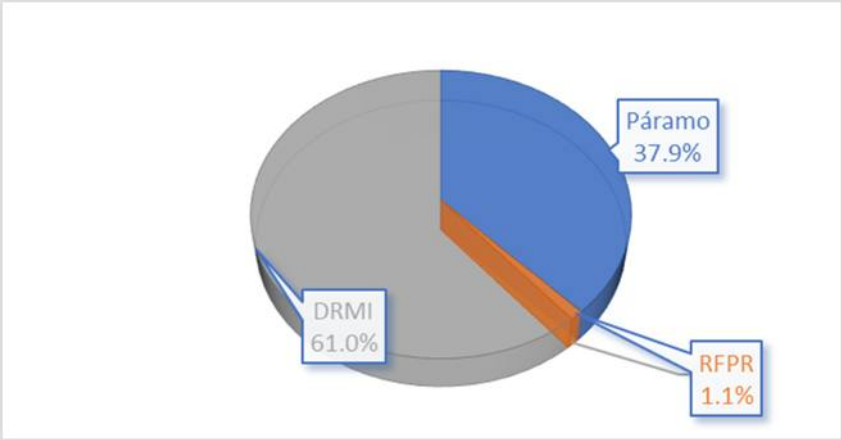
Figura 221. Distribución en las áreas protegidas de hongos, plantas y animales en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de Cornare y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

La distribución de los registros georreferenciados en las áreas protegidas de la cuenca presentó la mayor riqueza de especies en DRMI Laguna de San Diego con 136 especies que agrupan 401 registros (Figura 222), seguida por fracción de la zona del páramo de Sonsón con 107 especies que agrupan 249 registros. Las siguientes especies fueron las que presentaron mayor distribución en las áreas protegidas, *Forpus conspicillatus, Myiothlypis fulvicauda, Myiozetetes cayanensis, Ramphocelus dimidiatus, Troglodytes aedon, Tyrannus melancholicustodas*, pertenecen a la clase de las aves y fueron encontradas con más registros en las reservas (Anexo - Fase II - 10 pestaña P5).

Figura 222. Distribución porcentual de la cantidad de especies reportadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Sur

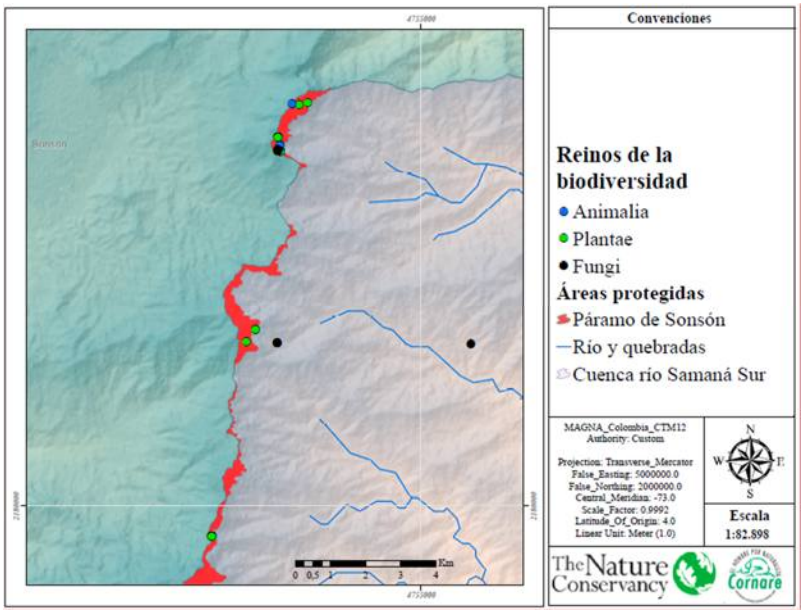


Fuente: Tomado de Cornare y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

8.4.1.8 Ecosistemas estratégicos

Los ecosistemas de agua dulce son considerados redes de drenaje que recorren la historia de los territorios, sus culturas, costumbres, idiosincrasia y sobre todo una variedad de recursos naturales y ecosistemas incomparable. Sin embargo, como se referencia en el POMCA, la cuenca Samaná Sur no presenta ecosistemas estratégicos de agua dulce, pero si una fracción de ecosistema de Paramó, para la cual se reportan siete especies de Anfibios *Centrolene buckleyi, Centrolene robledoi, Hyloscirtus larinopygion, Niceforonia latens, Pristimantis boulengeri, Pristimantis permixtus, Pristimantis uranobates*, dos especies de mamíferos *Cryptotis colombiana, Cryptotis medellinia,* y dos especies de hongos *Stereocaulon ramulosum, Stereocaulon strictum*, 96 especies de plantas donde los géneros Anthurium, Weinmannia, Solanum, Epidendrum se destan por el número de especies que se reporta para esta área. Estos cuatro registros representan la una pequeña fracción de la biodiversidad de la alta montaña en la cuenca del Samaná Sur, y aunque es una pequeña fracción del Paramó de Sonsón es necesario investigar y conservar este ecosistema estratégico para el país (Figura 223).

Figura 223. Distribución de la biodiversidad en el ecosistema estratégico paramó de Sonsón cuenca Samaná Sur



Fuente: Tomado de Cornare y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

8.4.2 *Caracterización socio-económica*

En este título se hace un acercamiento a la dimensión socioeconómica del territorio de la cuenca, partiendo de las generalidades de los municipios que la conforman y centrando la atención en lugares específicos priorizados debido a la correlación de éstos con proyectos hidroeléctricos en el territorio, los cuales son identificados por los habitantes del territorio como amenazas a la Sostenibilidad del sistema de agua dulce.

8.4.2.1 Contexto político-administrativo y demográfico

La cuenca del río Samaná Sur está conformada por seis municipios, tres de ellos del departamento de Antioquia, ubicados en la subregión del Oriente Antioqueño y en Páramo, de acuerdo con la zonificación de la CAR. Los otros tres municipios hacen parte del departamento de Caldas, de los cuales uno se ubica en el Alto Oriente y dos en el Magdalena Caldense. En cuanto a la gestión ambiental pública y el ejercicio de la autoridad ambiental, los tres municipios antioqueños están en jurisdicción de CORNARE y los tres municipios caldenses se encuentran en jurisdicción de Corpocaldas.

Tabla 111. Municipios y jurisdicción por CAR

Departamento	Subregión	Municipio	Corporación Autónoma regional CAR
Antioquia	Oriente Antioqueño	Argelia	Cornare – Zona Paramo
		Nariño	Cornare – Zona Paramo
		Sonsón	Cornare – Zona Paramo
Caldas	Alto Oriente	Pensilvania	Corpocaldas
	Magdalena Caldense	Norcasia	Corpocaldas
		Samaná	Corpocaldas

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017j)

El componente demográfico es un aspecto de la caracterización social que permite conocer el tamaño, la estructura y la dinámica de la población de un territorio específico. Para efectos del presente documento se aborda el tamaño de la población, agregado por municipio, y su evolución a partir de los últimos tres censos de población y vivienda realizados por el DANE. El objetivo es ilustrar los procesos de crecimiento y/o decrecimiento que afrontan los municipios de la cuenca.

De acuerdo con censo nacional de población y vivienda, CNPV 2018, realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, el municipio de Sonsón es el de mayor dimensión poblacional, con 36321 habitantes; seguido, aunque con gran diferencia, por Samaná y Pensilvania. Tabla 112. Norcasia es el municipio con menor número de habitantes debido a que se presenta una alta movilidad poblacional. Las causas son muy diversas pero todas relacionadas con una profunda crisis agrícola, tanto en la región como en el país (Municipio de Norcasia, 1999)

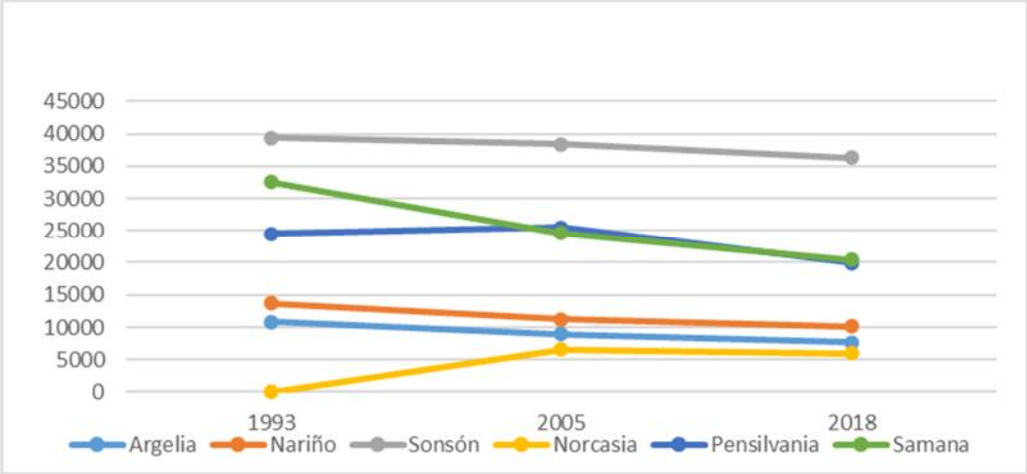
Tabla 112. Población por municipios de la cuenca

Municipio	Población 1993	Población 2005	Población 2018
Argelia	10852	6823	7689
Nariño	13662	9043	10153
Sonsón	39404	37065	36321
Norcasia	NA*	6523	6022
Pensilvania	24474	23575	19908
Samaná	32513	18295	20454
***Elevado a categoría de municipio el 30 de junio de 1999 mediante la Ordenanza No. 327 de la Asamblea de Caldas**			

Fuente: DANE (1993, 2005, 2018a)

A partir de los datos anteriores, se concluye que, en general todos los municipios de la cuenca han decrecido en número de habitantes. Sin embargo, algunos muestran tendencia hacia la recuperación. Los municipios de Argelia, Nariño y Samaná sufrieron una disminución dramática de su población para el censo del año 2005, producto del desplazamiento por el conflicto armado, y actualmente se vienen recuperando. El municipio de Pensilvania pierde población de manera sostenida desde el año 1993 hasta el 2018.

Figura 224. Evolución de la población de los municipios de la cuenca



Fuente: DANE (1993, 2005, 2018a)

Es importante tener en cuenta que el decrecimiento poblacional no es una situación exclusiva de los municipios de la cuenca; es la dinámica que se presenta en muchas regiones del país, que vienen en proceso de urbanización desde hace varias décadas. Según los datos ajustados del CNPV 2018, entre los años 2005 y el 2018, se redujo la población en 473 de los 1101 municipios de Colombia. Los departamentos donde mayor número de municipios decrecen en población, son en su orden: Boyacá con 92 municipios, Cundinamarca con 50 y Antioquia con 42; siendo Nariño, con un decrecimiento del 35%; Angelópolis, con un decrecimiento del 25%; y Argelia de María con 24% los tres primeros en decrecimiento en el departamento de Antioquia (ver **Gráfico 3**).

Al revisar los datos de los diferentes municipios de la cuenca en relación con la población que habita en las cabeceras municipales y en el resto de su territorio, se observa que, a excepción de Norcasia, en el departamento de Caldas, en los demás municipios la población rural es más representativa, aunque va en decrecimiento (ver Figura 225).

Figura 225. Evolución población municipal cabecera-resto



Año	Cabecera	Resto
1993	2968	7884
2005	2810	6101
2018	3412	4277

Año	Cabecera	Resto
1993	2678	10984
2005	2498	8740
2018	3116	7037

Año	Cabecera	Resto
1993	15913	23491
2005	15470	22889
2018	17169	19152

Año	Cabecera	Resto
2005	4128	2395
2018	4007	2015

Año	Cabecera	Resto
1993	7432	17042
2005	7773	17683
2018	7706	12202

Año	Cabecera	Resto
1993	4616	27897
2005	4898	19697
2018	5924	14530

Fuente: DANE (1993, 2005, 2018a)

8.4.2.2 Participación ciudadana y organizaciones sociales

La participación ciudadana y la organización social se abordan tenido en cuenta que las propuestas y acciones que surgen a partir de ella responden a intereses colectivos que pueden incidir en la definición de objetos y acciones de conservación dentro de un territorio determinado.

Los municipios se dividen políticamente en corregimiento y veredas. A partir de esta división, los territorios se organizan, generalmente en Juntas de Acción Comunal, JAC, las cuales se asocian en ASOCOMUNALES, para relacionarse con el estado local y gestionar acciones que mejoren sus

condiciones de vida. Tabla 113 muestra el número de corregimientos y veredas en las que se organiza cada municipio de la cuenca, y hace una aproximación a las organizaciones comunitarias existentes en cada municipio.

Tabla 113. Organización político-administrativa por municipio

Municipio	Corregimientos	Veredas	Organizaciones comunitarias
Argelia	0	51	49 JAC
Nariño	1	48	2 ASOCOMUNAL, 55 JAC
Sonsón	3	95	ASOCOMUNAL, 114 JAC, CTP, Consejo Municipal de Desarrollo Rural –CMDR, Consejo Municipal de Participación Ciudadana - CMPC, Consejo Municipal de Juventudes CMJ, Consejo Territorial de Planeación CTP, Consejo de paz, reconciliación
Norcasia	0	17	20 JAC
Pensilvania	4	92	92 JAC
Samaná	4	167	Comunidades con diversidad de organizaciones conformadas entre juntas comunales, asociaciones productivas, corporaciones, fundaciones y organizaciones de víctimas

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los datos sobre veredas y corregimientos se consolidaron a partir de la información disponible páginas oficiales de los municipios, en planes de gestión de amenaza y riesgo (CMGRD Pensilvania de Caldas, 2014), en los Planes de Desarrollo Municipales (Alcadía de Argelia, 2020), planes turístico (Municipio de Norcasia, 1999) y en el Capítulo de Participación Ciudadana del Anuario Estadístico de Antioquia 2016.

Los datos anteriores muestran que las Juntas de Acción Comunal JAC, son la forma de organización más representativa en el territorio de la cuenca. De hecho, incluidas por varios entes territoriales en sus planes de desarrollo municipal, indicador de que son base importante de las relaciones entre los estados locales y los ciudadanos.

De acuerdo con el POMCA de río Samaná Sur, la ciudadanía ha participado en diferentes proceso de aplicación y evaluación de políticas públicas, planes y/o proyectos, en el tema ambiental como la implementación y seguimiento de mecanismos de visibilidad, la Mesa de Articulación Interinstitucional del Oriente Antioqueño, MAI –OA, las agendas ambientales, la estrategia del Pacto Verde para Antioquia, el Consejo Departamental Ambiental de Antioquia CODEAM, la comisión Subregional de Competitividad, la Mesa Movilidad del Oriente, los Consejos Municipales para la Gestión del Riesgos de Desastres, el Comité Local para la Atención y Prevención de Desastres, el Centro Regional de Pronósticos y Alertas y los Programas Ambientales Escolares- PRAES.

Los procesos mencionados en el párrafo anterior son promovidos, en su gran mayoría, por la institucionalidad pública y privada. Es decir, no son de iniciativa comunitaria, por lo tanto la participación de la ciudadanía se da en el marco de una respuesta a convocatorias externas y no iniciativas que surjan del seno comunitario. Situación que es un indicador de insipiencia y debilidad en los procesos organizativos, como lo explican diagnósticos municipales que describen que los espacios de participación ciudadana en el municipio no tienen continuidad en los procesos, en este orden de ideas y a pesar de hacer el esfuerzo de reactivar diferentes estancias de participación ciudadana, por medio de las cuales se pueden ejercer el derecho político y social, no se tiene continuidad por falta de motivación y acompañamiento. Las juntas de acción comunal tienen

dificultades para su funcionamiento por la falta de fortalecimiento institucional en temas relacionados con estos organismos comunitarios (Alcaldia Municipal de San Luis, 2020)

En el mismo sentido, el municipio de Samaná se refiere a los procesos de participación ciudadana de la siguiente manera “el municipio adolece de cohesión, la identidad es dispersa y los corregimientos del norte se han sentido históricamente aislados, discriminados y abandonados por la cabecera. La corrupción, falta de presencia del Estado y el conflicto armado interno ha profundizado este distanciamiento (Municipio de Samaná, 2018).

En el territorio de la cuenca tienen lugar expresiones colectivas frente a la defensa del territorio y el ambiente, asociadas a mesas municipales que se articulan con movimientos regionales como el Movimiento Social por la Vida y la Defensa del Territorio del Oriente Antioqueño –MOVETE y están acompañados por organizaciones externas como la Corporación Jurídica Libertad, Conciudadanía y Provincia de La Paz.

Durante las visitas a las veredas Puente Linda y El Recreo, del municipio de Nariño y reunión con funcionaria y personas de la comunidad en el municipio de Argelia, se observó debilidad de las JAC de las dos veredas de Nariño en relación con el número de asociados a las juntas versus el número de habitantes de la vereda, así como en su capacidad para gestionar acciones colectivas, pese a que identifican amenazas sobre el territorio. En el municipio de Argelia, se identificaron líderes con mayor formación en el tema ambiental y existe una Mesa de Turismo Municipal que promueve el turismo desde un enfoque de turismo regenerativo bajo los principios No Dejar Rastro NDR.

Foto 12. Registro taller El Recreo



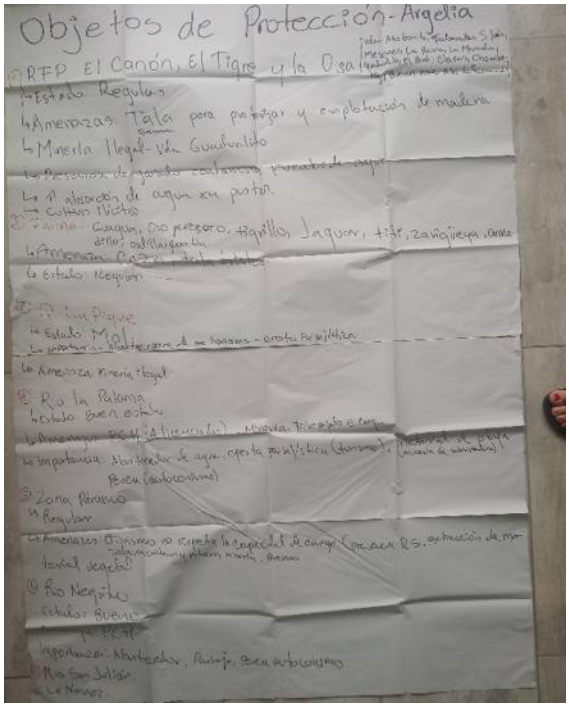
Foto 13. Registro taller Puente Linda



Foto 14. Instrumentos talleres Argelia



Foto 15. Instrumentos talleres Argelia



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

8.4.2.3 Comunidades étnicas

En el proceso de reconocer la pluralidad étnica y diversidad cultural en los territorios nacionales, la cual se encuentra consagrada en la Constitución de 1991 como principio fundamental del Estado Social y Democrático de Derecho, es indispensable examinar la presencia de población indígena y afrocolombiana en los territorios de la cuenca.

En el departamento de Caldas existen 17 comunidades indígenas, entre parcialidades, resguardos y asentamientos8 localizados en tres de sus seis regiones. Sin embargo, y como se observa en la Tabla 114 y en la Figura 226, en ninguno de los municipios de la cuenca hay presencia de resguardos.

Tabla 114. Localización de resguardos indígenas en las regiones y municipios del departamento de Caldas.

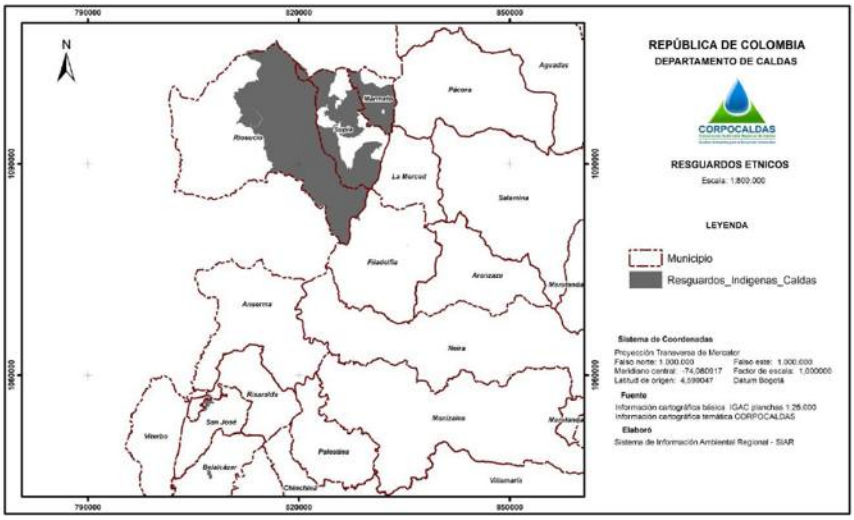
Región	Municipios	Etnias
Bajo Occidente	Anserma, Belalcazar, San José	Embera-Chamí
	Viterbo	Embera-Chamí Nasa

8 Los resguardos son los territorios que han sido legalmente reconocidos por el estado, que poseen una o más comunidades, y se caracterizan por tener elementos propios reconocidos por tratados internacionales y ratificado en Colombia para conservar los usos y costumbres enmarcados en cuatro principios fundamentales como lo son: unidad, Territorio, cultura y autonomía. (representada en el Cabildo). Las parcialidades son cabildos que hacen referencia a un conjunto de personas que se identifican como indígenas, que han sido reconocidas por el ministerio del interior, pero no cuentan con reconocimiento del territorio en donde habitan. Los asentamientos son comunidades asentadas en ciertos territorios que han hecho un proceso de auto reconocimiento como comunidad indígena, pero no cuentan con el reconocimiento del estado.

Región	Municipios	Etnias
Alto Occidente	Filadelfia, Marmato, Rio Sucio, Supia	Embera-Chamí
Centro Sur	Neira, Palestina	Embera-Chamí

Fuente: Gobernación de Caldas (2019)

Figura 226. Ubicación de asentamientos indígenas en la cuenca



Fuente: Tomado de Corpocaldas (2020)

El POMCA señala que la población étnica presente en el territorio de la cuenca "está asociada a movimientos poblacionales de otras regiones del país, pues no existen resguardos indígenas o tierras tituladas a comunidades negras en ninguno de los municipios de la cuenca"(Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i). No obstante, y en el entendido que el hecho de no existir grupos legítimamente constituidos no implica la ausencia de población indígena y afrocolombiana, se presentan los datos de la Tabla 115, los cuales revelan la escasa presencia de población indígena, y en sólo tres de los seis municipios de la cuenca. La población afrocolombiana tiene presencia en todos los municipios, siendo representativa en el municipio de Samaná donde alcanza el 23,6% de dentro de la conformación total de su población.

Tabla 115. Población Indígena y afrocolombiana en los municipios de la cuenca

Municipio	%Población Indígena	%Población Afrocolombiana
Argelia	0,0	0,9
Nariño	0,0	0,3
Sonsón	0,0	0,5
Norcasia	0,1	0,4
Pensilvania	0,6	0,6
Samaná	0,6	23,6

Fuente. DANE (2018)

8.4.2.4 Disponibilidad y uso de recursos naturales

La cuenca presenta alta biodiversidad, riqueza de aguas y belleza escénica. A continuación, se describe la relación que tienen los habitantes del territorio y el uso que hacen de los elementos ambientales. Esta descripción se centra en puntos específicos de la cuenca que fueron priorizados

debido a la correlación de éstos con proyectos hidroeléctricos en el territorio, y teniendo en cuenta que en otros títulos del documento la información se aborda agregada por municipio. La información se obtiene de la observación, entrevistas en campo y talleres con habitantes de los territorios.

Municipio: Nariño

Lugar: Vereda El Recreo

Relación y uso:

Las cuatro quebradas y los diferentes nacimientos de agua existentes en la vereda son esenciales para la comunidad, tanto para el consumo humano y la producción, como para la recreación. La quebrada La Aguada surte la escuela y doce viviendas en el sector de paramitos; el resto de las viviendas se surte de los nacimientos. La quebrada el Espíritu Santo y La Batea son referentes de lugares de esparcimiento para propios y visitantes por su oferta paisajística. El cerro donde nace la quebrada La Aguada es apreciado por todos los habitantes de la vereda como un espacio que provee agua y en esa medida la comunidad permanece a su protección.

No hay cobertura de pozos sépticos en la totalidad de las viviendas lo que afecta la calidad de agua y suelo.

Lugar: Vereda Puente Linda

Relación y uso:

El servicio de agua para todas las viviendas se obtiene mediante dos acueductos de dos fuentes diferentes y algunas viviendas se surten de nacimientos de manera individual. Los habitantes de este lugar tienen una estrecha relación cultural con el río, las quebradas y los cerros, lugares en los cuales se recrean y autoabastecen. Los termales, el río Samaná y el cerro La Iguana son sus principales referentes. Algunos habitantes practican la pesca para autoconsumo.

La comunidad es consciente de la necesidad de conservar y aun así reconocen que las acciones protectoras son incipientes. Se preocupan por las descargas de aguas servidas que se hacen desde viviendas que no cuentan con pozo séptico y desde los asentamientos de Puerto Venus y Puente Nuevo, que no cuentan con sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

Es importante tener en cuenta que este asentamiento se constituye en centro de conectividad entre La Dorada y Sonsón y entre las veredas y corregimientos de los municipios de Nariño y su corregimiento Puerto Venus, Los corregimientos de Arboleda y Pueblo Nuevo de Pensilvania y el corregimiento de Florencia en Samaná. Indicador de ellos son los 14 vehículos que hacen ruta diariamente por el caserío, todos con estación obligada en este punto.

Dada esta condición y la atracción turística (río, termales, cerro), Puente Linda tiene oferta de alojamiento representada en varios hoteles. Esta dinámica económica, sustento de la mayoría de sus habitantes, representa demanda de servicios de agua, energía y saneamiento que impactan los elementos naturales. En esta medida, la promoción de acciones de conservación debe ser prioritarias en el camino hacia la Sostenibilidad socioambiental del territorio. Los corregimientos de

Puerto Venus y Pueblo Nuevo también tienen atractivos turísticos y por lo tanto oferta de servicios de alojamiento y demás.

Municipio: Argelia

Lugar: Casco Urbano

Relación y uso:

El aprovisionamiento de agua, el soporte para la producción agropecuaria y la recreación al aire libre a la rivera de quebradas y río son vínculos fuertes que se identifican entre la comunidad argelina y los elementos naturales de su territorio.

Actores participantes del taller de identificación, señalan diez objetos de conservación, entre lugares y sistemas como la Cuchilla de El Tigre, El Calón y La Osa, los ríos La Paloma y San Julián. Así mismos lugares de atractivo paisajístico y amenazas latentes sobre los objetos de conservación identificados.

La tala, la minería ilegal, los proyectos hidroeléctricos, la ganadería y a la contaminación por vertimiento de aguas servidas son situaciones de preocupación para quienes participaron del taller.

8.4.2.5 Tradiciones y prácticas culturales

La forma en la que los habitantes de un territorio lo apropian y se relacionan con él y con sus elementos ambientales, es determinada por su historia de poblamiento, generalmente ligado a actividades productivas y al intercambio con territorios vecinos, que trasciende los límites políticos y se relacionan en mayor medida con condiciones geográficas. Así mismo, los hitos que han marcado su devenir como son los procesos de violencia y las bonanzas, y la relevancia regional o referencia de lugar de paso que tenga cada lugar, definen las prácticas culturales y modos de vida en un territorio.

La cuenca del río Samaná Sur, era el territorio ancestral de los Pantágoras y otras tribus indígenas. Posterior al periodo de la colonia se dan asentamientos mineros para la explotación de oro y maderera y establecimiento de extensiones de terreno para ganadería y agricultura. Este proceso está relacionado con la migración colonizadora que parte desde Sonsón. Posteriormente, entrado el siglo XX, la actividad minera cede y da paso a los grandes cultivos de café para exportación (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i). De esta forma, las costumbres de los pobladores de la cuenca del Samaná Sur están definidas por el proceso de colonización antioqueña. Las relaciones intercambio social y económico hicieron de los municipios de la cuenca una región cuyo epicentro era el municipio de Sonsón, una región que además es recorrida por el que hasta los años 70 fuera el corredor que comunicaba las dos principales ciudades del país. En este contexto histórico de intercambio se conforma una cultura muy similar en los seis municipios.

Foto 16. Mural en Puente Linda que ilustra los caminos que han comunicado la región



Foto 17. Construcción emblemática en Puente Linda



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

El territorio de la cuenca no ha sido ajeno a los procesos migratorios que se han presentado en el país a partir de la segunda mitad del siglo XX. En la década de los 50 fue receptor de población desplazada por la violencia bipartidista. Posteriormente, el conflicto armado con las guerrillas provocó desplazamiento y la reversión de este proceso se da desde el inicio de la de década de los años 2010. Se puede afirmar que, en las últimas décadas el proceso ordenador de la ocupación del territorio se ha definido principalmente por dos variables: la migración campo ciudad y los efectos del conflicto armado (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i).

Los sentamientos de población en las riberas del río Samaná siguen siendo muy cercanas a la cultura antioqueña. Sus pobladores se dedican más a labores agropecuarias, sin desconocer que también se dan labores relacionadas con el río como la pesca y la minería que ha sido una actividad que se realiza por épocas, lo cual muestra un rasgo de cultura rivereña en unión con la herencia que deja el hecho, que parte de la colonización antioqueña hacia esa región se dio en torno a la existencia de minas de oro en la región.

Para los habitantes de la cuenca el agua presente en ríos y quebradas es fundamental en el desarrollo de la vida y las condiciones de bienestar como acceso a agua para el consumo y la producción agropecuaria. Además, en los asentamientos de Puente Linda, Puerto Venus y Pueblo Nuevo se desarrollan actividades productivas en torno al turismo que es atraído por los paisajes relacionados con el agua y existe tradición de pesca para autoconsumo. En la vereda El Recreo del municipio de Nariño se identifica una iniciativa de promoción turística que integra el sistema productivo de la vereda con sus atractivos paisajísticos. En esta medida los ríos y quebradas son soporte de la vida en aspectos económicos (sustento de la vida de muchos hogares), sociales (recreación) y culturales e inmateriales.

Como la gran mayoría de los municipios del país, los de la cuenca celebran sus fiestas tradicionales, las cuales hacen alusión a la cultura productiva de la región y a elementos o animales que han sido protagonistas en el proceso de ocupación del territorio. Ver Tabla 116.

Tabla 116. Fiestas tradicionales de los municipios de la cuenca

Municipio	Fiesta tradicional	Apelativo
Argelia	Fiestas de la Mula	Parcela inmortal de Antioquia
Nariño	Fiesta de la Cosecha	Balcón verde de Antioquia
Sonsón	Fiestas del Maíz	La Tierra de la Esperanza La Meca de la Antioqueñidad La Ciudad del Capiro La Ciudad del Maíz
	Fiesta y Reinado del Higo – Alto de Sabanas	
Norcasia	Fiestas cívicas tradicionales	SD
Pensilvania	Fiestas del Hacha	La Perla del Oriente
	Fiestas del Harriero - Arboleda	
Samaná	Festival de Los Palenques	La Ciudad de las Sonrisas

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los datos sobre las fiestas tradicionales y los apelativos de los municipios se obtuvieron mediante consultas en páginas oficiales de los municipios, páginas comerciales y entrevistas con habitantes (Oriente Magdalena Caldense, 2018) y el POMCA (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i).

8.4.2.6 Sentido de pertenencia

El sentido de pertenencia habla del sentimiento de "hacer parte de", "pertenecer a". Los habitantes de la cuenca tienen sus costumbres ligadas a la Antioqueñidad, como se explicó en el título Tradiciones y prácticas culturales. El arraigo por su tierra está íntimamente ligado a esa historia de arrieros, a los paisajes quebrados que les rememoran las luchas, la mula, el hacha. En esa medida su sentido de pertenencia por el territorio es identificable en el apego a sus tierras, el conocimiento de la situación actual y de las situaciones que lo amenazan. En este sentido, el POMCA, en la identificación de potencialidades y limitantes, describe el sentido de pertenencia y arraigo de la población campesina por su territorio como potencialidad como una potencialidad.

Las festividades tradicionales, muchas de ellas en referencia a la cultura productiva de la región y a elementos o animales que han sido protagonistas en el proceso de ocupación del territorio hablan del sentido de pertenencia y el reconocimiento de los rasgos propios del territorio.

8.4.2.7 Gobernabilidad y capacidad institucional

La gobernabilidad y la capacidad institucional son un aspecto fundamental para la conservación de los ecosistemas y los servicios ambientales que estos prestan y están definidos por la presencia institucional, el reconocimiento que tengan y las relaciones que establecen con los habitantes del territorio donde desarrollan sus funciones.

En el territorio de la cuenca se encuentra la sede subregional Páramo de Cornare, ubicada en el municipio de Sonsón y tres sedes, denominados puntos de atención, de Corpocaldas; uno en cada uno de los tres municipios que hacen parte de la cuenca. A nivel municipal se identificaron dependencias encargadas de la ejecución en el sector de inversión pública Ambiente y Desarrollo Sostenible, en cada uno de los seis municipios, generalmente en unión con el sector de agricultura y desarrollo rural.

Tabla 117. Instituciones con función pública que hacen presencia en el territorio

Nombre	Función	Sede
Cornare	Ejecución de las políticas, planes y programas nacionales en materia ambiental	Principal Páramo
Punto de atención	Ejercicio de la autoridad ambiental	Samaná Pensilvania Norcasia
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural ODRYMA	Formular, ejecutar y hacer seguimiento a proyectos y acciones en el sector ambiental	Argelia
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural http://www.elcarmendeviboral-antioquia.gov.co/directorio-institucional/secretaria-de-agricultura-medio-ambiente-y-desarrollo		Nariño
Secretaría de Asistencia Rural y Medio Ambiente. SARYMA		Sonsón
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural		Samaná
Secretaría de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural		Pensilvania
Secretaria de Planeación y Desarrollo Sostenible		Norcasia

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

El reconocimiento de las diferentes instituciones en los territorios, es un factor determinante para la gobernabilidad. En este sentido, se encontró que las instituciones con mayor visibilidad en los territorios son las asociaciones o gremios de productores, las Secretarías de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural, más conocidas como las UMATAS, CORNARE, Cuerpos de Bomberos.

La organización comunitaria en la cuenca presenta rasgos de debilidad como se explicó en el título Participación ciudadana y organizaciones sociales. Esta condición hace más difícil el relacionamiento entre institucionalidad y comunidades y por lo tanto el reconocimiento de las entidades públicas se ve afectado.

En cuanto a los niveles y calidad de la participación, de acuerdo con información primaria obtenida con actores comunitarios y funcionarios públicos, las relaciones entre las instituciones y las comunidades se enmarcan dentro de procesos de ejecución de proyectos definidos por las instituciones financiadoras (mayoritariamente públicas). En este orden de ideas, las acciones, las inversiones y los tiempos son definidos por las entidades, mientras que las organizaciones ciudadanas tienen poca incidencia en su definición.

Lo anterior indica que tanto el reconocimiento de las instituciones públicas, como las características de la participación de las comunidades aun es débil y la dinámica de relacionamiento institucionalidad-comunidades, presenta características de verticalidad, toda vez que la determinación y programación de las acciones, generalmente es unilateral.

No se identifica imagen negativa frente a las instituciones en general ni a una en particular, lo que se constituye en un factor positivo hacia el camino de conservación en el marco de relaciones multiactor.

8.4.2.8 Acceso a servicios públicos y sociales

Los servicios sociales básicos se estiman como necesarios para que una población pueda desarrollarse, ya que es la forma en que el estado brinda respuesta a las diversas demandas y

necesidades humanas. El acceso a estos determina en gran medida la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos. Dentro de los servicios sociales básicos se encuentran la educación, la salud, la vivienda, los servicios públicos domiciliarios, entre otros.

- *Servicios públicos*

En la **Tabla 118** se detallan los porcentajes de cobertura en servicios públicos para los cinco municipios que conforman la Cuenca del río Samaná Sur.

En general el panorama no es muy alentador en cuanto al acceso a servicios públicos de la población que habita en los municipios analizados. Los mayores porcentajes corresponden al servicio de energía eléctrica, mientras los demás servicios muestran porcentajes exiguos principalmente en Norcasia, Samaná y Pensilvania. El servicio de gas por red es prácticamente inexistente.

Al respecto de esta situación el POMCA del Samaná Sur resalta lo siguiente: *"Los sabios locales y regionales manifiestan la existencia de dificultades en saneamiento básico por falta de sistemas de alcantarillado a nivel rural, falta de gestión para construcción y mantenimiento de pozos sépticos, disposición inadecuada de las basuras y poca periodicidad en su recolección, además asocian la contaminación del recurso hídrico a vertimientos realizados por falta de dichos sistemas"* (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i).

Tabla 118. Cobertura en servicios públicos domiciliarios, municipios Cuenca Samaná Sur

Municipio	Cobertura residencial de servicios públicos				
	Alcantarillado	Acueducto	Energía eléctrica	Recolección basuras	Gas por red
Argelia	55,22	79,79	99,6	57,6	0
Nariño	43,2	58,86	96,58	79,5	0
Norcasia	60,6	78,9	11,00	1,0	S/D
Samaná	14,31	20,0	56,0	12,0	0,2
Pensilavania	7,33	24,0	96,0	19,0	0,04

Fuente: Encuesta Calidad de Vida 2019 - Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño 2017. Plan de Desarrollo Norcasia 2020-2023

- *Servicios sociales*

La salud, la educación, la vivienda, entre otros, conforman el paquete de los servicios sociales en Colombia; a través de la oferta de estos servicios el estado pretende contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

- *Salud*

Para el análisis de la cobertura en el servicio de salud, la Tabla 119 presenta los porcentajes de personas afiliadas al Sistema General de Seguridad Social en Salud en los municipios de la cuenca del río Samaná Sur.

Tabla 119. Cobertura en salud, municipios Cuenca Samaná Sur

Municipios	Régimen			
	Subsidiado	Contributivo	Regímenes especiales	Sin afiliación
	% Cobertura			
Argelia	84,04	7,40	2,71	5,85
Nariño	85,17	7,14	2,22	5,48

Municipios	Régimen			
	Subsidiado	Contributivo	Regímenes especiales	Sin afiliación
	% Cobertura			
Norcasia	49,8	23,0	3,26	23,8
Samaná	77,3	7,45	2,24	13,01
Pensilvania		81,11		18,88

Fuente: Anuario Estadístico de Antioquia 2018 y Planes de Desarrollo 2020-2023 de Norcasia, Samaná y Pensilvania

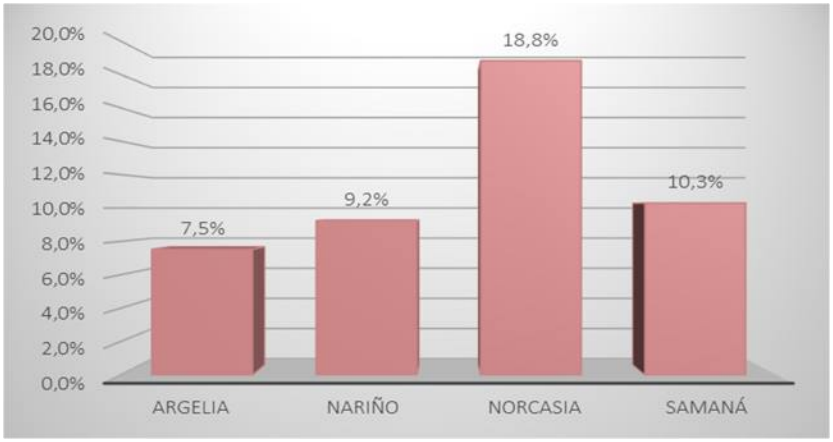
El municipio con mayor cobertura en el servicio de salud es Nariño, con un 94,53%. Le sigue Argelia con una cobertura que alcanza el 94,15% y en orden descendente Samaná (86,99%), Pensilavania (81,11%) y Norcasia (76,06%). En cuanto al régimen de salud, en todos los municipios la mayoría de los beneficiarios pertenecen al subsidiado, siendo Nariño quien encabeza la lista, con un total de 8647 personas amparadas por este régimen.

En cuanto a la infraestructura de salud, según el POMCA *"...está representada por hospitales de tercer nivel e IPS en las cabeceras municipales y centros de salud en centros poblados, la mayoría con deficiencia en recursos humanos y técnicos; en lo que respecta a servicios de primer nivel, los habitantes de Argelia, Sonsón y Nariño deben desplazarse a Rionegro o Medellín; los municipios de Caldas a Manizales* (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i).

- *Educación*

En este aparte se analizarán los aspectos concernientes a la tasa de analfabetismo y de escolaridad bruta. En lo que respecta al analfabetismo, la Figura 227 presenta la tasa de analfabetismo global en los municipios de la cuenca del río Samaná Sur, exceptuando Pensilvania. El municipio con mayor población que no sabe leer ni escribir es Norcasia, seguido de Samaná y en tercer orden Nariño.

Figura 227. Tasa de analfabetismo, municipios de la Cuenca Samaná Sur



Fuente: Encuesta Calidad de Vida 2019 y Planes de Desarrollo 2020-2023 de Norcasia y Samaná. No se dispone de información para el municipio de Pensilvania.

Aspectos como tener que recorrer largas distancias para asistir a un centro educativo o en el caso de los territorios más apartados y olvidados, la falta de vías en buenas condiciones, que se tornan intransitables en época de lluvias, son potenciadores de la problemática del analfabetismo.

En lo que respecta a la tasa de cobertura bruta, la cual permite conocer la capacidad que tiene el sistema educativo para atender la demanda social en educación independientemente de la edad en un nivel educativo específico, la Tabla 120 muestra que, la tasa de educación bruta más baja la tiene el municipio de Nariño para el nivel de educación media (32,4%) y para educación secundaria (45,8%). La mayoría de los municipios presentan mayor tasa bruta de escolaridad para el nivel educativo de básica primaria, excepto Pensilvania, que tiene una mayor tasa para el nivel de educación secundaria.

Los altos porcentajes de cobertura educativa para el nivel de primaria son importantes como medida para reducir los niveles de analfabetismo; sin embargo, para superar la vulnerabilidad y disminuir los índices de pobreza de la población, especialmente en las zonas rurales; es indispensable aumentar las tasas de escolaridad en los niveles de la educación media, técnica, tecnológica y profesional.

Tabla 120. Tasa de cobertura bruta en educación, municipios de la Cuenca Samaná Sur

Municipio	Tasa de cobertura bruta		
	Educación primaria	Educación secundaria	Educación media
Argelia	95,3%	73,3%	55,2%
Nariño	57,8%	45,8%	32,4%
Norcasia	109,1%	99,4%	75,1%
Pensilvania	78,8%	85,1%	74,0%
Samaná	86,6%	82,9%	58,1%

Fuente: Anuario Estadístico de Antioquia (2018). Planes de Desarrollo 2020-2023 de Norcasia y Samaná. Fichas municipales Departamento Nacional de Planeación (2016)

- *Vivienda*

El Déficit de Vivienda es uno de los principales indicadores de medición de las necesidades habitacionales de la población. Con el fin de identificar y localizar el déficit habitacional se contemplan los requerimientos por nuevas viviendas (déficit cuantitativo) y por vivienda recuperable o mejorable (déficit cualitativo).

De acuerdo con la encuesta de Calidad de Vida realizada por la Gobernación de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2019) y la información extraída del POMCA de la Cuenca del Samaná Sur (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i), se presentan los déficits de vivienda en los cinco municipios de esta Cuenca.

Tabla 121. Déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, municipios cuenca del río Samaná Sur

Municipio	% Déficit cuantitativo			% Déficit cualitativo		
	Total	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural
Argelia	3,73	4,72	2,73	33,17	22,83	43,64
Nariño	2,24	2,65	2,04	51,36	17,99	68,37
Norcasia	6,6	4,6	10,6	32,7	12,2	72,5
Pensilavania	5,9	1,5	8,2	46,2	9,1	66,2
Samaná	4,6	3,2	5,2	47,1	16,5	78,0

Fuente: Encuesta Calidad de Vida (2019)

Tanto el déficit cuantitativo, como el cualitativo muestran mayores índices para el área rural, sin excepción en todos los municipios.

En cuanto al déficit cuantitativo de vivienda los porcentajes más representativos corresponden a Norcasia y Pensilvania. Desagregado por zona, el déficit cuantitativo se destaca en la zona urbana de Argelia y en la zona rural de Norcasia.

El déficit cualitativo, por su parte, y que hace alusión a la cantidad de viviendas que requieren mejoras, por ampliación, materiales inadecuados, falta de servicios públicos, o una combinación de los anteriores; se concentra de manera acentuada en la zona rural donde los porcentajes oscilan entre el 43,64% (Argelia) y el 78,0% (Samaná), lo que refleja un elevado número de viviendas con necesidades de mejoramiento.

8.4.2.9 Población en condiciones de pobreza

- *Índice de pobreza multidimensional*

Como ya se explicó, el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM), mide los hogares con privaciones en cinco dimensiones básicas de bienestar (condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y juventud, salud, traba27jo, acceso a servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda) y define la pobreza como la ausencia de oportunidades o de acceso a unos mínimos de "capacidades" necesarios para el desarrollo de cada persona.

La medición de la pobreza multidimensional en Colombia se mide a través del Índice de Pobreza Multidimensional (IPM); la cual se calcula a través de la metodología diseñada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP). La Tabla 122 presenta los porcentajes de hogares con privación en las variables de pobreza multidimensional para los municipios de la cuenca del Samaná Sur.

Tabla 122. Privaciones por hogar y variable, municipios cuenca del río Samaná Sur

Privaciones por variable	Argelia		Nariño		Norcasia		Samaná		Pensilvania	
	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Cabecera	Centros poblados y rural disperso
Analfabetismo	13,1	24,6	13,9	28,7	10,8	19,8	11,9	20,6	10,8	19,8
Bajo logro educativo	64,6	90,0	65,0	93,2	57,6	87,8	60,9	83,6	57,6	87,8
Barreras a servicios para cuidado de la primera infancia	1,4	2,7	1,1	1,7	1,0	1,5	1,6	2,0	1,0	1,5
Barreras de acceso a servicios de salud	6,5	2,2	7,4	1,7	2,3	3,2	3,8	3,9	2,3	3,2
Tasa de dependencia	41,0	30,9	36,9	33,0	30,5	29,9	32,0	32,8	30,5	29,9
Hacinamiento crítico	6,3	4,4	6,1	4,2	4,5	2,5	5,8	2,6	4,5	2,5
Inadecuada eliminación de excretas	14,3	77,4	1,6	71,8	2,0	40,3	9,8	33,0	2,0	40,3
Inasistencia escolar	3,6	11,0	3,3	10,0	1,8	5,3	2,0	5,5	1,8	5,3
Material inadecuado de paredes exteriores	2,1	2,0	0,4	0,4	28,6	0,7	8,3	1,4	28,6	0,7
Material inadecuado de pisos	0,3	5,0	0,0	1,6	0,0	2,2	0,3	3,7	0,0	2,2

Privaciones por variable	Argelia		Nariño		Norcasia		Samaná		Pensilavania	
	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Cabecera	Centros poblados y rural disperso
Rezago escolar	16,1	22,2	16,2	26,2	11,5	20,3	8,7	16,0	11,5	20,3
Sin acceso a fuente de agua mejorada	8,3	63,2	0,7	78,9	3,1	54,6	2,3	53,1	3,1	54,6
Sin aseguramiento en salud	11,8	8,2	9,6	6,3	12,7	9,0	12,6	12,0	12,7	9,0
Trabajo infantil	2,2	7,3	2,3	7,8	0,9	3,4	1,1	3,0	0,9	3,4
Trabajo informal	85,7	96,8	85,3	94,2	80,6	93,8	83,0	93,1	80,6	93,8

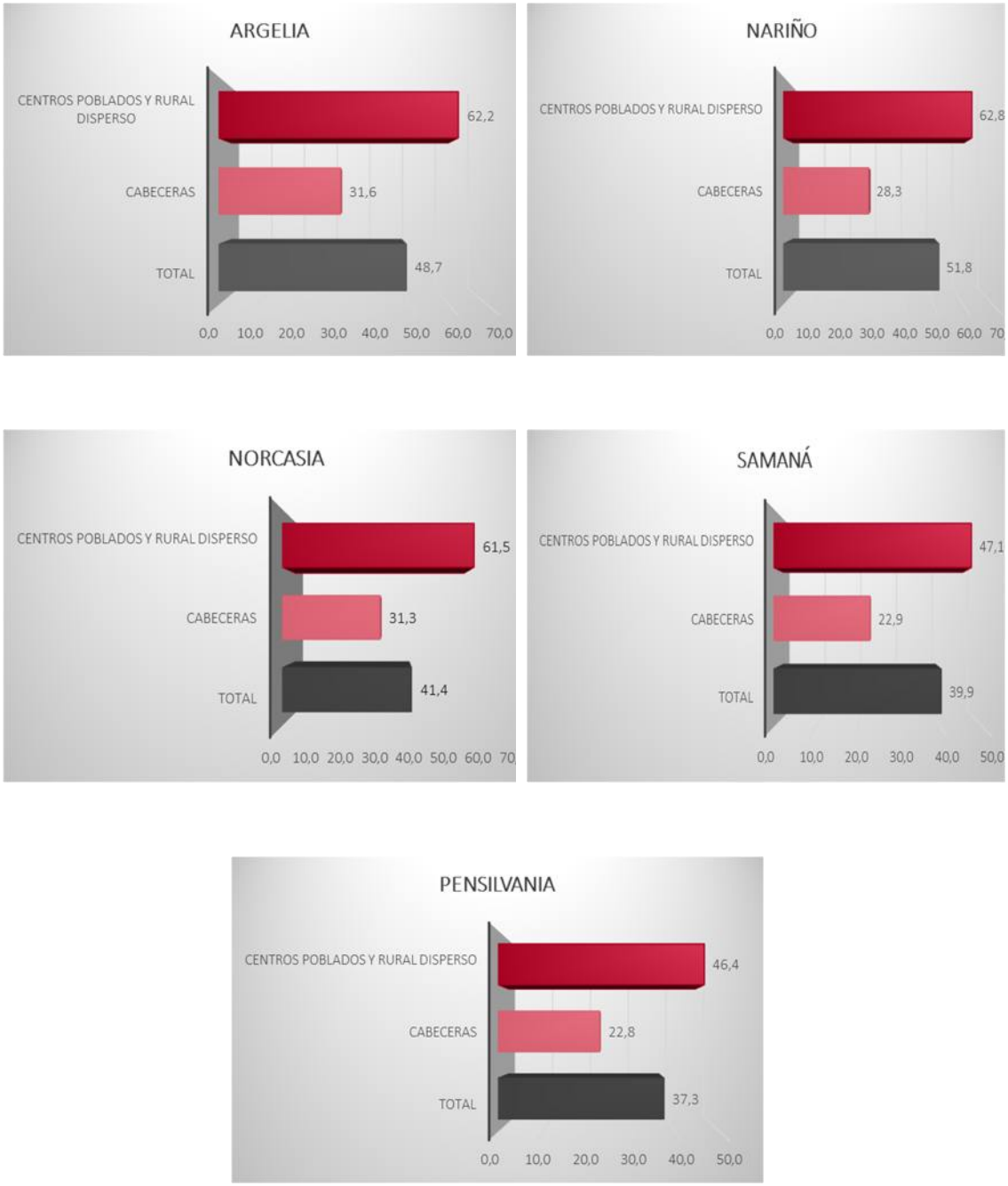
Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda, DANE (2018b)

Las condiciones de pobreza multidimensional en los municipios de Argelia y Nariño, presentan unos índices bastante desalentadores. El trabajo informal encabeza la lista y le siguen las variables bajo logro educativo, inadecuada eliminación de excretas, sin acceso a fuente de agua mejorada y tasa de dependencia. Lo anterior, agrupa carencias en las tres dimensiones del desarrollo humano (educación, salud y nivel de vida) y revela un gran número de hogares multidimensionalmente pobres y la intensidad de las carencias.

El análisis por dimensión del IPM permite revisar las principales brechas urbano – rurales en cada una de las variables. Las brechas más amplias entre estas zonas para los municipios de Argelia y Nariño, se da en las variables económicas (trabajo informal, tasa de dependencia) seguidas de las variables directamente relacionadas con la niñez y la juventud (bajo logro educativo y rezago escolar) y las de servicios públicos como acceso a fuente de agua mejorada y adecuada eliminación de excretas. Para los municipios pertenecientes al departamento de Caldas la situación es similar, concentrando un buen porcentaje de la población con carencia de cobertura de servicios públicos, alta dependencia económica y trabajo informal, de manera más acentuada en el municipio de Norcasia.

Es importante considerar que las cifras presentadas en la Tabla 122 corresponden al año 2018, por lo que no incluyen el efecto económico o social que se pueda ver como consecuencia de la pandemia del Covid 19.

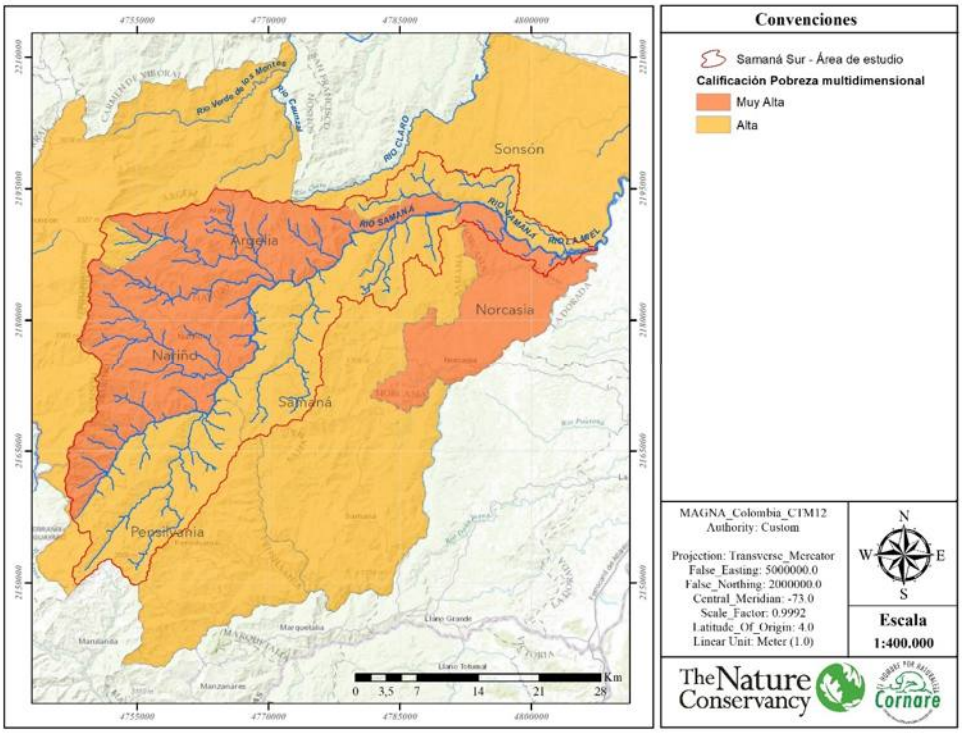
Figura 228. Medida de pobreza multidimensional, municipios cuenca río Samaná Sur



Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda, CNPV (2018)

La Figura 228 presenta información gráfica de la pobreza multidimensional por cabecera y centros poblados, y rural disperso. El porcentaje de hogares en situación de pobreza multidimensional en centros poblados y rural disperso es superior a las cabeceras, siendo evidente la gran brecha existente entre la zona urbana y rural. Finalmente, la Figura 229 presenta el consolidado de la condición de pobreza para los municipios de la cuenca, reflejando niveles altos y muy altos de pobreza multidimensional.

Figura 229. Índice de pobreza multidimensional municipal Samaná Sur

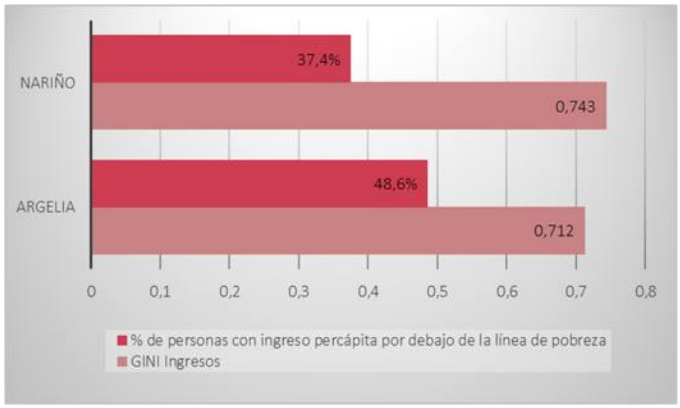


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

- *Índice de pobreza por ingreso*

La información para la construcción de este numeral presenta vacíos, especialmente la relacionada con los municipios de la cuenca del río Samaná Sur, que hacen parte del departamento de Caldas. A continuación, se presentan porcentajes de las personas con pobreza por ingreso e indicadores de desigualdad de la riqueza (Gini de ingreso) para los municipios de Argelia y Nariño.

Figura 230. Línea de pobreza por ingresos y GINI Ingresos, municipios Cuenca Samaná Sur, Antioquia



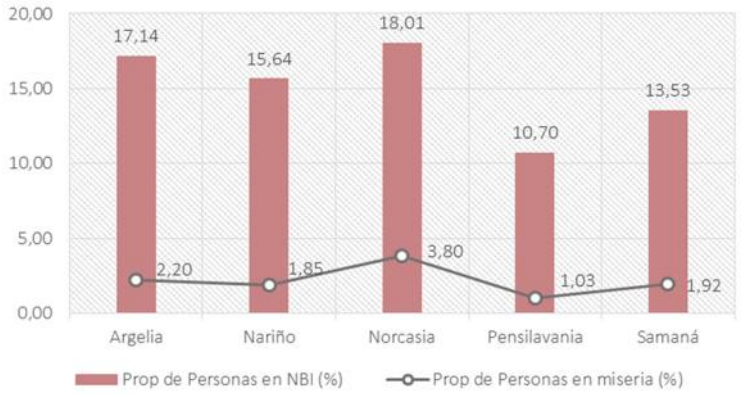
Fuente: Encuesta Calidad de Vida (2019), Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2017)

La Figura 230 evidencia porcentajes medios de personas con ingresos por debajo de la línea de pobreza y altos índices de Gini de Ingresos, que expresan desigualdad en cuando sus valores son cercanos a la unidad. El Gini ingresos manifiesta mayor concentración en el municipio de Nariño, aunque el índice Gini ingresos de este municipio registra valores por debajo al reportados para el departamento de Antioquia (0,810). Para Pensilvania, Norcasia y Samaná, no se encontró información, pero en relación a estos tres municipios, el POMCA del río Samaná Sur argumenta que: "*…las condiciones de desigualdad y pobreza presentan condiciones de mayor criticidad en el mundo rural, se asume que presentan concentraciones de ingresos superiores a las registradas para el departamento de Caldas (0,780), el cual registra una menor a la registrada en el Departamento de Antioquia"* (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i).

- *Necesidades Básicas Insatisfechas*

A continuación, se muestran los porcentajes de población con NBI para los municipios de la cuenca del río Samaná Sur, considerando que en numerales anteriores se realizó la conceptualización de la metodología y los cinco indicadores que se tienen en consideración al momento de evaluar las carencias de los hogares para satisfacer sus necesidades básicas.

Figura 231. Proporción de personas en NBI, municipios cuenca río Samaná Sur



Fuente: DANE, Necesidades Básicas Insatisfechas - NBI (2018)

En la Figura 231 se presenta la proporción de personas en pobreza y en miseria para los municipios de la cuenca. Sobresale el municipio de Norcasia mostrando los porcentajes más altos de población en situación de pobreza (18,01%) y también en miseria (3,08%). En orden descendente Argelia ocupa el segundo lugar, seguido del municipio de Nariño.

Tabla 123. Necesidades Básicas Insatisfechas, municipios cuenca río Samaná Sur

Municipio/ Indicador	Argelia	Nariño	Norcasia	Pensilvania	Samaná
Componente vivienda	**1,96**	**0,48**	**5,55**	**1,04**	**1,88**
Cabecera	0,24	0,07	1,34	0,02	0,17
Resto	3,32	0,67	13,88	1,68	2,60
Componente Servicios	**2,79**	**0,20**	**2,79**	**0,62**	**1,45**
Cabecera	5,28	0,18	0,63	0,81	1,90
Resto	0,82	0,20	7,06	0,50	1,26
Componente Hacinamiento	**3,18**	**4,00**	**3,51**	**1,79**	**2,51**

Municipio/ Indicador	Argelia	Nariño	Norcasia	Pensilvania	Samaná
Cabecera	1,21	3,03	2,08	0,95	1,09
Resto	4,73	4,46	6,36	2,32	3,12
Componente Inasistencia	**2,17**	**2,10**	**0,69**	**1,39**	**1,76**
Cabecera	0,94	1,28	0,58	0,70	0,61
Resto	3,14	2,49	0,90	1,81	2,24
Componente dependencia económica	**9,56**	**10,91**	**9,84**	**7,35**	**8,57**
Cabecera	6,93	6,60	6,71	3,54	4,43
Resto	11,65	12,92	16,03	9,71	10,33

Fuente: DANE, Necesidades Básicas Insatisfechas – NBI (2018)

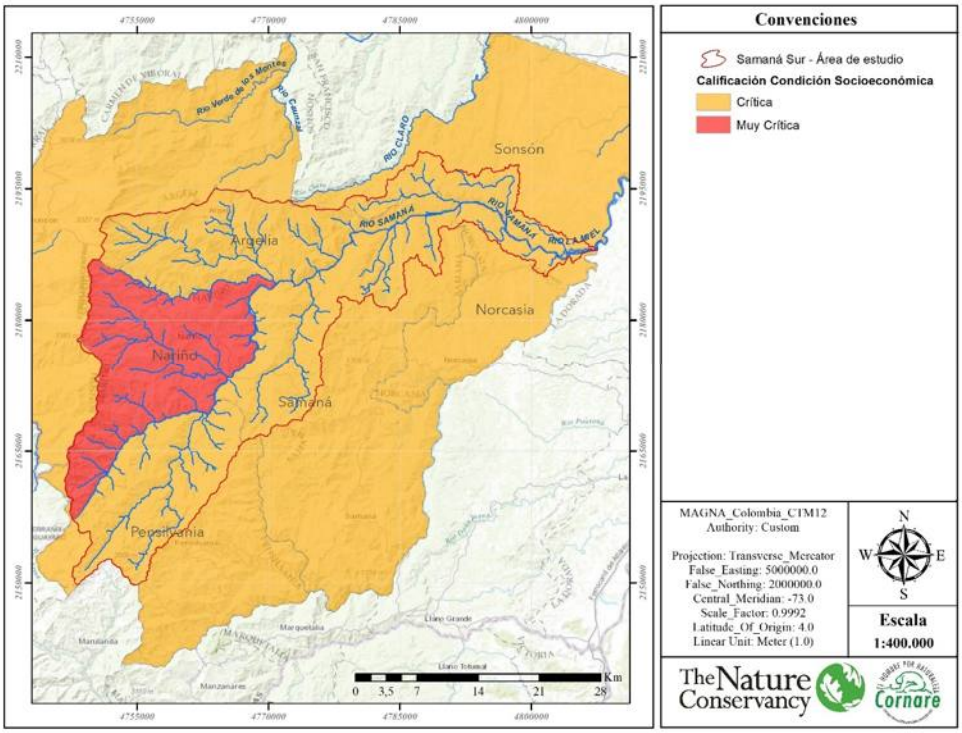
El indicador con porcentajes más destacados es la dependencia económica, concentrándose principalmente en los Centros Poblados y Rural Disperso de Norcasia (16,03%), seguido de Nariño (12,92%) y Argelia (11,65%). Norcasia continúa encabezando la lista con los porcentajes más altos de población con carencias relacionadas con los componentes de vivienda (13,88%), servicios (7,06%) y hacinamiento (6,36%) en su área rural. El porcentaje de carencia de servicios en la cabecera del municipio de Argelia, sobrepasa la de cualquier otro de la cuenca del Samaná Norte.

- *Síntesis condición socioeconómica*

Tal y como se realizó para la cuenca del Samaná Norte, con el objetivo de sintetizar la caracterización socioeconómica, se construye un mapa que integra y cuantifica el análisis individual realizado por municipios, haciendo uso de las siguientes variables relacionadas con: pobreza multidimensional, dependencia económica y déficit cualitativo de vivienda. Variables que se consideran significativas para el análisis en la medida en que permiten determinar la situación de criticidad de los municipios en el ámbito socioeconómico. Los rangos asignados a cada variable, así como su calificación y valoración fueron presentados anteriormente.

La Figura 232 muestra al municipio de Nariño con la condición socioeconómica más crítica, con más del 51% de la población en pobreza multidimensional y un muy alto índice de dependencia económica. No obstante, los otros 4 municipios presentan una condición de vulnerabilidad desde lo socioeconómico, que los ubica en una categoría crítica, marcada especialmente por altas tasas de dependencia (superiores a 6 dependientes por hogar) y porcentaje de población en pobreza superiores al 37% de la población.

Figura 232. Mapa síntesis condición económica Cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

8.4.2.10 Economía local

En este ítem se consignará información relacionada con el componente económico de los municipios de la cuenca. Se abordarán temas como estructura productiva, actividades agrícolas, pecuarias, y distribución GINI de la propiedad de la tierra, como aspectos claves para la comprensión del sistema económico de los municipios. Entre las fuentes de información oficial consultadas para el desarrollo de este contenido, se cuentan: el Censo Nacional Pecuario (ICA, 2020), Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (Agricultura, 2019), Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Samaná y Planes de Desarrollo Municipal.

- *Caracterización de la estructura productiva*

El principal renglón económico de los municipios de Argelia y Nariño, está relacionada con la agricultura. Las áreas clasificadas como Territorios Agrícolas en la cuenca Samaná Sur, están mayormente conformadas por los pastos (Pastos limpios, Pastos enmalezados, Mosaico de pastos y cultivos), de estos el de mayor área es el de pastos limpios (27531,73 Ha) que corresponde a un 23,62%, en segundo lugar están los pastos enmalezados (7937,51 ha) que representan el 6,81%, le siguen los mosaicos de pastos y cultivos con una superficie de 2779,94 ha (2,38%) y por último, un área de 1697,38 ha con cultivos de Café (1,46%) (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i).

- *Actividades agrícolas*

A continuación, se expone el tema de las actividades agrícolas desarrolladas en los municipios de la cuenca del río Samaná Sur. Es importante mencionar que el análisis de realiza a partir de la información consignada en las evaluaciones agropecuarias (EVA) a nivel municipal, no obstante, los municipios de Samaná y Pensilvania no se encuentran totalmente dentro de la cuenca, pues el primero solo tiene la tercera parte de su área y el segundo menos de la mitad.

- Municipio de Argelia

La actividad agrícola ocupa el primer renglón en la economía de Argelia, específicamente en la producción de café, caña, tomate, yuca y plátano. El cultivo de aguacate es nuevo en Argelia, pero le favorece el hecho de estar asociado legalmente y contar con asistencia técnica por parte del SENA. También existen en el municipio las asociaciones de cacaoteros y plataneros.

Según el Plan de Desarrollo "El sector agrícola siempre ha carecido de un verdadero apoyo estatal en asistencia técnica, crediticia y comercialización, mucho menos en certificación de Buenas Prácticas Agrícolas, debido a que en ocasiones los agricultores son reacios a fomentar dichas prácticas, prefiriendo sus prácticas ancestrales, las cuales a veces son nocivas para el medio ambiente e inclusive para mejorar la producción y la productividad" (Alcadía de Argelia, 2020).

El regular estado de la infraestructura productiva para el café y la caña, genera productos de baja calidad y como consecuencia también bajos ingresos, agravando lo anterior la desaprobación de créditos bancarios por falta de titularidad de la tierra.

De otro lado, el mal estado y la falta de mantenimiento de las vías terciarias usadas por los campesinos para transportar su producción hacia el lugar de comercialización final, encarece los productos debido a las vicisitudes que debe sortear antes de poner el producto en el eslabón final del proceso productivo.

Tabla 124. Estadísticas agrícolas, municipio de Argelia

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Maíz	Transitorio	55	110	2
Aguacate	Permanente	26	208	8
Tomate invernadero	Transitorio	2	134	67
Frijol arbustivo	Transitorio	48	48	1
Frijol voluble	Transitorio	14	42	3
Cacao	Permanente	100	35	0
Café	Permanente	1133	1133	1
Caña panelera	Permanente	100	500	5
Yuca	Transitorio	25	175	7
Plátano	Permanente	21	168	8

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias EVA (2019)

- Municipio de Nariño

Nariño es un municipio mayormente rural, dado que aproximadamente el 75% de su población se ubica en esta área de su jurisdicción. Cultivos de café, caña, plátano, cacao y algunos frutales, hortalizas y verduras; conforman la producción agrícola del municipio.

Con un bajo nivel de tecnificación de las actividades agropecuarias en el municipio, cuyos rendimientos están por debajo de los promedios departamental y nacional; es de resaltar que el uso de agro tóxicos y agroquímicos para las diferentes actividades no es tan alto como en otros municipios del Oriente Antioqueño (Alcaldía de Nariño, 2020b).

Las principales problemáticas de la actividad agrícola en Nariño son los bajos niveles de tecnificación y la débil estructura de los procesos de comercialización, siendo pocos los productores que dan un el valor agregado y de transformación a sus productos, y se presentan altos niveles de intermediación.

Tabla 125. Estadísticas agrícolas, municipio de Nariño

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Arroz	Transitorio	3	3	1
Maíz	Transitorio	48	96	2
Aguacate	Permanente	30	213	7
Banano	Permanente	0	0	0
Maracuyá	Permanente	4	36	9
Tomate	Transitorio	1	100	100
Frijol voluble	Transitorio	68	95	1
Frijol arbustivo	Transitorio	25	25	1
Cacao	Permanente	404	323	1
Café	Permanente	1089	2069	2
Caña panelera	Permanente	1076	4519	4
Yuca	Transitorio	3	30	10
Plátano	Permanente	215	430	2

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias EVA (2019)

- Municipio de Samaná

Durante muchos años la economía del municipio de Samaná, tuvo una fuerte dependencia del sector cafetero, sin embargo, en la última década se ha venido trabajando alrededor de la diversificación del sector agrícola. Entre los principales productos cultivados en Samaná, se cuentan el café con una participación de 26,12%, la caña panelera que representa el 28,84%, y el plátano (29,60%). También se cultiva el cacao, sin embargo, la producción de este ha sido fluctuante, registrando picos productivos.

El caucho y el aguacate también han tenido una dinámica muy representativa en el sector agrícola de Samaná, reflejando un crecimiento muy significativo en el periodo 2009 a 2018. El incremento en la productividad de estos cultivos se asocia al trabajo realizado en la administración 2016-2019 para fortalecer las cadenas productivas de cacao, plátano, caucho y ganadería, adicional al apoyo financiero por parte de FINAGRO en 2018, a través del cual se beneficiaron 648 productores con préstamos por 4.995 millones de pesos, y 11 medianos productores con 500 millones. No obstante, a 2018 el ICA no registraba ningún predio certificado en buenas prácticas agrícolas. Según la comunidad faltan incentivos económicos a los agricultores. Insumos a alto costo lo que lleva a trabajar en perdida, falta acompañamiento técnico, falta comercialización de productos fuera del café, falta de asociatividad, cadena productivas y falta agroindustria para darle valor agregado a los productos (Alcaldía de Samaná, 2020a).

Tabla 126. Estadísticas agrícolas, municipio de Samaná

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
maíz	Transitorio	20	36	1,8
Caucho	Permanente	216	260	1,2
Aguacate	Permanente	213	1704	8
Tomate	Transitorio	2	15	7,5
Habichuela	Transitorio	0,5	0,25	0,5
Frijol	Transitorio	15,5	11,625	0,75
Cacao	Permanente	1009	807,2	0,8
café	Permanente	2560	3040	1,18
Caña panelera	Permanente	1240	4960	4
plátano	Permanente	624	4368	7

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias EVA (2019)

- Municipio de Pensilvania

En el municipio de Pensilvania, el café ha sido el cultivo de mayor expansión en el territorio, este les ha permitido a pequeños y medianos campesinos desarrollar la base histórica de la economía Pensilvense. La principal fuente económica del corregimiento es el cultivo y venta de café, seguido de la transformación de la caña en panela, y con menor número, algunos cacaoteros. En el Corregimiento Pueblo Nuevo desde el año 2005 a raíz de la sustitución de cultivos ilícitos, algunas de las viviendas localizadas en la parte rural crearon su microempresa familiar para suplir sus necesidades y tener una forma de generar ingresos, actualmente son productores de café, aguacate, plátano, banano, cítricos, caña, frutales y la ganadería.

En Pensialvania hay algunas asociaciones de productores entre las que se cuentan: una asociación de panela (ASPABOL) y una de plátano y aguacate (FUNCOLAGRO), la Asociación de Productores de San Daniel (ASOPROSAN), y una de agricultores en Chaquiral (CAMPOAGRIVECHA).

Tabla 127. Estadísticas agrícolas, municipio de Pensilvania

Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Maíz	Transitorio	2	2,79	1,40
Aguacate	Permanente	80	640	8,00
cítricos	Permanente	5	40	8,00
guanábana	Permanente	4	1	0,25
Lulo	Permanente	1	2,5	2,50
Mora	Permanente	1	7	7,00
Tomate	Transitorio	0,5	4	8,00
Arveja	Transitorio	2	2,33	1,17
Frijol	Transitorio	2	5	2,50
Habichuela	Transitorio	2	6	3,00
Cacao	Permanente	11	5,5	0,50
café	Permanente	3654	4984,8	1,36
Caña panelera	Permanente	294	1323	4,50
plátano	Permanente	101	707	7,00

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias EVA (2019)

- Municipio de Norcasia

Dentro del territorio municipal de Norcasia se desarrollan diferentes actividades de explotación del suelo, una de ellas es la agricultura caracterizada por la gran variedad de cultivos, entre los que se destacan el aguacate, el cacao, el caucho y el plátano; y también algunos frutales, como se observa en la Tabla 128. El aguacate se produce en forma silvestre sin prácticas de manejo, cosechándose en los meses de abril – mayo y octubre- noviembre, siendo el renglón agrícola que más identifica al municipio (Alcaldía de Norcasia, 2020).

En Norcasia la ganadería es la principal actividad económica y el sector que más genera empleos en el municipio. Teniendo en cuenta las condiciones de la zona y el nivel de estudio, en la actualidad se dedican 10.000 hectáreas a esta actividad.

Tabla 128. Estadísticas agrícolas, municipio de Norcasia

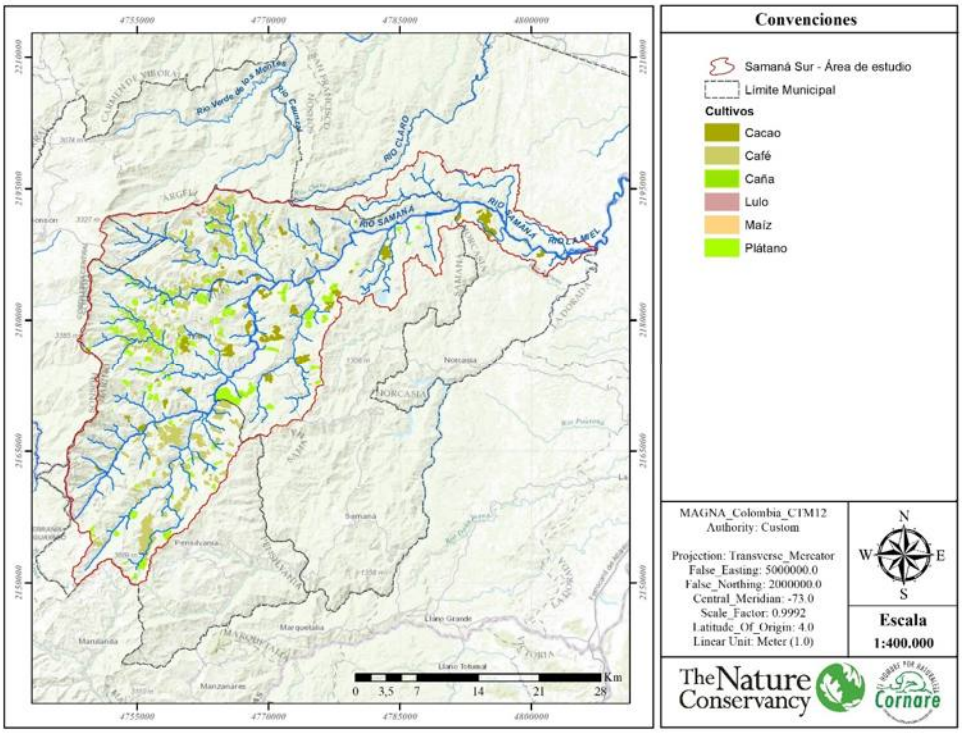
Cultivo	Tipo-Ciclo	Área cosechada	Producción	Rendimiento
Maíz	Transitorio	5	6,25	1,25
Caucho	Permanente	60	210	3,5
Aguacate	Permanente	600	8400	14
cítricos	Permanente	17	204	12
Mangostino	Permanente	2	4	2
guanábana	Permanente	26	312	12
Guayaba	Permanente	4	24	6
Cacao	Permanente	500	400	0,8
Caña panelera	Permanente	6	12	2
Yuca	Transitorio	6	90	15
plátano	Permanente	50	350	7

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias EVA (2019)

Finalmente, la Figura 233 contiene una representación de los cultivos al interior de la cuenca. Tal y como se explicó anteriormente, este mapa fue construido a partir de la información de coberturas del POMCA, los cultivos más representativos por municipios relacionados en las evaluaciones agropecuarias (EVA) de la Secretaría de Agricultura (2019), y la clasificación climática de Caldas Lang. Por tanto, la información esquemática representa solo una aproximación a las áreas en cultivos en cada uno de los municipios de la cuenca.

Para su elaboración se partió de la información de coberturas del POMCA (se ubicaron los polígonos de pastos, mosaicos y cultivos). Posteriormente y con el fin de complementar la información a partir de las áreas sembradas relacionadas en las evaluaciones agropecuarias, se utilizó la temperatura como criterio biofísico para definir las áreas en cultivos, esto debido a que la información reportada en las EVA presenta una escala municipal no veredal. Finalmente, se realizó una correlación espacial entre los rangos de temperatura para cada uno de los cultivos referenciados en las EVA y los polígonos detectados en el POMCA.

Figura 233. Representación cultivos cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), evaluaciones agropecuarias (EVA) de la Secretaría de Agricultura (2019) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

- *Actividades pecuarias*

La Tabla 129 presenta el inventario de bovinos, equinos, caprinos, ovinos y porcinos en los municipios de la cuenca.

En Argelia la mayor producción pecuaria está representada en la ganadería bovina, con un total de 8848 cabezas destinadas al doble propósito y lechería. De acuerdo a información del Plan de Desarrollo 2020 – 2023 la frontera pecuaria en el municipio se ha ampliado, causando la deforestación intensiva debido a los procesos de erosión provocados por las patas y el peso del ganado, así como la contaminación de las fuentes de aguas por los lodos y pérdida de biodiversidad. Los caballos y las mulas son el medio principal de transporte usado por las comunidades rurales y ocupan el segundo lugar en las estadísticas pecuarias de Argelia. En cuanto a la crianza y producción porcina, se reportaron un total de 534 cerdos (Agricultura, 2019); pero al respecto de esta producción el Plan de Desarrollo 2020- 2023 argumenta que el municipio no cuenta con predios porcinos registrados y que los proyectos porcinos en su mayoría son manejados en las viviendas de las familias de la zona urbana y rural, con prácticas artesanales carentes de controles técnico ambientales, que generan condiciones insalubres y una mala convivencia entre vecinos debido a las molestias generadas por los malos olores, la proliferación de moscas y la contaminación del agua. Estas prácticas se realizan sin ningún tipo de control o vigilancia por parte de la administración municipal.

En el municipio de Nariño, por su parte, la principal actividad pecuaria es la ganadería de doble propósito con cruces de Holstein x Cebú y Criollo, el inventario bovino según la información de la EVA 2019 fue de 12281 cabezas de ganado y según el Plan de Desarrollo 2020- 2023 en el año 2019 los ciclos de vacunación se incrementaron, generando un crecimiento la explotación ganadera, la cual es extensiva y con pocas prácticas de manejo. En segundo orden esta la cría de porcinos con una producción de 975 en total.

En cuanto al desarrollo de actividades pecuarias en los municipios de la Cuenca que pertenecen al departamento de Caldas, Samaná presenta el mayor inventario de bovinos de la cuenca, mientras que Pensilvania presenta el mayor inventario pecuario en términos de equinos, porcinos y ovinos. Según información del Plan de Desarrollo del municipio de Samaná en relación a las actividades pecuarias, "en el año 2014 solo 0,3% de las UPAs tenían asistencia técnica en buenas prácticas pecuarias, y a 2018 el ICA no reportaba ninguna UPA certificada con buenas prácticas ganaderas. Solo siete (7) predios bovinos y un (1) predio porcino contaban con autorización sanitaria y de inocuidad" (Alcaldía de Samaná, 2020a).

Tabla 129. Estadísticas pecuarias, municipios cuenca Samaná Sur

Municipios	Total Bovinos	Total Equinos	Total Caprinos	Total Ovinos	Total Porcinos
Argelia	8846	737	300	27	534
Nariño	12281	132	20	0	975
Pensilvania	11993	2893	11	128	5223
Samaná	36993	1866	17	13	930
Norcasia	13584	893	1	38	232

Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Censo Pecuario Nacional (2019)

- *Actividades Piscícolas*

- Municipio de Argelia

En cuanto a los proyectos piscícolas en Argelia, según el Plan de Desarrollo 2020-2023 (Alcadía de Argelia, 2020) la seguridad alimentaria y los ingresos de las familias que desarrollan esta actividad han mejorado; pero las productoras piscícolas están generando contaminación del recurso hídrico por falta de buenas prácticas de manejo. Se resalta que estos productores gradualmente han ido concientizándose sobre la necesidad de adquirir los permisos para la merced de aguas por parte de la corporación ambiental y están recibiendo capacitaciones por parte del SENA. En la actualidad, no están formalizados ni asociados.

En el título "Sector promoción del desarrollo - Diagnóstico" de la misma fuente (Alcadía de Argelia, 2020), se menciona dentro de las potenciales experiencias de emprendimiento, la crianza de especies piscícolas como trucha, tilapia y cachama, como una alternativa para proyectos productivos que también permitan la promoción del turismo, pero estableciendo medidas que mitiguen cualquier impacto de tipo ambiental.

- Municipio de Nariño

La cercanía del municipio con la cuenca del río Samaná Sur, siendo este el río donde más afluentes de agua desembocan, convierte el municipio en una zona potencial para el desarrollo de la actividad piscícola. De acuerdo con la descripción del uso del suelo en el municipio la extensión del área

destinada a piscicultura y la extracción de arena son 88,19Ha y la participación del 0,30%. Dentro de los programas para la generación de ingresos implementados en Nariño figura un proyecto piscícola, ejecutado en el 2015 a través de un convenio entre la alcaldía y la Unión Europea (PNUD), que beneficio 25 familias de las veredas Arrayán y Argentina.

- *Actividades turísticas*

De acuerdo con la información del Anuario Estadístico de Antioquia 2018, la vocación turística del municipio de Argelia es de tres tipos: cultural, de naturaleza y agroturismo.

Como principales atractivos turísticos de esta jurisdicción están: la Iglesia de San Julián, ubicada en el marco de la Plaza Principal, que es un icono religioso para los Argelinos. El teleférico, ubicado a 10 Km de la cabecera municipal en la Vereda El Zancudo. Facilita el transporte de productos agrícolas de los campesinos de la región, acortando caminos y tiempo de desplazamiento, comunica las Veredas El Zancudo, San Luís y La Plata. El atractivo de este sitio es la vegetación, sus paisajes y su infraestructura. Río San Julián, ubicado en la vereda que lleva su mismo nombre, atractivo por sus aguas transparentes y sus paisajes, se puede llegar al lugar caminando o a caballo. La Mina, zonas de investigación arqueológica, situada a 6 km de la cabecera municipal, en la Vereda La Mina. El interés turístico de este lugar se centra en sus aguas cristalinas que forman charcos y cascadas naturales y sus paisajes, se puede llegar hasta allí en carro, a caballo o caminando. A los anteriores, se suman lugares como La Linda (zona de camping), la vereda La Paloma, por sus charcos y senderos naturales, La Cascada (Caídas de agua y baños naturales) y un aproximado de 80 cascadas naturales y con aguas cristalinas aptas para bañistas y amantes del turismo natural (Alcadía de Argelia, 2020).

Dentro de los lugares que ofrecen alojamiento en Argelia figuran tres hoteles, un famihotel, un hostal y un alojamiento, todos ubicados en la cabecera municipal.

En lo que respecta al municipio de Nariño, se encuentra la Iglesia Parroquial Nuestra Señora de Las Mercedes, construida entre 1940 y 1960, cuya arquitectura combina lo gótico con lo barroco; el Cerro de la Cruz de San Agustín, ubicado a 13 km de la cabecera municipal en la Vereda La Iguana, en su cima está la Santa Cruz, es un lugar de peregrinación religiosa y también de caminata para los turistas, el Cañón del Río Samaná. Vereda Puente Linda, localizado en los límites con el departamento de Caldas y catalogado como el centro turístico más poblado y destacado del municipio de Nariño, cuenta con infraestructura hotelera, restaurantes, piscina y está ubicado en la ribera del río Samaná, se encuentra a una distancia de 20 minutos de los Termales del Espíritu Santo, otro importante atractivo turístico para los visitantes (Alcaldía de Nariño, 2020b).

Entre los atractivos turísticos de Nariño también se encuentran las cascadas Espíritu Santo ubicadas en la ruta carreteable vía Nariño - El Recreo hasta la vereda Uvital; allí se puede observar la caída de siete cascadas, formadas por el Río Espíritu Santo, cuenta con una zona de baños y una piscina natural. Al lugar se puede llegar en carro, caminando y a caballo. En la vereda Santa Rosa, se encuentran los Termales El Líbano, donde pueden realizarse actividades como caminata ecológica, disfrutar de las aguas cristalinas, y recibir los múltiples beneficios de las aguas termales.

En cuanto a infraestructura hotelera, Nariño cuenta con un hotel, un minihotel y un motelubicados en la plaza principal; Estadero Brisas del Sol, La Casona Uvital y termales El Libano, en la vereda Uvital, Hoteles El Mirador del Samaná, Puente Linda y Santa Isabel; así como los Termales Espíritu Santo, en la vereda Puentelinda; y estadero El Recreo en la vereda de su mismo nombre.

De acuerdo con la información primaria recogida en la tercera salida de campo en el marco del presente Convenio, desarrollada entre el 12 y el 14 de abril del 2021, se identificaron como atractivos naturales en la vereda El Recreo del municipio de Nariño, el paseo al río con sus cascadas y la caverna de los indígenas. Los anteriores sitios son los referentes recreativos de mayor reconocimiento en la vereda y representan un potencial para la promoción turística que ya ha empezado a materializarse mediante el proyecto sendero ecológico las Guacharacas, el cual surgió hace tres años como una iniciativa colectiva que accedió a recursos del programa nacional de turismo comunitario.

Foto 18. Placa deportiva y estadero El Recreo



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Su objetivo es dar a conocer a propios y visitantes las riquezas del territorio frente a la arqueología, como la caverna de los indígenas (25 m de profundidad) que se encuentra en muy buenas condiciones, el recorrido del río y las cascadas que se observan en el camino. La comunidad ofrece la guía para estas actividades en un recorrido que puede realizarse en un día completo (1700 metros el recorrido más largo), entre las 9 am y 5 pm. A futuro desean contar con profesionales que apoyen a realización del diagnóstico, las estrategias y actividades en torno al ecoturismo.

Foto 19. Sendero ecológico las Guacharacas



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Por su parte, para la vereda Puente linda, se ratificó en campo que la actividad turística es jalonada por la existencia de los termales del Espíritu Santo (ver Foto 20), sin embrago su potencial turístico supera este elemento del paisaje, como se observa en el siguiente listado de atractivos turísticos identificados en campo: Cascadas del Espíritu santo, Cerro de La Iguana, termales El Líbano, Charco de Los Pilones (río Samána), charco llamado Piedra Grande en el río San Pedro, eventos como el torneo de futbol La Copa Reyes, realizado en Puerto Venus.

Foto 20. Termales del Espíritu Santo



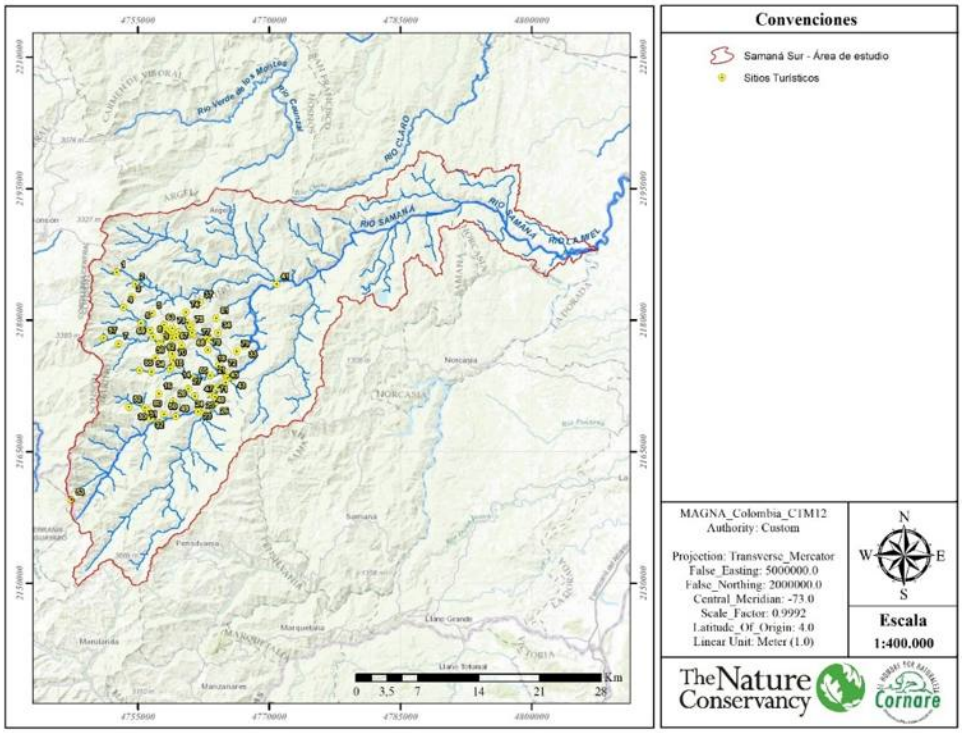
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

La actividad turística es representativa y se prevé que aumente en la medida en la que las condiciones de la vía mejoren y la promoción turística vaya en aumento. Datos que corroboran lo anterior son:

- La existencia de cinco hoteles, un hostal en el asentamiento Puente Linda, y el hotel en los termales propiamente dichos.
- La celebración de dos versiones de las fiestas del turismo en Puente Linda
- La participación en actividades de La Provincia de La Paz y su iniciativa de conformar una organización de turismo.
- La existencia de oferta turística en Pueblo Nuevo, independiente de los témales del Espíritu Santo
- La ocupación completa de los alojamientos de Puente Linda en fines de semana de puente e incluso fines de semana ordinarios. Esta demanda está directamente relacionada con los termales del Espíritu Santo
- La actividad de construcción y remodelación de infraestructura encaminada a prestar servicios turísticos
- La oferta de productos elaborados en la región (miel de abejas, champús a base de miel, licores a base de café, chocolate artesanal)

La Figura 234 muestra los puntos turísticos de los municipios de Argelia y Nariño, la cual fue construida con base en la información suministrada por García (2020), a partir de su tesis de maestría “Producto Turístico de Nariño Antioquia, una propuesta desde el diseño social para el desarrollo de turismo rural comunitario”, la cual es articulada con el EOT del municipio de Nariño.

Figura 234. Sitios turísticos Cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

Por su parte, en la Tabla 130 se muestra el inventario de los puntos representados en la Figura 234.

Tabla 130. Puntos turísticos Cuenca Samaná Sur

Número	Sitio	Número	Sitio
1	La Batea	42	Puente Linda
2	Charco San Miguel	43	Estaderos
3	Cuchilla San Gregorio	44	Charcos Rio Samana
4	Charco Rio San Pedro	45	Playas de la Circacia
5	Alto de Quiebra Honda	46	Playas San Agustín
6	Alto del Limon	47	Hacienda La Circacia
7	Alto de San Andres	48	Charco don diego
8	Los Puentes	49	Charco la Hermosa
9	Charco el regadero	50	El Bosque
10	Puente El Carmelo	51	Quebrada Negra
11	Puente Valvanera	52	Falla del Piñal
12	El Algarrobo	53	La Laguna

Número	Sitio	Número	Sitio
13	Puente el Arayan	54	Playas La argentina
14	Playas del Arrayan	55	Playas la pedrera
15	Alto de Damas	56	Alto Alegrias
16	Alto del Guanabano	57	La Arenosa
17	Piedra Grande	58	Mirador Leticia
18	Termales Espiritu Santo	59	Mirador Fontibon
19	Charco el Trincho	60	Las Peñas
20	Puente San Pedro	61	Charco La Planta
21	Charco Medallo	62	Cascada San Juan
22	Cerro de la Iguana	63	Charco Santa Clara
23	Playas de Iguana	64	Estadero el Llano
24	Charco Ventanas	65	Puente San Pedro Abajo
25	Charco redondo	66	Cascada Obra del Hueco
26	Puente Pueblo Nuevo	67	Charco la Perra
27	Alto del Diamante	68	Charco el Vizcocho
28	Alto del Zafiro	69	Puente Rio Arriba
29	Puente Arboleda	70	Playas Carmelo
30	Charco la Piscina	71	Piedra del Mapa
31	Charco Largo	72	La Quinta
32	Cerro	73	Estadero Burbujas
33	Termales el Libano	74	Alto MediaCuesta
34	Estadero las Brisas	75	Cascada Escondida
35	Charco el Palo	76	Charco La Piscina
36	Cascadas del Espiritu Santo	77	Playas de Uvital
37	Alto del Roble	78	Capilla el Caraño
38	Cristo Rey	79	Mirador el Plan
39	Estadero Piñon	80	Caserio Pedregal
40	Estadero El recreo	81	Alto del Leon
41	Encuentros La Esperanza		

Fuente: V. García (2020)

En lo que respecta a los demás municipios de la Cuenca del río Samaná Sur ubicados en jurisdicción del departamento de Caldas, se encuentra en el municipio de Norcasia una inmensa riqueza hídrica y paisajística, que permite actividades como el recorrido en lancha, el avistamiento de aves y el senderismo, entre otros.

Entre los lugares de interés turístico de Norcasia está La cascada La Clara, ubicada aproximadamente a 15 minutos de la cabecera municipal. El remolino en río Manso, situado en la parte baja de río Manso a una hora de Norcasia, ideal para descansar, practicar pesca deportiva y realizar actividades de aventura. La Garrucha, a una hora de distancia del municipio, punto donde el río La Miel divide los municipios de Norcasia y Victoria, ofrece paisajes naturales, practica de tubbing y avistar diversas clases de animales como mariposas, monos aulladores, peces y demás (Aventure., 2020).

Para el municipio de Samaná, se destaca como lugar de atractivo turístico la laguna de San Diego localizada en el municipio de Samaná, específicamente en el corregimiento de San Diego, ofrece actividades como el avistamiento de aves, las cabalgatas, el senderismo y la pesca deportiva,

permitiendo el disfrute del singular paisaje de la región (Fondo de promoción turística Colombia, 2012).

Dentro de los nuevos destinos turísticos que promueve la gobernación de Caldas, está el Parque Natural Nacional Selva de Florencia, ubicado en jurisdicción de los municipios de Samaná y Pensilvania en el departamento de Caldas. Las actividades y servicios que ofrece el parque son: senderismo, senderos terrestres, investigación y educación ambiental, observación de fauna, fotografía y video. Este parque tiene la mayor concentración de anfibios del país y más de la mitad de todas las ranas de la cordillera central.

En el municipio de Pensilvania el turismo tiene un sentido más espiritual. Allí se encuentra el templo de Nuestra Señora de los Dolores, el monasterio de la Visitación y la presencia de comunidades religiosas, dentro de sus atractivos turísticos cuenta con senderos ecológicos al contacto directo con la naturaleza, el aire puro, las diferentes especies de Flora y fauna, y paisajes inolvidables desde los distintos cerros del Municipio (Buena Vista, Martínez, El Gallo, Carbunco, Tacón, Campanario, Viringo, Cauroma y Cruz de Helecho).

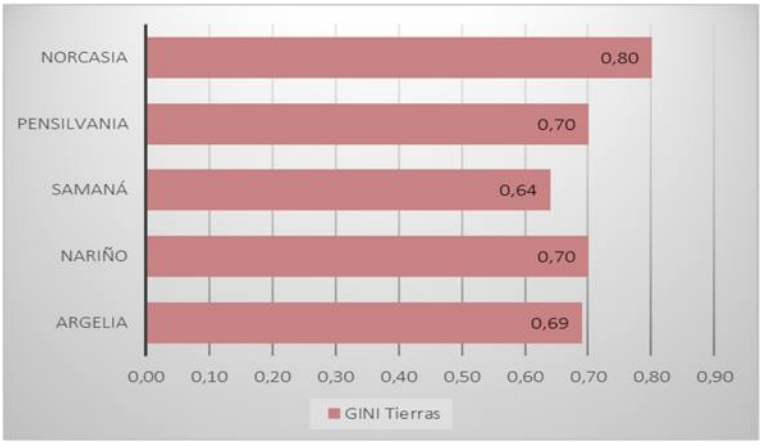
8.4.3 *Identificación de conflictos*

8.4.3.1 Conflictos por uso de la tierra

Los estudios sobre el uso del suelo en el país y sus sistemas actuales de uso y producción indican que amplias extensiones se utilizan en actividades que superan su oferta ambiental o que, por el contrario, no la aprovechan debidamente. Lo anterior ha provocado su degradación o que no se alcancen los niveles productivos que el país y la sociedad requieren (Codazzi, 2001).

El Gini de tierras en los municipios de la cuenca del río Samaná Sur, evidencia desigualdad en la propiedad de la tierra, con situación más aguda en Norcasia y una condición menos crítica en el municipio de Samaná. Los municipios de Pensilvania, Argelia y Nariño presentan rangos medios en el Índice. Sin embargo, en todos los municipios se da una alta concentración de la tierra, lo que se refleja en la desigualdad en el acceso a la propiedad de la tierra.

Figura 235. GINI de tierras en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño (2017)

De acuerdo con el Capítulo 9 del Análisis Situacional de la Cuenca del río Samaná Sur (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i), se realiza el análisis de conflictos por uso de la tierra frente al uso actual del suelo al año 2017 con el uso potencial de las áreas de las cuenca, en donde se encontró lo siguiente:

Por sobreutilización severa:

Áreas cuyo uso actual está en pastoreo extensivo (PEX), y cuyo uso potencial es de sistemas forestales protectores (FPR). En general, en estas áreas no se debe desarrollar ningún tipo de actividad económica, estas tierras están destinadas a la protección de las laderas contra procesos erosivos, mantenimiento y desarrollo de la vegetación nativa, conservación de especies maderables en vía de extinción, o como protección de recursos hídricos. En la cuenca del río Samaná Sur se encuentran 13903,6 hectáreas equivalentes al 11,93% que presentan este conflicto.

Tierras en descanso donde su uso potencial es de sistema forestal productor (FPD), este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En el área de influencia de la cuenca se encuentran 5467,36 hectáreas correspondientes a un 4,69%.

También se encuentran tierras en descanso y cuyo uso potencial es de sistemas forestales protectores (FPR). En estas áreas no se debe desarrollar ningún tipo de actividad económica, estas tierras están destinadas a la protección de las laderas contra procesos erosivos, mantenimiento y desarrollo de la vegetación nativa, conservación de especies maderables en vía de extinción, o como protección de recursos hídricos. En la cuenca se encuentran 1746,23 hectáreas equivalentes al 1,5%.

Zonas donde actualmente tienen cultivos permanentes intensivos (CPI), donde no se debe desarrollar ningún tipo de actividad económica, cuyo uso potencial es de sistemas forestales protectores (FPR). Estas tierras están destinadas a la protección de las laderas contra procesos erosivos, mantenimiento y desarrollo de la vegetación nativa, conservación de especies maderables en vía de extinción, o como protección de recursos hídricos. En la cuenca se encuentran 2193,32 hectáreas equivalentes al 1,88%.

Por sobreutilización moderada:

Áreas cuyo uso actual está en pastoreo extensivo (PEX), y cuyo uso potencial es de sistema forestal productor (FPD). este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca del río Samaná Sur se encuentran 11588,38 hectáreas equivalentes al 9,94%, que presentan este conflicto.

Por sobreutilización ligera:

Zonas donde actualmente tienen cultivos permanentes semi-intensivos con pastoreo extensivo, y cuyo uso potencial es de sistema forestal productor (FPD). Este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca del río Samaná Sur se encuentran 1868,45 hectáreas equivalentes al 1,6%, que presentan este conflicto.

Áreas con pastoreo extensivo (PEX), donde el uso potencial es de sistemas silvopastoriles (SPA), este sistema Involucra la producción de forraje entre el bosque plantado y las pasturas arboladas; en consecuencia, la alternativa de uso puede ser ganadería extensiva y bosque productor. En el área de influencia de la cuenca se encuentran 1516,21 hectáreas correspondientes a un 1,3%.

Por Subutilización moderada:

Zonas cuyo uso actual es de protección, pueden ser utilizadas en sistemas silvopastoriles (SPA), donde se involucra la producción de forraje entre el bosque plantado y las pasturas arboladas; en consecuencia, las alternativas de uso potencial pueden ser ganadería intensiva y bosque productor; ganadería semi-intensiva y bosque productor; ganadería extensiva y bosque productor. En la cuenca se encuentran 5647,55 hectáreas correspondientes al 4,84%.

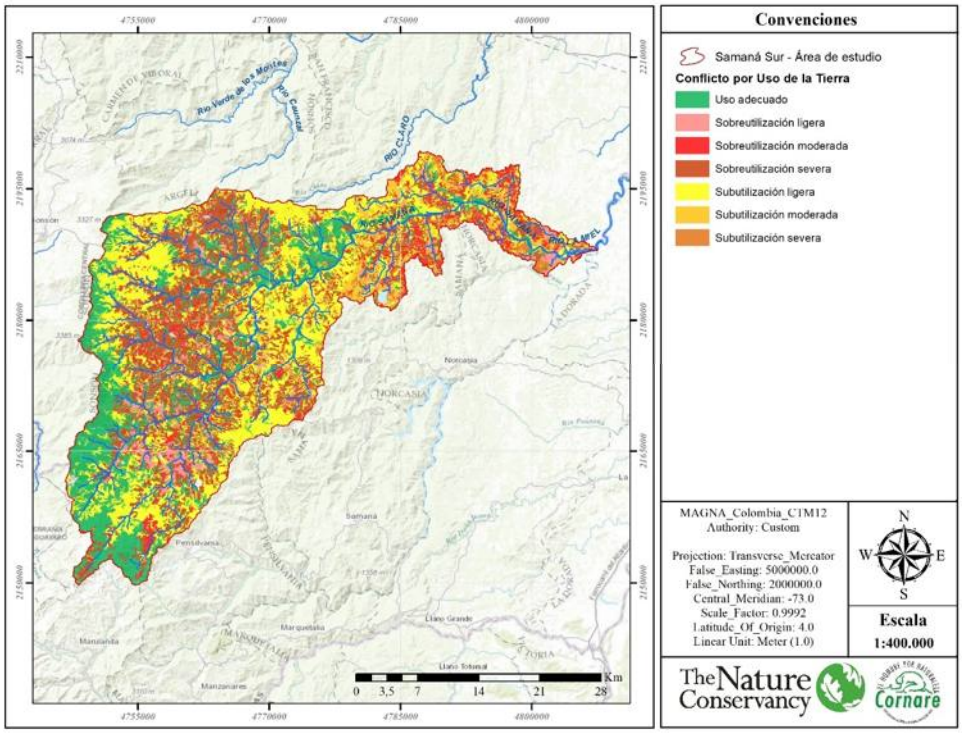
Por Subutilización ligera:

Áreas en protección que pueden estar en sistema forestal productor (FPD). Este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca del río Samaná Sur se encuentran 33047 hectáreas equivalentes al 28,35%, que presentan este conflicto.

Zonas en producción-protección, pueden implementarse en sistema forestal productor (FPD). Este sistema forestal puede satisfacer la demanda industrial de productos derivados del bosque; este tipo de productos está relacionado con maderas, pulpas y materias primas. En la cuenca se encuentran 5448,29 hectáreas equivalentes al 4,67%.

Las zonas en las categorías de conflictos por uso del suelo por sobreutilización o subutilización se representan y delimitan cartográficamente en la Figura 236.

Figura 236. Conflictos por uso de la tierra en la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017i)

8.4.3.2 Conflictos por uso del recurso hídrico

De acuerdo con el POMCA de la Cuenca del río Samaná Sur (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017i), al hacer la relación entre el índice de usos del agua (IUA) y el índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) al año 2017, se encontró para año medio que el 100% de la cuenca presenta conflicto bajo por el uso del agua, es decir, la calidad del agua de estas fuentes hídricas junto con la oferta disponible posibilitan su uso para consumo humano y para el desarrollo de las diferentes actividades productivas que se dan en la cuenca, además favorecen el crecimiento y desarrollo de las diferentes especies de flora y fauna presentes en los ecosistemas acuáticos (ver Figura 237.

Figura 237. Conflictos por uso del recurso hídrico año medio en la Cuenca del río Samaná Sur

Subcuenca	IUA_medio	Calificación	IACAL medio	Nivel presión	Conflictos por uso del RH
Río Chamberí	4.8	Bajo	1.8	Moderada	Conflicto Bajo
Río Dulce	2.2	Bajo	1.0	Baja	Conflicto Bajo
Río El Pozo	6.8	Bajo	1.4	Baja	Conflicto Bajo
Río Hondo	3.2	Bajo	1.0	Baja	Conflicto Bajo
Río Hondo - Qda. El Arenillo	5.1	Bajo	1.8	Moderada	Conflicto Bajo
Río La Paloma	6.1	Bajo	2.0	Moderada	Conflicto Bajo
Río Negrito	6.1	Bajo	1.8	Moderada	Conflicto Bajo
Río Samana	2.8	Bajo	2.2	Moderada	Conflicto Bajo
Río Samana - Qda. El Rosario	4.4	Bajo	1.0	Baja	Conflicto Bajo
Río Samana - Qda. La Edesma	4.4	Bajo	1.0	Baja	Conflicto Bajo
Río Samana - Qda. La Iguana	3.6	Bajo	2.0	Moderada	Conflicto Bajo
Río Samana - Qda. Las Mercedes	3.7	Bajo	2.0	Moderada	Conflicto Bajo
Río Samana - Qda. Santa Rita	5.3	Bajo	2.0	Moderada	Conflicto Bajo
Río San Lorenzo	4.4	Bajo	1.8	Moderada	Conflicto Bajo
Río San Pedro	7.9	Bajo	1.4	Baja	Conflicto Bajo
Río San Pedro - Qda. Damas	8.6	Bajo	2.4	Moderada	Conflicto Bajo

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017i)

En tiempo seco la relación entre el índice de usos del agua (IUA) y el índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL), arrojó que el 88% de las subcuencas (14 subcuencas) tienen un conflicto alto por el uso del agua, el 6,25% presenta conflicto medio y el restante 6,25% conflicto bajo. Las subcuencas con conflicto bajo y medio son las subcuencas del Río Dulce y del Río Hondo respectivamente (ver Figura 238).

Figura 238. Conflictos por uso del recurso hídrico año seco en la Cuenca del río Samaná Sur

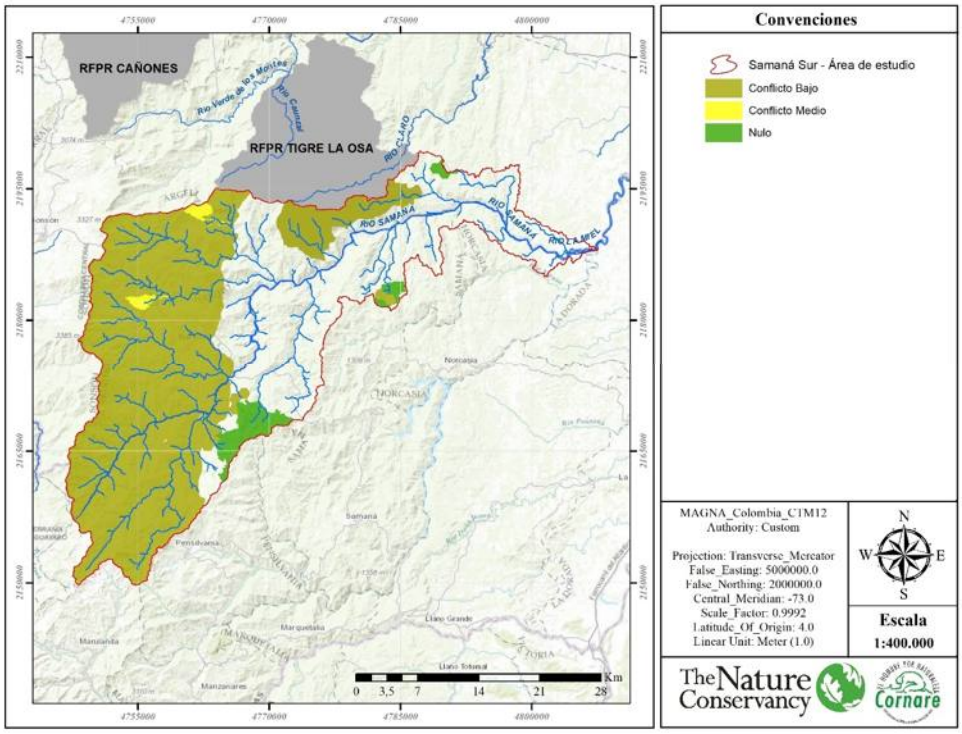
Subcuenca	IUA_seco	Calificación	Nivel presión	IACAL seco	Conflictos por uso del RH
Río Chamberí	22.2	Alto	2.6	Media Alta	Conflicto Alto
Río Dulce	9.2	Bajo	1.8	Moderada	Conflicto Bajo
Río El Pozo	29.5	Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Río Hondo	16.3	Moderado	1.8	Moderada	Conflicto Medio
Río Hondo - Qda. El Arenillo	23.0	Alto	2.6	Media Alta	Conflicto Alto
Río La Paloma	27.7	Alto	2.8	Media Alta	Conflicto Alto
Río Negrito	28.0	Alto	2.6	Media Alta	Conflicto Alto
Río Samana	13.0	Moderado	2.8	Media Alta	Conflicto Alto
Río Samana - Qda. El Rosario	20.8	Alto	2.4	Moderada	Conflicto Alto
Río Samana - Qda. La Edesma	20.8	Alto	2.4	Moderada	Conflicto Alto
Río Samana - Qda. La Iguana	14.9	Moderado	2.8	Media Alta	Conflicto Alto
Río Samana - Qda. Las Mercedes	15.5	Moderado	2.6	Media Alta	Conflicto Alto
Río Samana - Qda. Santa Rita	22.6	Alto	2.8	Media Alta	Conflicto Alto
Río San Lorenzo	20.8	Alto	2.4	Moderada	Conflicto Alto
Río San Pedro	44.9	Alto	2.2	Moderada	Conflicto Alto
Río San Pedro - Qda. Damas	42.0	Alto	3.4	Media Alta	Conflicto Alto

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017i)

8.4.3.3 Conflictos por pérdida de ecosistemas estratégicos

De acuerdo con el POMCA de la Cuenca del río Samaná Sur (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017g), en la se presenta el análisis del conflicto de pérdida de ecosistemas estratégicos de acuerdo con base en los resultados de IVR, TCCN, IF e IAC calculados para las 93579,6hectáreas identificadas en la cuenca que pertenecen a los ecosistemas estratégicos.

Figura 239. Conflicto por pérdida de coberturas en áreas y ecosistemas estratégicos en la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017i)

No se encontraron áreas en conflicto muy alto ni alto que requieran acciones de rehabilitación o restauración ecológica de las coberturas naturales. Por su parte, la mayor parte del área corresponde a 890,1 Ha (1,0%) se encuentran en conflicto medio y 87671,0 ha (93,7%) en conflicto bajo, en donde se recomienda adelantar el uso sugerido por la zonificación del POMCA, con condicionamientos de uso que se orienten al empleo de especies nativas, la protección de las coberturas naturales, y el fomento de la conectividad entre las mismas.

También es importante resaltar que se encuentran 5018,5 ha (5,4%) sin conflicto por pérdida de coberturas naturales, que refleja un estado de conservación elevado, principalmente en el PNN Selva de Florencia, DRMI Laguna de San Diego, Bosques del sistema Kárstico y ciertas áreas de la RFPR El Tigre La Osa, entre otras.

Capítulo 9. Identificación y caracterización de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos hacen relación al conjunto de propiedades ambientales que se derivan de estructuras y procesos, los cuales se organizan desde un punto de vista antropocéntrico, para ser útiles y necesarios para el bienestar humano. A partir de esto, se dice que los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Ahora bien, bajo una perspectiva económica, los servicios ecosistémicos pueden entenderse como "el flujo de valor para las sociedades humanas como resultado del estado y cantidad del capital natural"(Wallis et al., 2011; Müller et al., 2015).

De acuerdo con el Producto 2 "Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de los Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico" (TNC, 2021), para efectos de este proyecto, se adopta el concepto de servicios ecosistémicos dada por Daily, (1997): *"Se define como servicios ecosistémicos a las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los componen, sostienen y satisfacen la vida humana".*

De esta forma, la identificación y caracterización de los servicios ecosistémicos (SE) se fundamenta en los lineamientos de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos –PNGIBSE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Instituto Alexander Von Humboldt. Departamento Nacional de Planeación, 2012). Según dicha política, los servicios ecosistémicos corresponden a los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad, por lo cual han sido reconocidos como el puente de unión entre la biodiversidad y el ser humano.

Estos beneficios pueden ser directos, como la provisión de alimento directamente consumible, fibra o combustible; o indirectos a través de su influencia en los procesos de los ecosistemas que son esenciales para la vida, como la fertilidad del suelo, de la cual dependen buenas cosechas o la polinización de la cual depende la producción de frutos y alimentos vegetales para consumo humano. En términos generales se pueden identificar cuatro tipos de servicios ecosistémicos: SE de provisión o aprovisionamiento, SE de regulación, SE de soporte y SE culturales. La Evaluación de los ecosistemas del milenio (UNIDAS, 2005) define cada categoría de la siguiente manera:

- Servicios base o de soporte: Son los procesos ecosistémicos y estructurales que hacen que sea posible la generación de servicios de regulación, aprovisionamiento y culturales. Por tanto, su efecto sobre el bienestar de las personas y la sociedad se manifiesta a través del impacto en la provisión de otros bienes y servicios ambientales. Hacen parte de ellos la producción primaria, el ciclado de nutrientes, la formación de suelo, la polinización, el control biológico y la provisión de hábitat para la biodiversidad.
- Servicios de provisión: Son recursos tangibles y finitos que se contabilizan y consumen, los cuales en su mayoría presentan un mercado estructurado. Pueden ser o no renovables. Entre ellos se encuentra la provisión de alimentos, materias primas, combustible y fibras, recursos medicinales, recursos ornamentales, recursos genéticos y agua.

- Servicios de regulación: Servicios que mantienen los procesos y funciones naturales de los ecosistemas, a través de las cuales se regulan las condiciones del ambiente. Entre ellos se encuentran la regulación de gases atmosféricos, del clima, de disturbios ambientales, del ciclo hidrológico, el mantenimiento de la calidad del agua, el control de la erosión y retención de sedimentos y el tratamiento de residuos.
- Servicios culturales: Corresponden a servicios no materiales que el hombre obtiene de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y el disfrute estético. Son producto de percepciones individuales o colectivas que nacen según el contexto socio-cultural de un área específica. Intervienen en la forma en que el hombre interactúa con el entorno y con las demás personas. Están muy ligados a los valores humanos, su identidad y su comportamiento. Entre ellos se encuentra la recreación, la calidad escénica, la inspiración cultural y artística, la inspiración espiritual e histórica y la ciencia y educación.

La Tabla 131 muestra los tipos de servicios ecosistémicos por categoría. Las definiciones fueron adaptadas de los de la PGIBSE y de la Evaluación de los ecosistemas del milenio.

Tabla 131. Definición de servicios ecosistémicos

Categoría	Servicio ecosistémico	Definición
Servicios de aprovisionamiento	Alimentos	Disponibilidad de alimentos (cultivos y ganados), necesario para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional. Depende no solamente de la diversidad de especies y variedades resultado de un largo proceso de domesticación, selección y mejoramiento.
	Pesca	Especies de fauna íctica que aportan a la seguridad alimentaria de la población y a su subsistencia.
	Acuicultura	Asociado a la reproducción de peces en estanques. Corresponde a una actividad de producción de alimentos, materias primas de uso industrial y farmacéutico, y organismos vivos para repoblación u ornamentación.
	Productos forestales Maderables	Volumen de madera proveniente de bosques silvestres aprovechados legalmente, así como de procesos de reforestación comercial.
	Productos forestales No Maderables	Asociado a artesanías y materiales como cueros, tejidos, semillas, resinas.
	Pieles, carne y fauna ornamental	Corresponde a alimentos silvestres (especies vegetales o animales capturadas en estado silvestre), con fines alimenticios u ornamentales.
	Recursos genéticos Ingredientes naturales, plantas medicinales, productos farmacéuticos y productos cosméticos	Se refiere a los genes e información genética usada para reproducción animal, mejora vegetal y biotecnología. Así como al potencial de la vegetación y la fauna para la producción de medicamentos, aditivos para alimentos, plantas aromáticas frescas o deshidratadas, además de aceites, colorantes, mieles, extractos, otros materiales biológicos derivados de los ecosistemas, para uso comercial y doméstico.
	Agua	Oferta hídrica, manifestada en la lluvia superficial. Hace referencia a la capacidad del ecosistema de proveer agua para sus diferentes usos: agua para consumo humano, agua para riego, agua como insumo industrial
Servicios de Regulación	Regulación hídrica	Influencia que tienen los ecosistemas respecto al tiempo y a la magnitud de las escorrentías, inundaciones y recarga de acuíferos, especialmente en términos de potencial para almacenamiento de agua del ecosistema o paisaje.

Categoría	Servicio ecosistémico	Definición
	Almacenamiento y captura de carbono y Mantenimiento de la calidad del aire	Regulación de la composición química de la atmósfera y capacidad fijadora de CO_2, con impacto directo en el mantenimiento de la calidad del aire.
	Purificación del agua	Capacidad de los ecosistemas de filtrar, limpiar y descomponer compuestos químicos y detritos, por medio de procesos realizados en el suelo y subsuelo. Dicha capacidad permite que los ecosistemas actúen como barreras físicas contra el movimiento de contaminantes hacia el suelo y el agua
	Control de la erosión	Rol que desempeña la cobertura vegetal en la retención del suelo y mantenimiento de sus características edafológicas.
Servicios de Soporte	Provisión de hábitat para especies terrestres	Los hábitats proveen todo lo que una planta o un animal necesita para sobrevivir: alimento, agua y guarida. Cada ecosistema brinda distintos hábitats que son esenciales para el ciclo de vida de las especies.
	Provisión de hábitat para especies acuáticas	Asociado al hábitat que requieren las especies acuáticas para desarrollar sus funciones.
	Ciclado de nutrientes	Formación y mantenimiento de la fertilidad del suelo a través del ciclo de nutrientes.
Servicios culturales	Recreación y turismo	Gozo recreativo que la gente deriva de los ecosistemas naturales o cultivados. A este se asocian actividades como senderismo, camping y avistamiento de pájaros.
	Belleza escénica	Asociado a la belleza y los valores estéticos de la naturaleza en todas sus formas.
	Expresiones culturales asociadas a los recursos naturales	Los valores de la naturaleza y la biodiversidad como fuente de inspiración para el diseño, la cultura y el arte (incluye múltiples expresiones culturales como pintura, danza, cantos, textiles, gastronomía, ritos, mitos, creencias)

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la PNGIBSE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Instituto Alexander Von Humboldt. Departamento Nacional de Planeación, 2012). La Evaluación de los ecosistemas del milenio (UNIDAS, 2005)

Asimismo, para la identificación de los servicios ecosistémicos se tiene en cuenta la modelación de los servicios ecosistémicos presentada en el apartado 9.3 en donde a partir de una metodología de modelación es posible la espacialización de los servicios ecosistémicos, lo que permite dimensionar cada uno de ellos.

9.1 Identificación de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Norte

En la cuenca del río Samaná Norte se reconocen diferentes especies de plantas y animales que son importantes por sus servicios ecosistémicos que proporcionan a la cuenca (recursos alimenticios, materias primas, cultura, recreación, regulación y mantenimiento del ecosistema acuático), en especial los peces como recurso alimenticio para los humanos y demás especies de fauna, pero también la cuenca le ofrece servicios ecosistémicos a los peces como un hábitat adecuado para su historia de vida, tal es el caso de las zonas de reproducción de los peces migradores que son fuente vital de los ecosistemas y de la población humana (Valderrama et al., 2020).

A continuación, se presentan la identificación de los servicios ecosistémicos de la Cuenca del río Samaná Norte.

9.1.1 *Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento*

En la cuenca se identificaron los servicios de aprovisionamiento asociados a alimentos, pesca, acuicultura, productos forestales maderables, productos forestales no maderables, pieles, carne y fauna ornamental, recursos genéticos, medicinales y farmacéuticos y agua.

A continuación, se describe cada uno de dichos servicios, con sus particularidades para la cuenca.

9.1.1.1 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Alimentos

En esta cuenca se evidencia un área importante con cobertura vegetal asociada a pastos y cultivos (30,08% del total del área de la cuenca), ubicada especialmente en la parte alta y media de la cuenca. En lo que respecta al área agrícola, la cual provee el SE de aprovisionamiento de cultivos, la cuenca presenta un área total de 8.369,27ha, tal y como se evidencia en la Tabla 132.

Tabla 132. Cobertura de cultivos y pastos en la cuenca del Samaná Norte

Tipo de cobertura	Total general	% Respecto al área total de la cuenca
Áreas agrícolas heterogéneas	5.961,38	2,97%
Cultivos permanentes	2.301,55	1,15%
Cultivos transitorios	106,34	0,05%
Pastos	52.043,35	25,91%
Total general	**200.829,96**	

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

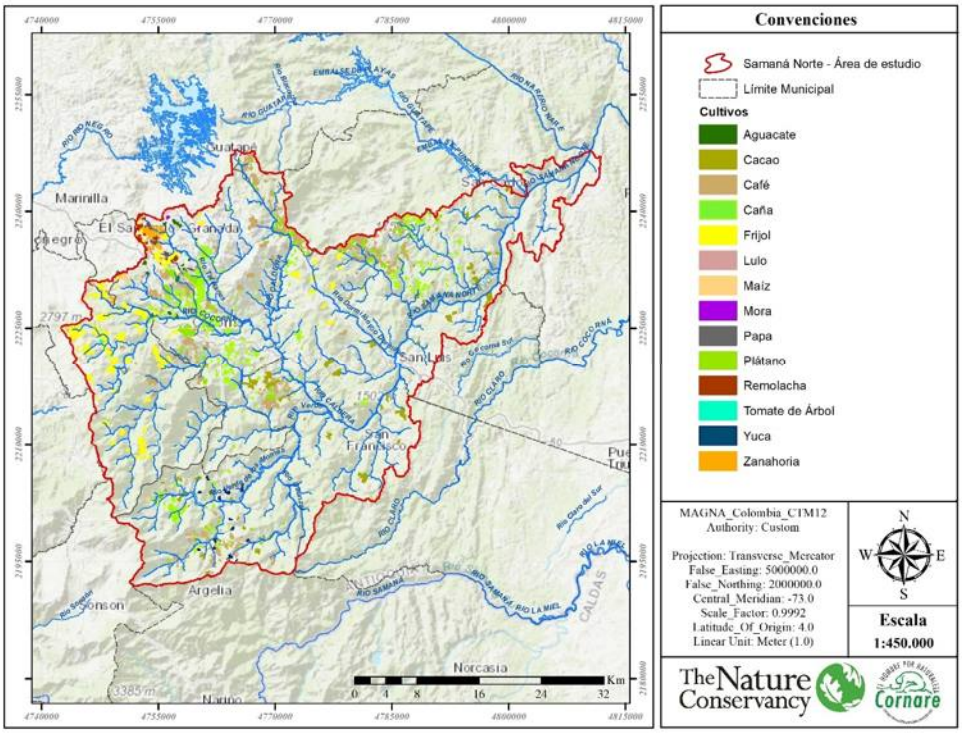
Los cultivos permanentes más representativos corresponden a aguacate, café, plátano y caña panelera, con un área total cosechada de 17.899,7 ha y una producción aproximada a las 201.532,32 toneladas, los municipios con producciones más representativas corresponden a Cocorná, San Carlo y Sonsón.

En lo que respecta a cultivos transitorios, las producciones de fríjol y hortalizas varias (lechuga, arveja, remolacha, y zanahoria) corresponden a las más representativas, especialmente en los municipios de Santuario, Carmen de Viboral y Sonsón. En general la cuenca cuenta con un área cosechada de 11.220 ha en cultivos transitorios 187.919,74 toneladas.

La actividad agrícola se desarrolla a partir de sistemas productivos tradicionales, con presencia de una economía campesina importante, con bajas y medias productividades; se complementa con una ganadería extensiva de ladera, algunas veces desarrollada en áreas deforestadas especialmente en la parte media y baja de la cuenca (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017h).

La Figura 240 muestra la espacialización del SE de aprovisionamiento de alimentos, a partir de la información relativa a cultivos presentada en el diagnóstico económico.

Figura 240. Representación SE aprovisionamiento de alimentos cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

9.1.1.2 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Pesca

La pesca se presenta como una actividad que genera gran aporte a la seguridad alimentaria y a los recursos económicos de la región (Foto 21), esto concuerda con lo reportado para la cuenca del Magdalena Cauca donde los beneficiarios son desde los pescadores hasta el consumidor final, pasando por los diferentes eslabones de la cadena de comercialización, representados desde comerciantes locales hasta acopiadores mayoristas, expendedores y transportadores (Valderrama et al., 2020). Dentro de las actividades de pesca, vale resaltar su importancia como seguridad alimentaria, ya que las especies comerciales o de mayor tamaño son las que se han considerado las más importantes como recurso pesquero y económico. Esto se debe a que en la mayoría de las comunidades ícticas se observa una relación inversamente proporcional en cuanto a su distribución, diversidad y abundancia con respecto a la altitud (Margalef, 1983). Adicionalmente, aunque permanentemente se afirma que los ecosistemas tropicales son los que albergan la mayor diversidad en el mundo, es importante también resaltar la singularidad de la biota de alta montaña que no es tan diversa, pero si más rica en especies endémicas comparada con otros sistemas (Botero & Botero, 1989).

Foto 21. Pobladores de la región en actividad de pesca en sistemas acuáticos de la cuenca Samaná Norte



A. Pesca de abasteciemiento de *Astroblepus* en el la vereda Santa Rita del municipio de Cocorná.



B. Pesca de abastecimiento y comercial en el corregimiento de Puerto Garza del municipio de San Carlos.

Fuente: Tomado de los registros personales de, (A) Juan Guillermo Ospina Pabón y (B) Juan David Arias Henao (2021)

En los afluentes de la cuenca alta y media del río Samaná Norte, los peces de tamaño pequeño de los géneros *Astroblepus, Trichomycterus* y *Hemibrycon* han sido identificados como recurso alimenticio tradicional que ha sido subvalorado, mientras que en la parte media de la cuenca se consideran a la sabaleta (*Brycon henni*) y el muleto (*Geophagus steindachneri*) como las principales especies utilizadas como recurso alimenticio. En la parte baja de la cuenca se registran 14 especies que presentan valor como recurso alimenticio y económico, entre las que se destacan las siguientes especies: la dorada (*Brycon moorei*), la paloma (*Brycon rubricauda*) la picuda (*Salminus affinis*), el pataló (*Ichthyoelephas longirostris*), el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el capaz (*Pimelodus grosskopfii*), el nicuro (*Pimelodus yuma*), el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*). En cuanto a la cantidad de especies que se usan como alimento, vale la pena resaltar que las comunidades de la cuenca Samaná Norte manifiestan que todas las especies son comestibles, aunque hay preferencias por las especies de mayor tamaño y de valor comercial. La distribución de las especies es importante para el recurso pesquero de la cuenca Samaná Norte, se discutirá en el apartado de ecosistémicos de soporte debido a la estrecha relación de la migración de los peces, con la presencia y distribución de las especies de mayor interés pesquero.

Como posible alternativa económica para los pobladores de la región, algunas especies de peces de la cuenca del Magdalena Cauca poseen interés como recurso ornamental siendo esto un servicio ecosistémico, aun no llevado a cabo para tal fin en la cuenca del Samaná Norte. Se han reportado 34 especies que han sido autorizadas para su uso en el Magdalena (Resolución AUNAP 1924 del 2015) y algunas de ellas poseen demanda internacional (Valderrama et al., 2020). Para la cuenca del Samaná Norte se distribuyen algunas especies de características ornamentales donde se destacan las especies de los géneros *Ancistrus, Andinoacara, Apteronotus, Astyanax, Bunocephalus, Chaetostoma, Characidium, Crossoloricaria, Ctenolucius, Cynodonichthys, Dasyloricaria, Dupouyichthys, Geophagus, Hoplias, Kronoheros, Lasiancistrus, Leporellus, Pimelodella, Poecilia, Potamotrygon, Roeboides, Saccodon, Spatuloricaria, Sturisomatichthys, Synbranchus, Triportheus, Xyliphius*, y estas se convierten en foco de conservación en la cuenca por su importancia tanto ambiental como social.

9.1.1.3 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Acuicultura

Tal y como lo indica el POMCA (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017h), la producción piscícola en la cuenca se ha fortalecido en los últimos años, sin embargo, no se da a gran escala como renglón económico, porque su desarrollo surgió, en alguna medida como como respuesta a la deficiencia en la dieta de la población campesina. Esta actividad tiene alto potencial para futuras explotaciones económicas debido a la buena demanda interna y externa de pescado. No obstante, se desarrolla bajo un modo de producción tradicional y a pequeña escala.

Según datos del POMCA en la cuenca se cuenta con 2.900 estanques y una producción aproximada de 521 ton/año. Las principales especies cultivadas corresponden a tilapia, trucha y cachama. En algunos municipios existen asociaciones de piscicultores que permiten una mayor formalización de la actividad económica, entre estas se encuentran: PROPEZ (Asociación de Piscicultores de Cocorná) y ASOPISAN (Asociación de piscicultores de San Carlos).

9.1.1.4 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Productos forestales Maderables

Las comunidades de la cuenca del Samaná Norte les dan uso maderable a 78 especies de árboles (Ver Anexo - Fase II - 11) que se encuentran en coberturas boscosas. Esas coberturas se encuentran dispersas en la cuenca, pero las mayores áreas de bosque se concentran en la vertiente oriental del sistema del Páramo de Sonsón, que corresponden a la cuenca alta de los ríos Verdes de los Montes y Henaos, del río Melcocho y del río Cocorná. Otra área importante con bosques es la cuenca del río Caunzal y las zonas aledañas a la confluencia del río Santo Domingo con el río Verde, y de este último con río Calderas. Estas áreas se encuentran espacializadas en el mapa de coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Norte que se encuentra en la Figura 146 del presente documento.

9.1.1.5 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Productos forestales No Maderables

Los productos forestales no maderables hacen alusión a usos como fuente de alimento para el hombre que corresponden a 6 especies forestales que brindan frutos para las comunidades aledañas (Ver Anexo - Fase II - 9), o el uso medicinal de 2 especies, o el uso ornamental de 20 especies, además de otros usos que les dan las comunidades a 3 especies forestales. Muchos de estos árboles se encuentran tanto en coberturas boscosas, como asociados a rastrojos o vegetación secundaria o en transición, además de estar presentes en mosaicos de cultivos con espacios naturales, ya que muchas de estas especies han sido "domesticadas" al ser incorporadas a las

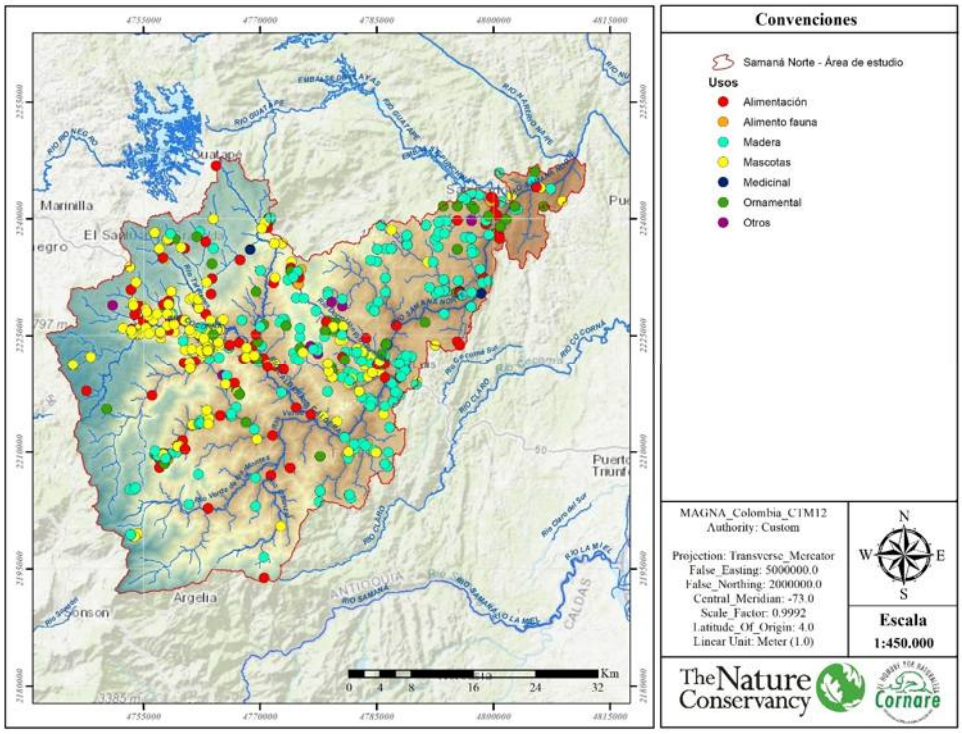
huertas campesinas. Estas áreas se encuentran espacializadas en el mapa de coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Norte que se encuentra en la Figura 146 del presente documento.

9.1.1.6 Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento Recursos genéticos, medicinales y farmacéuticos

En cuanto a los usos de la biodiversidad en la cuenca Samaná Norte se identificaron 180 especies para el servicio ecosistémico de aprovisionamiento, las cuales son usadas para alimentos y materias primas destinadas a la construcción de viviendas, herramientas, y utensilios para el hogar, como también hay especies usadas como fuente de medicinas, alimentación de animales y para uso ornamental. La mayoría de las especies no son usadas para una sola actividad, así que hay arboles maderables de los cuales sus frutos son usados para la alimentación de las personas, aprovisionamiento y las maderas ser usada en la región o comercializadas. También se identificaron 54 plantas riparias, 10 helófitas y 2 hidrófitas de las cuales se hacen uso por las comunidades de la región. Estos reportes de las especies usadas por las comunidades o con potencial de uso, supera las 115 especies referenciadas por el POMCA, ya que en la base de datos de GBIF también se mencionan plantas en la cuenca como usadas por las comunidades. De igual manera, está información se debe correlacionar con las comunidades y actualizar esta información, pues a pesar de que los usos tradicionales van desapareciendo con la disminución de las coberturas vegetales y el deceso de las personas mayores, sin embargo, hay movimientos culturales en los pueblos que tratan de rescatar ese conocimiento, y con el uso de nuevas tecnologías hacer un aprovechamiento sostenible de esta diversidad de plantas. Los animales también presentan varios usos por las comunidades, siendo el principal la pesca y cacería a menor escala, ambos con el objetivo de abastecimiento alimenticio y en algunas especies se mencionan usos medicinales de varias especies. Otros son usados como mascotas, como en el caso de las aves, algunos micos y reptiles (Anexo - Fase II - 9 pestaña P2).

En cuanto a la distribución de estas especies, los registros se refrieren a la presencia de la especie, por tal motivo no se puede asegurar de que en ese lugar se haga el aprovechamiento de las especies, la distribución de los registros de la biodiversidad usada se concentra hacia las áreas que circundan las vías de la cuenca y hay más concentración de personas (Figura 241).

Figura 241. Distribución de la biodiversidad usada por la comunidad de la cuenca Samaná Norte

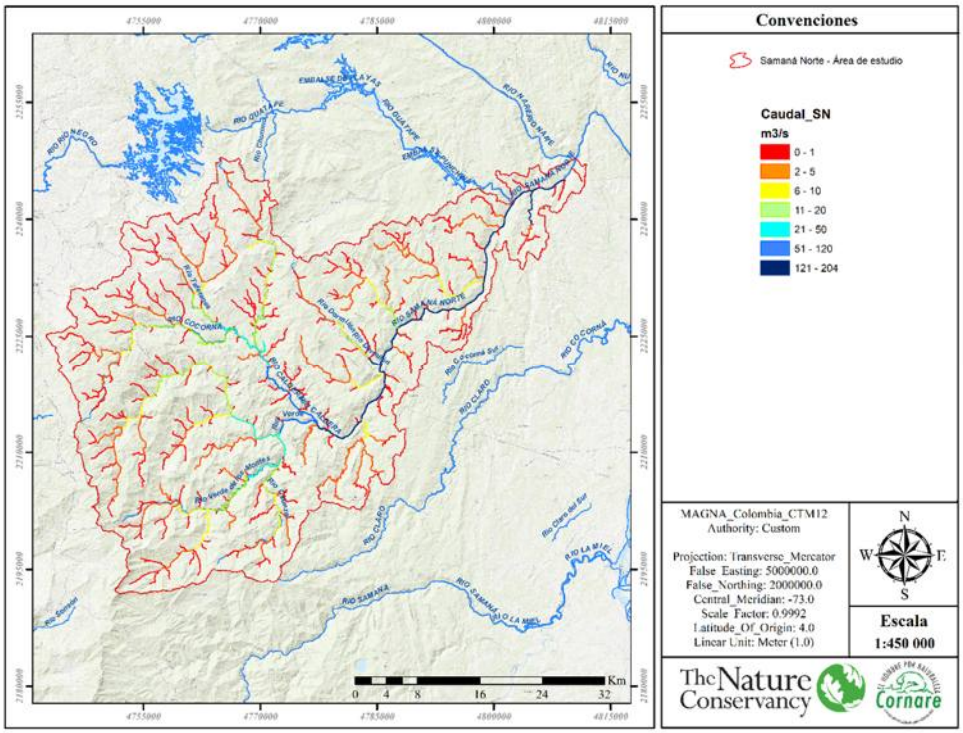


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de Cornare y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

9.1.1.7 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Agua

Se considera que este servicio ecosistémico es la capacidad del ecosistema de proveer agua para sus diferentes usos: agua para consumo humano, agua para riego, agua como insumo industrial. Teniendo en cuenta esta definición la oferta del servicio ecosistémico en las cuencas hidrográficas Samaná Norte está dada por el agua disponible en la región la cual varia y se relaciona directamente con el área de drenaje. Esta estimación se realizó en la sección 3.2.1 y 3.3.1 (ver Figura 242).

Figura 242. Caudal medio de largo plazo en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Adicionalmente, en la cuenca se desarrollan diversas actividades socioeconómicas las cuales demanda del servicio ecosistémico (demanda hídrica). La cuantificación de la demanda que obedece al estado del servicio ecosistémico se determinó en el POMCA para la cuenca del Samaná Norte de la siguiente manera: generación hidroeléctrica (138300 l/s), uso piscícola (1097 l/s), uso recreativo (152 l/s), uso doméstico (55 l/s), uso pecuario (24 l/s), uso comercial (4,5 l/s), uso agrícola (2,3 l/s), energía térmica (1,37 l/s) y uso industrial (0,02 l/s).

9.1.2 *Servicios ecosistémicos de regulación*

Tal y como se mencionó anteriormente, hacen referencia a las funciones y procesos que permiten regular las condiciones del ambiente. En la cuenca se identifican: regulación hídrica, almacenamiento y captura de carbono y control de la erosión.

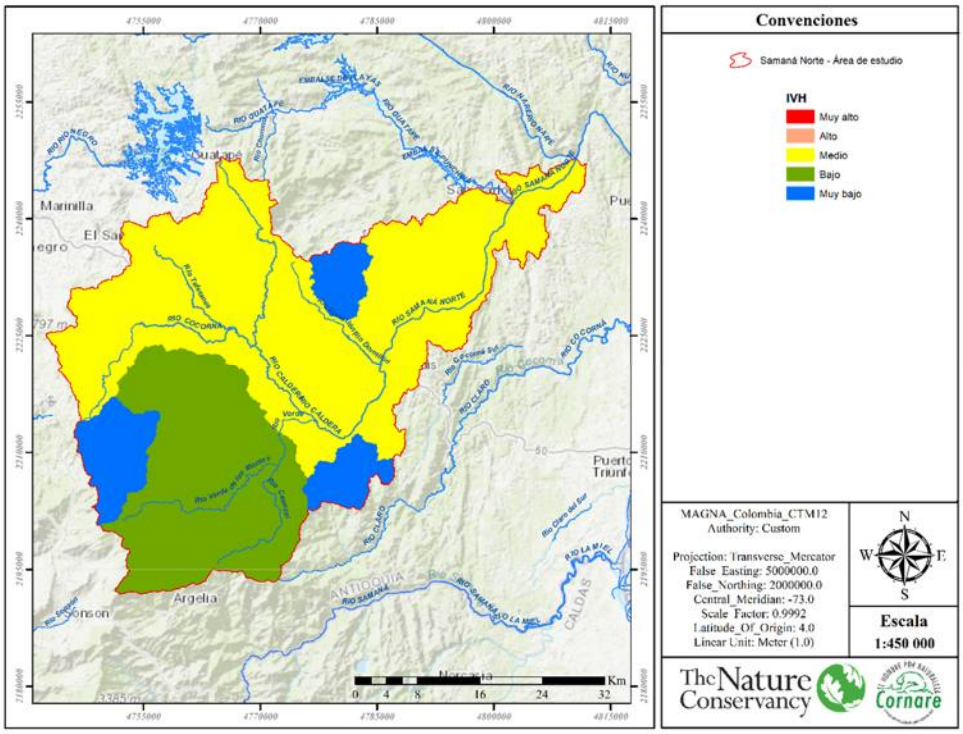
A continuación, se describen cada uno de ellos:

9.1.2.1 Servicio ecosistémico de Regulación hídrica

La regulación hídrica es la capacidad que tienen una cuenca hidrográfica de regular los caudales, lo cual favorece un abastecimiento de caudales en temporadas secas y evita que los drenajes se sequen completamente debido a mecanismos de flujo base. La oferta de este servicio se estimó según el POMCA, se determinó que las subcuencas que conforman la cuenca del río Samaná Norte presentan un Índice de Regulación Alto, en términos generales esto indica que la cuenca tiene buena capacidad de regular los caudales.

La demanda y estado actual del servicio ecosistémico se puede realizar mediante el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (ver Figura 243).

Figura 243. Índice de vulnerabilidad hídrica



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

9.1.2.2 Servicio ecosistémico de Regulación: almacenamiento y captura de carbono

Este SE corresponde a la capacidad del ecosistema, en particular de la cobertura vegetal de regular la composición química de la atmósfera y capacidad fijadora de CO2, genera un impacto directo en el mantenimiento de la calidad del aire. Las áreas que proveen este SE corresponden a las áreas en coberturas vegetales presentes en la cuenca, las cuales suman un total de 198.734,36 ha.

El análisis realizado en el numeral 9.4 correspondiente a valoración económica de los SE da cuenta de un total de 13.200.246,15 toneladas de carbono almacenado en las coberturas de la cuenca; lo que corresponde a 48.400.902,55 Ton de CO2 equivalente, potencialmente evitado producto de la presencia la cobertura vegetal.

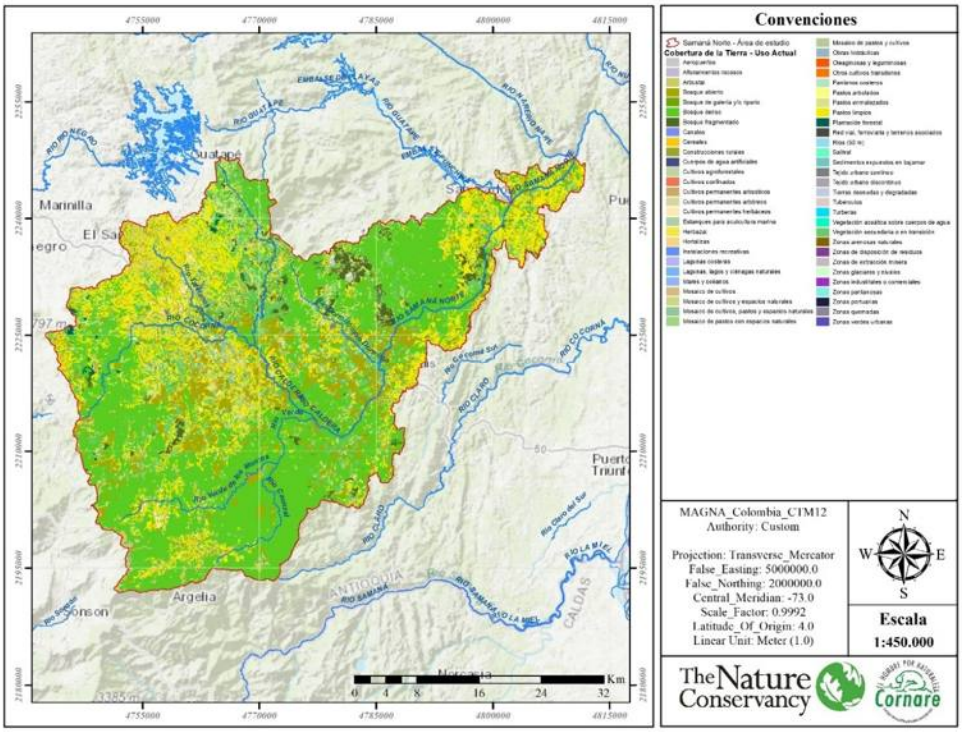
Tabla 133. Coberturas arbóreas en la cuenca del Samaná Norte

Cobertura	Total general
Bosques	116.330,08
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	21.991,66
Cultivos y mosaicos (Áreas agrícolas heterogéneas)	8.369,27
Pastos	52.043,35
Total general	**198.734,36**

Fuente: POMCA (2017)

La Figura 244 Muestra el área en cobertura arbórea la cual se ejerce el SE de almacenamiento y captura de carbono.

Figura 244. Áreas con cobertura vegetal Cuenca del Samaná Norte

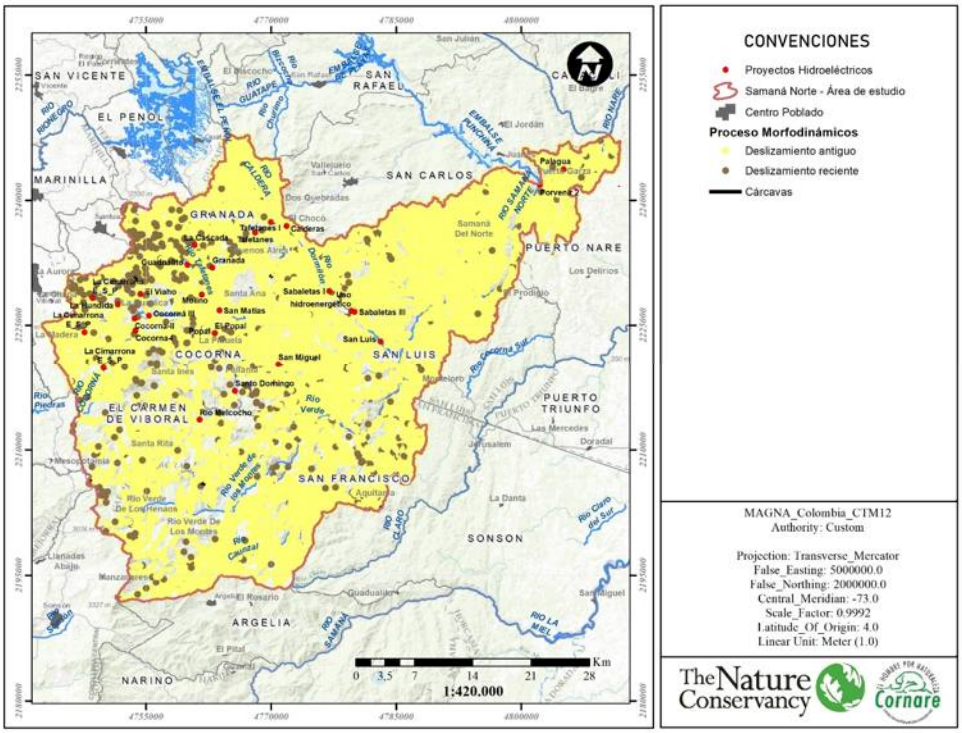


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

9.1.2.3 Servicio ecosistémico de Regulación: Control de la erosión

El control de sedimentos es la capacidad que tienen una cuenca hidrográfica de regular la exportación de sedimentos a fuentes hídricas dados los diferentes procesos de denudación del suelo. Una baja exportación de sedimentos favorece en gran medida la calidad del agua, principalmente para el uso de consumo humano. De acuerdo con lo reportado en el POMCA, se identifica a partir de los procesos morfodinámicos que la cuenca del río Samaná Norte presenta una actividad marcada de deslizamientos (ver Figura 245), lo cual está asociado de manera directa a las altas pendientes dada su topografía y la alta oferta ambiental en términos de precipitación. Sin embargo, la presencia de coberturas como bosques hacen que no todos estos sedimentos lleguen a los cuerpos de agua (ver Figura 244). Por consiguiente, la demanda y estado actual del servicio ecosistémico se puede realizar mediante el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento.

Figura 245. Procesos morfodinámicos de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

9.1.3 *Servicios ecosistémicos de soporte*

Corresponden a los procesos estructurales que permiten la generación de todos los demás servicios ecosistémicos. Hacen parte de esta categoría: provisión de hábitat para especies terrestres, provisión de hábitat para especies acuáticas, ciclado de nutrientes y polinización y dispersión de semillas.

9.1.3.1 Servicio ecosistémico de soporte: Provisión de hábitat para especies terrestres

La fauna silvestre de hábitos terrestres requiere nichos que le permitan suplir las necesidades de alimento y de refugio, por lo que las coberturas que pueden garantizar estos requerimientos de supervivencia son las zonas boscosas sin mucha alteración o intervención antrópica, las cuales corresponden a aquellas áreas con bosques densos y en menor medida bosques fragmentados y bosques abiertos, tal y como se indican en la Figura 146 Coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Norte.

9.1.3.2 Servicio ecosistémico de soporte: Provisión de hábitat para especies acuáticas

La cuenca Samaná norte presta servicios ecosistémicos vitales para toda la diversidad de especies que allí habitan, los cuales se relacionan con su historia de vida y las condiciones ambientales necesarias para cumplir los procesos fisiológicos necesarios para la salud de las especies y los ecosistemas. Tal es el caso de la reproducción de los peces potádromos, los cuales son considerados como especies migratorias de agua dulce que necesitan remontar los ríos con el objetivo primordial

de la reproducción o desove, lo cual es conocido como migración ictica o localmente como “La Subienda”. Este servicio ecosistémico ha sido descrito para la cuenca Samaná Norte en el estudio de impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico Porvenir II en el requerimiento del auto 0917/13 con muestreos realizados semanalmente entre el 30 de abril al 27 de diciembre de 2013 con el fin de alcanzar las dos temporadas de lluvias del año. El resultado más relevante se refiere a los registros de larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) y huevos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), también capturaron huevos sin identificar en algunas estaciones como la quebrada La Tebaida, río San Miguel y río Samaná Norte en Narices; lo cual consideran densidades muy bajas en comparación con las registradas en las estaciones en el mismo estudio para el río Magdalena, argumentando que las diferencias en la composición y densidad del ictioplancton está asociada con las estrategias reproductivas de los peces, principalmente con la capacidad de migración de las especies registradas y de las condiciones ambientales que potencian o restringen los eventos reproductivos, tal como los cambios de nivel, la oferta de hábitat y recursos que repercuten en la sobrevivencia de la prole y el reclutamiento.

Es importante resaltar que en el cauce principal del río Magdalena se transporta el ictioplancton de los demás afluentes de la macrocuenca, además presenta menor velocidad del agua en comparación al río Samaná Norte en Puerto Garza y una mayor diversidad de especies de peces migratorios. Esto implica que la cantidad de individuos desovando sea menor, al igual que la ocurrencia de los eventos reproductivos y la diferencia en la velocidad del agua ocasiona que los huevos y larvas sean transportados más rápido por el río Samaná Norte hasta el río Magdalena. Por tal motivo, más que comparar las densidades, es clave resaltar que la cuenca del río Samaná Norte presenta las condiciones adecuadas para que los peces se reproduzcan y aporten ictioplancton a las zonas inundadas durante el invierno como lo son las ciénagas y partes bajas del río, donde los nuevos peces crecerán hasta madurar gonadalmente, para luego con la entrada del verano emprender la subienda hacia los afluentes del gran río Magdalena. Una evidencia de esta migración aguas arriba del centro poblado del corregimiento de Puerto Garza, es el método de pesca con nasa o cuchara que se realiza en el Tupión (ver Foto 22) un tramo de mayor pendiente que es identificado como una barrera remontable por los peces mediante el salto, y así seguir el recorrido aguas arriba.

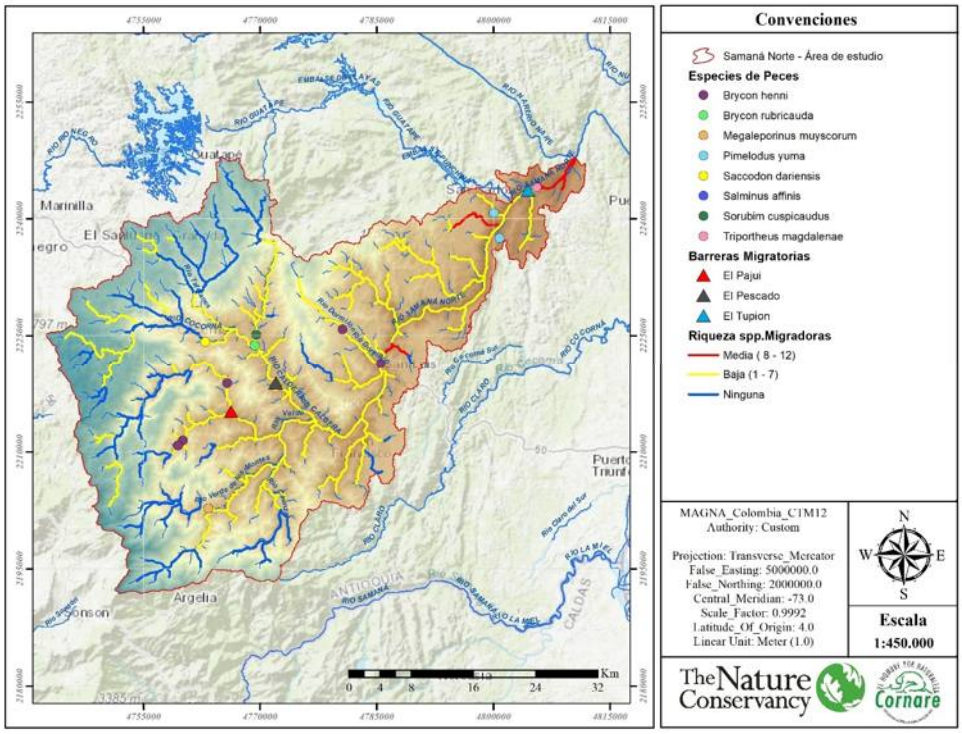
Foto 22. Pesca con nasa o cuchara en el sector del Tupión en el río Samaná Norte



Fuente: Tomado de los registros personal de Juan David Arias Henao (2021)

Otra evidencia del servicio ecosistémico de soporte que permite la reproducción de los peces en la cuenca, son los reportes de los estudios de impacto ambiental de la pequeña central hidroeléctrica (PCH) San Francisco y la hidroeléctrica San Miguel. Los peces que alcanzan a pasar la barrera en e Tupión, llegan hasta el río Calderas en la vereda El Pescado de San Luis (620 msnm), en inmediaciones de la hidroeléctrica San Miguel, donde para el año 2009 reportan la presencia de especies migratorias de peces como la dorada (*Brycon moorei*) y la picuda (*Salminus affinis*). En el río Santo Domingo en inmediaciones de la vereda El Pajuí del municipio de San Francisco, en el área de confluencia con el río Melcocho (620 msnm), la modificación del estudio de impacto ambiental (EIA) de la pequeña central hidroeléctrica (PCH) San Francisco (Cornare resolución 1125313 del 27 octubre 2015). Estos lugares son identificados como barreras geográficas para la migración de peces potádromos, por lo tanto, las zonas de desove se ubican a partir de estos tramos aguas abajo del sistema, mientras que las rutas migratorias por el río Verde, puede ser descrita por el reporte realizado por la Universidad Católica de Oriente de la especie comelón (*Megaleporinus muyscorum*) en el río Verde de los Henao parte baja (835 msnm) (Figura 246).

Figura 246. Distribución de las especies migratorias en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

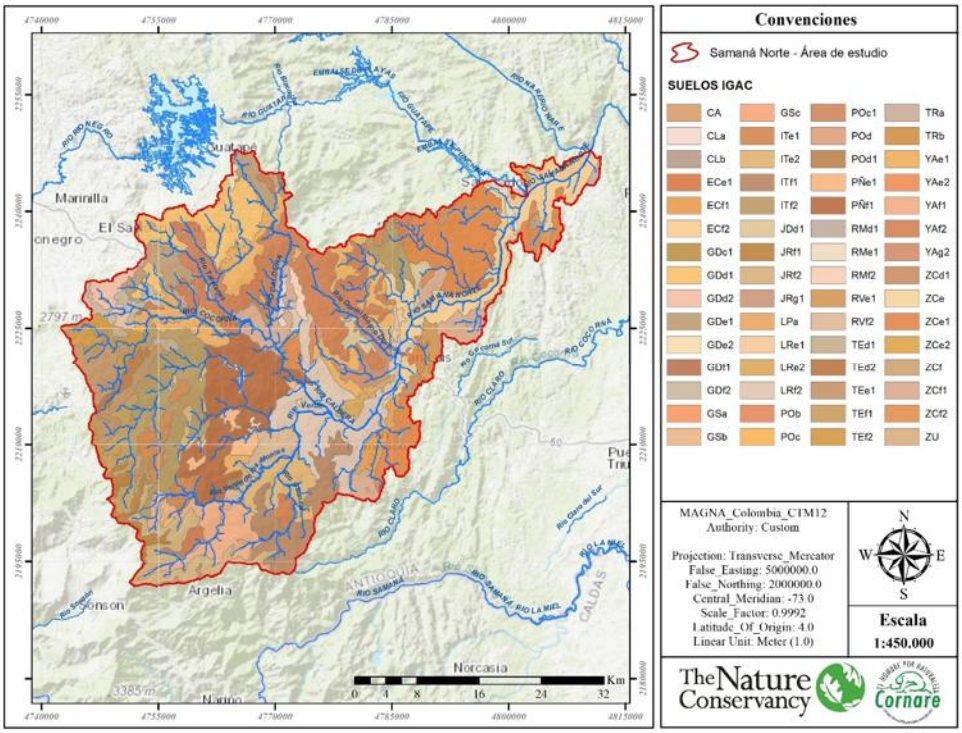
Los modelos propuestos para la cuenca Magdalena Cauca (TNC, 2017) presentan tramos con la riqueza de especies migratorias que a su vez se relacionan con el recurso pesquero, también existen modelos que estiman las áreas de desove (López et al., 2018) que son calculados a partir de los registros de las colectas de ictioplancton y revisión de literatura con información de los tiempos de desarrollo ontogénico. Estos modelos son una aproximación de lo que puede suceder en la cuenca Samaná Norte, pero deben ser ajustados a las condiciones de la cuenca, ya que se sobre estima la

distribución y la cantidad de las especies migratorias en la parte media y alta de la cuenca. Al unir estos modelos con la distribución de las especies encontradas en *Global Biodiversity Facility Information* (*GBIF.Org*, 2021), se evidencia la falta de registros de especies migratorias en la cuenca Samaná Norte, lo cual demuestra la falta de compromiso de las empresas que realizan los estudios de impacto ambiental por divulgar los resultados y aportar al trabajo de SiB Colombia en reunir la información sobre la biodiversidad y distribución de las especies en Colombia. En la Figura 246 se puede observar la distribución de especies migradoras y de interés pesquero, como también las barreras migratorias del Tupión, El Pescado y El Pajuí, y la estimación de la distribución del número de especies en la cuenca según el trabajo de impactos acumulados (TNC, 2017). En la parte baja de la cuenca se pueden encontrar entre 8 y 12 especies migradoras, mientras que, desde el Tupión hacia arriba, la riqueza de especies disminuye del rango de 1 a 7 especies, pero esta diversidad se extiende por encima de las barreras migratorias identificadas en las veredas El Pescado y El Pajuí. Aunque en la distribución de las especies el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) se ve aguas arriba de la barrera de El Pescado, como se mencionó anteriormente, este registro al parecer presenta un error en la coordenada geográfica registrada en la base de datos de GBIF. La sabaleta (*Brycon henni*) es una especie de interés pesquero que no es reportada como migratoria, mientras que el rollizo (*Saccodon dariensis*) si lo está , pero no es una especie de interés pesquero comercial y su estatus migratorio es dudoso.

9.1.3.3 Servicio ecosistémico de soporte: Ciclado de nutrientes

Corresponde a la formación y mantenimiento de la fertilidad del suelo a través del ciclo de nutrientes. Está ligado al SE de aprovisionamiento de alimentos, en la medida en que la fertilidad del suelo garantiza una aptitud para la provisión de cultivos. Dicha capacidad del suelo depende de las condiciones físicas, químicas y del inventario de nutrientes (macro y micronutrientes) disponibles según la unidad de suelo. La Figura 247 muestra la espacialización del área de la cuenca para cada una de las unidades de suelo presentes.

Figura 247. Unidades de suelo presentes en la cuenca del Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

9.1.4 *Servicios ecosistémicos culturales*

Los servicios ecosistémicos culturales son los beneficios que un ecosistema con sus elementos naturales aporta a la sociedad y que se evidencian en los valores no materiales que las comunidades y los individuos obtienen de la naturaleza y que aportan a su enriquecimiento personal o espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, el disfrute de la naturaleza, los placeres estéticos que ofrecen los propios ecosistemas, etc.

Las características de los ecosistemas son un factor determinante en la diversidad cultural de un territorio, la cual está definida por la espiritualidad y valores religiosos con respecto a diferentes componentes del ecosistema, valores educativos, fuentes de inspiración para el arte, el folklore y los símbolos; el disfrute, la recreación y el sano esparcimiento; la elección de lugares de residencia, la definición de relaciones sociales, el arraigo. Por último, el patrimonio natural es parte del patrimonio cultural de las sociedades y los ecosistemas son laboratorio para la experimentación y el aumento del conocimiento científico (Arenas, 2017).

Están asociados a las manifestaciones y percepciones individuales o colectivas que nacen según el contexto sociocultural de un área específica, en relación con los ecosistemas. Se identifican como SE culturales: recreación y turismo, belleza escénica y expresiones culturales asociadas a los recursos naturales.

9.1.4.1 Servicio ecosistémico cultural: recreación y turismo

Actividades particulares de deporte, recreación y esparcimiento que se dan en torno a lugares específicos debido a su belleza paisajística natural, la diversidad de la flora y la fauna y la existencia de lugares que concentran valores artísticos, religiosos y culturales.

En relación con este servicio, en la cuenca se ha dado la actividad turística desde hace varias décadas y aunque en la época de conflicto armado disminuyo; actualmente se evidencia tendencia al crecimiento en varios municipios al punto que los municipios de Cocorná, Granada, San Carlos, San Francisco y San Luis, junto con otros 7 municipio del oriente antioqueño, pertenecen a la recién conformada Provincia del Agua, Bosques y el Turismo.

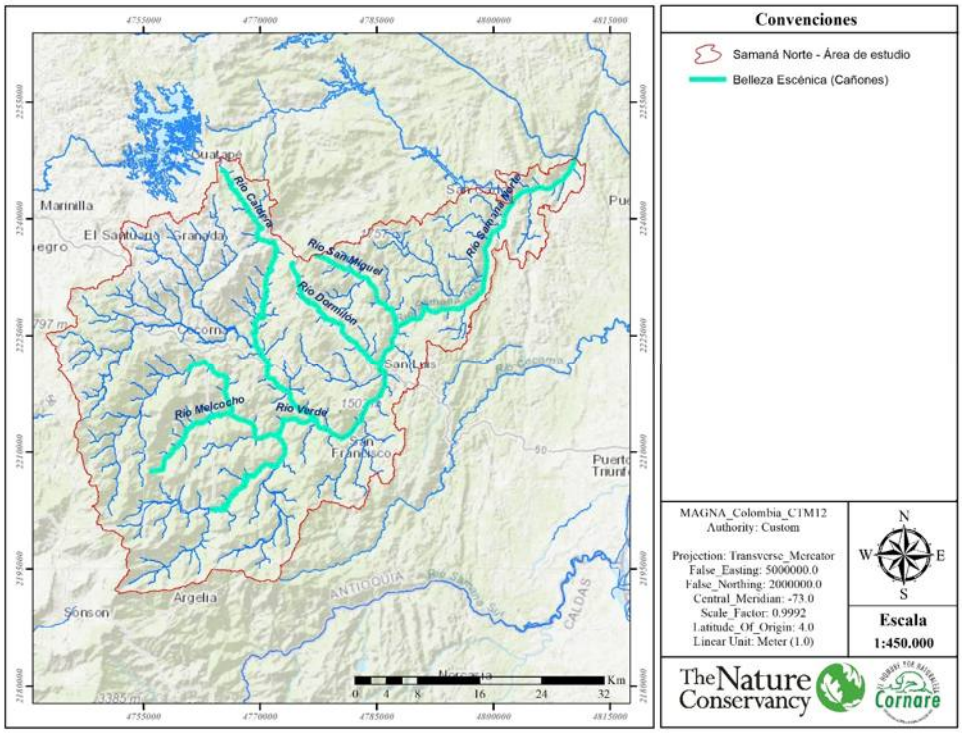
En la cuenca se lograron identificar 119 sitios turísticos y tres rutas de deportes acuáticos, encontrándose la mayor concentración de lugares turísticos y recreativos en los municipios de Cocorná, San Carlos, San Francisco y San Luis como se puede observar en la Figura 165 de los sitios turísticos y rutas deportivas de la Cuenca del Samaná Norte en el apartado de actividades turísticas del capítulo 8.3.2.11 del presente documento.

9.1.4.2 Servicio ecosistémico cultural: Belleza escénica

Gozo recreativo que la gente deriva de los ecosistemas naturales o cultivados, así mismo como la belleza y los valores estéticos de la naturaleza en todas sus formas. A este se asocian actividades como senderismo, camping y avistamiento de pájaros.

La belleza escénica de la Cuenca es reconocida a nivel regional por la abundancia de sus aguas que discurren a través de exuberantes cañones, cubiertos de bosques. En el documento Descripción Objetos de Conservación elaborado por TNC, señala que “la belleza escénica de los ríos y bosques de la cuenca son la base fundamental de los servicios de turismo que en ella se ofrecen”. La idea anterior ilustra la estrecha relación que existe entre los servicios ecosistémicos culturales de belleza escénica y los de recreación y turismo, siendo difícil desvincular los unos de los otros porque todo lugar turístico tiene belleza escénica. No obstante, la belleza escénica es de mayor alcance y, por lo tanto, menos fácil de cuantificar puesto que trasciende los lugares específicos identificados como turísticos, y se extiende hacia zonas completas que ofrecen paisajes extensos. De esta manera los cañones de los ríos Samaná Norte, Santo Domingo, Melcochó, Verde, Dormilón, San Miguel y Calderas son sistemas identificados de atracción paisajística (ver Figura 248).

Figura 248. Servicios Ecosistémico Cultural belleza escénica de la Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.1.4.3 Servicio ecosistémico cultural: Expresiones culturales asociadas a los recursos naturales

En el territorio de la cuenca se celebran 8 fiestas tradicionales, que evidencian la relación directa con elementos naturales o con producción a partir de los servicios que éstos prestan como es el caso de las Fiestas del Maíz y de la Molienda.

Los servicios culturales están estrechamente interconectados y a menudo están relacionados con los servicios de abastecimiento y de regulación, por ejemplo, la pesca en pequeña escala no solo tiene que ver con los alimentos y los ingresos, sino también con el modo de vida de los pescadores. En muchos casos, los servicios culturales figuran entre los valores más importantes que las personas asocian con la naturaleza; es por ello fundamental comprenderlos (FAO, 2021).

En este sentido y con relación a los servicios culturales en la cuenca del Samaná Norte, y donde los peces desempeñan un rol importante por ser protagonistas incentivando la apropiación de conocimiento de la protección de los ecosistemas acuáticos, además de ser usado como fomento para el desarrollo socioeconómico, se destacan dos festivales, el "*SamanaFest*" y las "*Fiestas del Bocachico*", los cuales generan una identidad por el territorio y una apropiación del mismo, comunicando mensajes referentes a la protección y conservación de la diversidad biológica de los sistemas acuáticos, además de incentivar otras alternativas económicas que son llevadas a cabo por algunos de los pobladores. Para la cuenca del Magdalena se reconoce que este tipo de servicios culturales contemplan las interacciones activas con los ecosistemas, tales como aquellas que

permiten la investigación científica o la creación del conocimiento ecológico tradicional o las que, en términos de cultura o patrimonio, permiten experiencias estéticas o estados físicos, mentales y espirituales de las personas y, de igual forma, están los elementos de los sistemas vivos que tienen un significado simbólico, sagrado o religioso que son utilizados para el entretenimiento o la representación de la protección de la naturaleza (Valderrama et al., 2020).

Foto 23. Actividades culturales en el festival cultural "*SamanaFest*"



Fuente: https://riosamana.com/actividades/

9.2 Identificación de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Sur

A continuación, se presentan la identificación de los servicios ecosistémicos de la Cuenca del río Samaná Sur.

9.2.1 *Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento*

En la cuenca se identificaron los servicios de aprovisionamiento asociados a alimentos, pesca, acuicultura, productos forestales maderables, productos forestales no maderables, pieles, carne y fauna ornamental, recursos genéticos, medicinales y farmacéuticos y agua.

9.2.1.1 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Alimentos

En esta cuenca se evidencia un área con cobertura vegetal asociada a pastos y cultivos que asciende a 42.899,21 ha y corresponde al 36,80% del área total de la cuenca. En lo que respecta al área agrícola, la cual provee el SE de aprovisionamiento de cultivos, la cuenca presenta un área de 7267,36 ha, tal y como se evidencia en la Tabla 134.

Tabla 134. Cobertura de cultivos y pastos en la cuenca del Samaná Sur

Tipo de cobertura	Total general	% respecto al área total de la cuenca
Áreas agrícolas heterogéneas	4.657,72	4,00%
Cultivos permanentes	2.600,51	2,23%
Cultivos transitorios	9,13	0,01%
Pastos	35.631,85	30,57%
Total general	42.899,21	

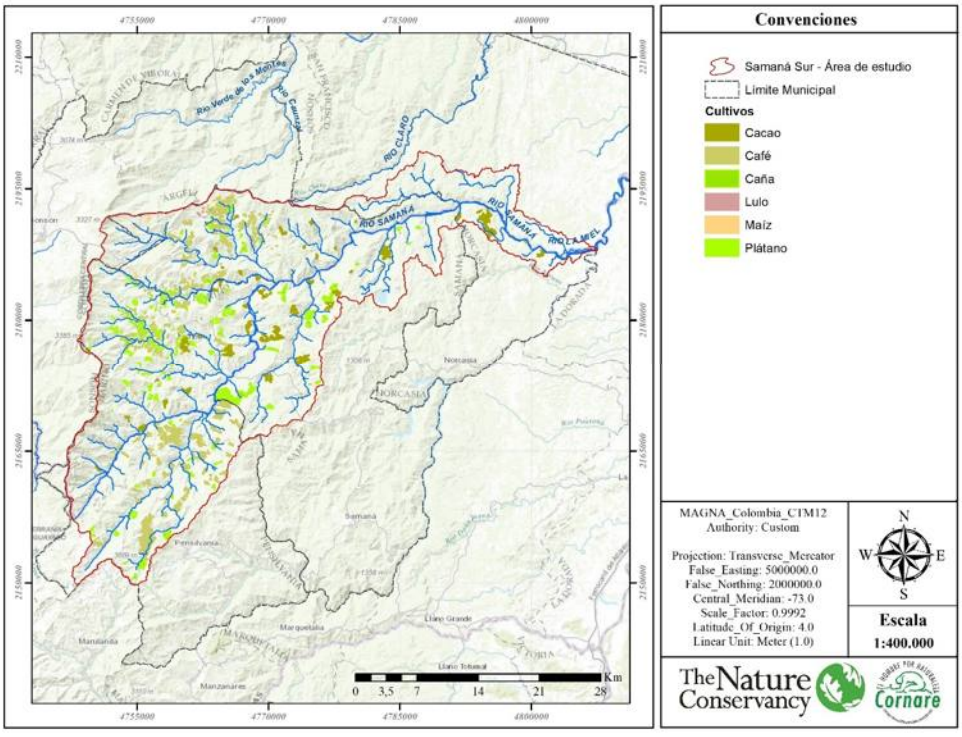
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los cultivos permanentes más representativos corresponden a cacao, café y caña panelera, con un área total cosechada de 15.476 ha y una producción aproximada a las 42365,14 toneladas para todos los cultivos permanentes. Los municipios con producciones más representativas corresponden a Pensilvania, Samaná y Nariño. La actividad agrícola se desarrolla a partir de sistemas productivos tradicionales, con bajas y medias productividades.

En lo que respecta a cultivos transitorios, las producciones de fríjol y maíz corresponden a las más representativas, especialmente en los municipios de Nariño y Argelia. En general la cuenca tiene un área cosechada de 349 ha en cultivos transitorios y una producción aproximada a las 1.036,96 toneladas.

A continuación, se muestra la representación gráfica del SE de aprovisionamiento de alimentos, a partir de la información relativa a cultivos presentada en el diagnóstico económico.

Figura 249. Representación SE aprovisionamiento cultivos cuenca Samaná Sur

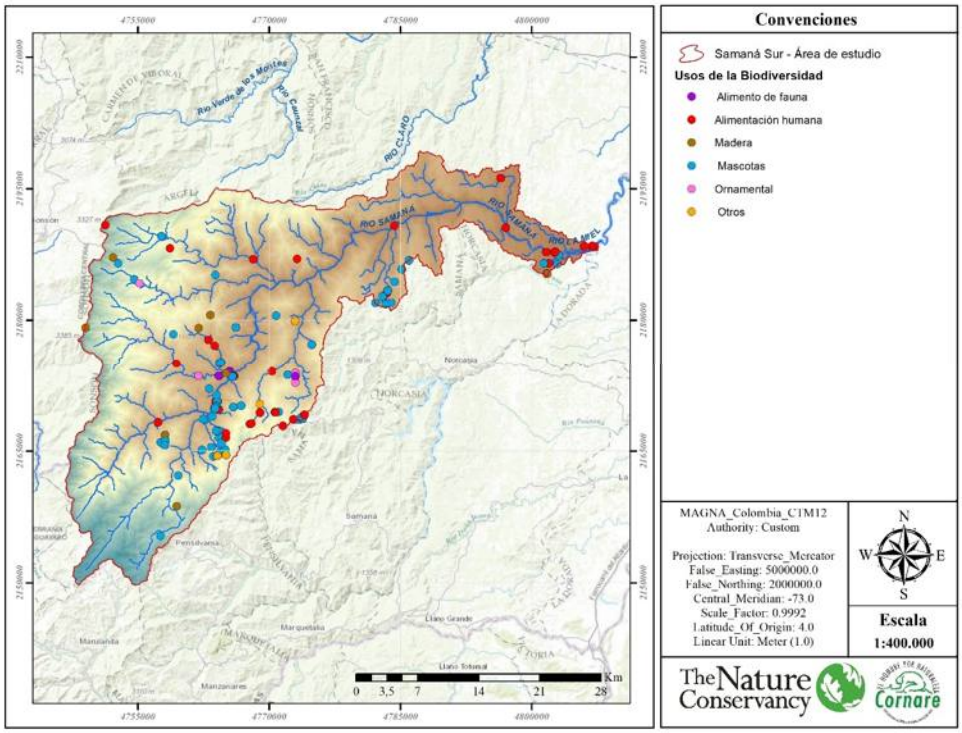


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

9.2.1.2 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Pesca

En la cuenca del río Samaná Sur se reconocen diferentes especies de plantas y animales que son importantes por sus servicios ecosistémicos que proporcionan a la cuenca (recursos alimenticios, materias primas, cultura, recreación, regulación y mantenimiento del ecosistema acuático) (Figura 250), en especial los peces como recurso alimenticio para los humanos y demás especies de fauna, pero también la cuenca le ofrece servicios ecosistémicos a los peces como un hábitat adecuado para su historia de vida, tal es el caso de las zonas de reproducción de los peces migradores que son fuente vital de los ecosistemas y de la población humana (Valderrama et al., 2020).

Figura 250. Distribución de la biodiversidad usada por la comunidad de la cuenca Samaná Sur



Fuente: : Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de Cornare y *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Adicionalmente, es importante resaltar que: en relación con los peces para la cuenca del Magdalena-Cauca destacan su participación en los procesos biofísicos y las relaciones ecológicos claves para el funcionamiento del ecosistema (Valderrama et al., 2020). En la cuenca del Samaná sur se distribuyen algunas de estas especies de peces cuya funciones son: a) la regulación de la dinámica de la red trófica y balance de nutrientes llevados a cabo de las especies de géneros *Saccoderma, Hemibrycon, Brycon, Astroblepus, Chaetostoma, Trichomycterus, Astyanax, Creagrutus, Roeboides*, b) la reducción de contaminantes llevado a cabo por especies de *Poecilia*, c) en el transporte de energía, nutrientes, carbón, y minerales, principalmente llevado a cabo por especies migratorias como por ejemplo las del género*, Ichthyoelephas, Megaleporinus, Brycon, Salminus, Pimelodus* d) en el control biológico de las plagas y de las enfermedades tropicales

transmitidas por vectores siendo especies especializadas en alimentarse de larvas de insectos como el caso de los Poecilidos, e) como dispersores de semillas somo las especies del género *Brycon* las cuales se caracterizan por ser especies omnívoras, consumen principalmente alimento alóctono proveniente de los bosques riparios, como frutas y semillas (Valderrama et al., 2020).

9.2.1.3 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Acuicultura

La piscicultura representa un potencial económico para las poblaciones de la cuenca del Samaná Sur. Según el Plan de Desarrollo de Argelia 2020-2023 (Alcadía de Argelia, 2020) la crianza de especies piscícolas como trucha, tilapia y cachama, como una alternativa para proyectos productivos que también permitan la promoción del turismo, pero estableciendo medidas que mitiguen cualquier impacto de tipo ambiental.

Según datos del POMCA en la cuenca se cuenta con 176 estanques y una producción aproximada de 386,2 ton/año. Las principales especies cultivadas corresponden a tilapia, trucha y cachama.

9.2.1.4 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Productos forestales Maderables

Las comunidades de la cuenca del Samaná Sur les dan uso maderable a 18 especies de árboles (Ver Anexo - Fase II - 10) que se encuentran en coberturas boscosas. Esas coberturas se encuentran dispersas en la cuenca, pero las mayores áreas de bosque se concentran en la vertiente oriental del sistema del Páramo de Sonsón, que corresponden a la cuenca alta de los ríos Dulce, Samaná Sur, Venus, San Pedro, río Negrito y el río La Paloma. Otra área importante con bosques es la correspondiente al Parque Nacional Natural Selva de Florencia, además de las zonas aledañas a la Reserva Forestal Protectora Regional Las Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa. Estas áreas se encuentran espacializadas en el mapa de coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Sur que se encuentra en la Figura 217 del presente documento.

9.2.1.5 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Productos forestales No Maderables

Los productos forestales no maderables hacen alusión a usos como fuente de alimento para el hombre que corresponden a 10 especies forestales que brindan frutos para las comunidades aledañas (Ver Anexo - Fase II - 10), o el uso ornamental de 5 especies, además del uso medicinal que les dan las comunidades a 2 especies. Muchos de estos árboles y plantas se encuentran tanto en coberturas boscosas, como asociados a rastrojos o vegetación secundaria o en transición, además de estar presentes en mosaicos de cultivos con espacios naturales, ya que muchas de estas especies han sido “domesticadas” al ser incorporadas a las huertas campesinas. Estas áreas se encuentran espacializadas en el mapa de coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Norte que se encuentra en la Figura 217 del presente documento.

9.2.1.6 Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento Recursos genéticos, medicinales y farmacéuticos

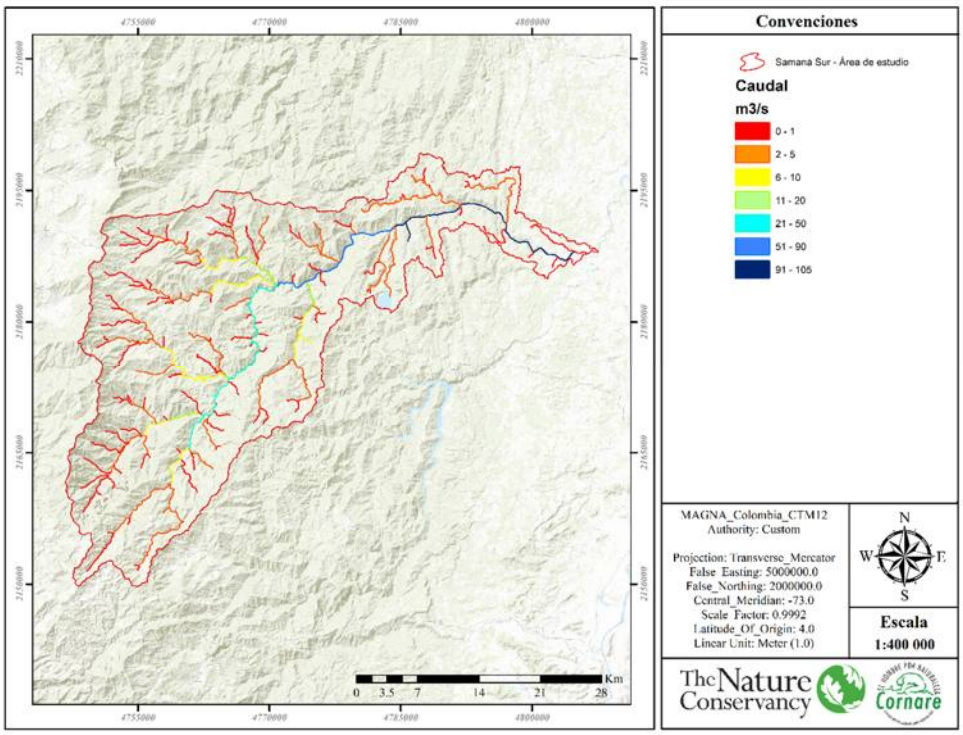
Además de indagar sobre la riqueza de especies en el planeta, los objetivos de estudiar la biodiversidad no solo consisten en definir cuántas especies hay en el mundo, sino que también es importante conocer los usos o servicios ecosistémicos que la naturaleza nos brinda. En referencia a la diversidad de hongos e insectos, el POMCA no presentó resultados para estos grupos, pero esto no significa que sean especies menos importantes, ya que los insectos son los principales polinizadores de las plantas en el mundo, y esta función es aprovechada por las comunidades

campesinas del oriente de Antioquia para adquirir miel y polen que son consumidos por las personas o comercializados dentro y fuera de la región. En el caso de los hongos, es evidente la falta de inventarios debido a que las especies reportadas para la cuenca solo representa el 0,4% de especies de hongos del país (*SiB Colombia*, 2021), lo cual subestima a gran escala la diversidad de este grupo que es usado en otros países del mundo como fuente alimenticia y medicinal. Tanto los hongos como los insectos son esenciales en el ciclo de la descomposición de la materia orgánica, lo cual permite la disponibilidad de los nutrientes para plantas y otros animales.

9.2.1.7 Servicio ecosistémico de aprovisionamiento: Agua

Se considera que este servicio ecosistémico es la capacidad del ecosistema de proveer agua para sus diferentes usos: agua para consumo humano, agua para riego, agua como insumo industrial. Teniendo en cuenta esta definición la oferta del servicio ecosistémico en la cuenca hidrográfica Samaná Sur está dada por el agua disponible en la región la cual varia y se relaciona directamente con el área de drenaje. Esta estimación se realizó en la sección 3.3.1 (ver Figura 251).

Figura 251. Caudal medio de largo plazo en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Adicionalmente, en la cuenca se desarrollan diversas actividades socioeconómicas las cuales demanda del servicio ecosistémico (demanda hídrica). La cuantificación de la demanda que obedece al estado del servicio ecosistémico se determinó en el POMCA para la cuenca del Samaná Sur se determinó la siguiente demanda hídrica: generación hidroeléctrica (9476 l/s), uso piscícola (3,13 l/s), uso recreativo (4,27 l/s), uso doméstico (32,06 l/s), uso pecuario (0,074 l/s), uso agrícola (0.062 l/s) y uso industrial (120,91 l/s).

9.2.2 *Servicios ecosistémicos de regulación*

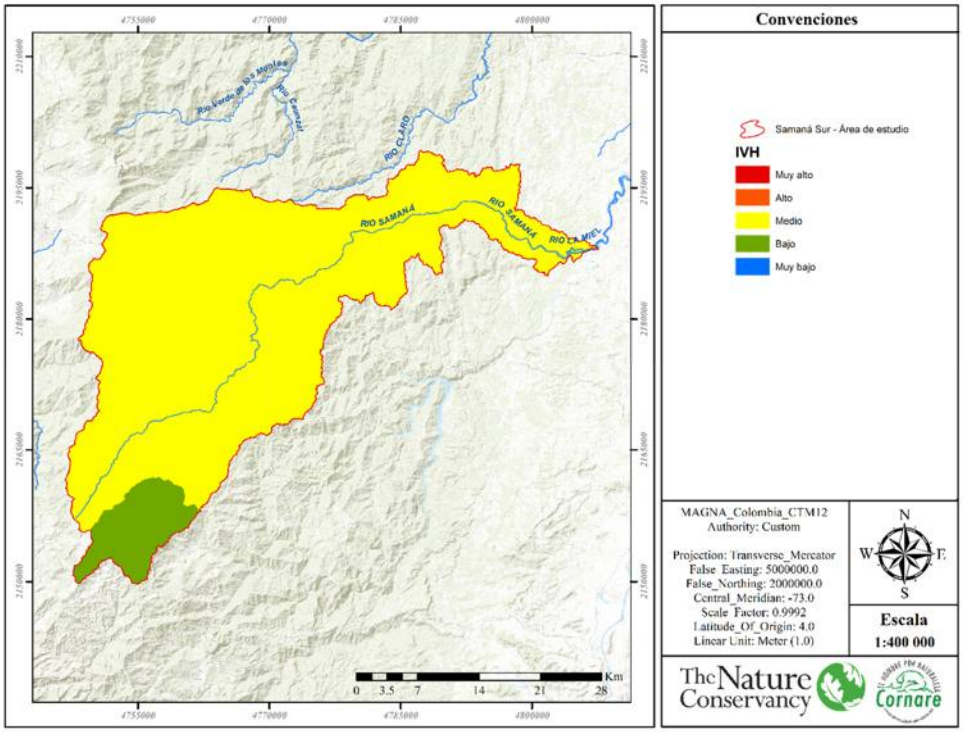
En la cuenca del Samaná Sur es importante conocer el rol ecosistémico que desempeñan la biodiversidad como servicio de regulación, dado que el mantenimiento de la calidad del aire y del suelo, el control de las inundaciones y enfermedades o la polinización de cultivos son algunos de los "servicios de regulación" proporcionados por la biodiversidad asociada a los ecosistemas de esta cuenca. Por ejemplo, la gran diversidad de plantas que se distribuyen en esta cuenca interviene en el clima local y en la calidad de aire, donde los bosques influyen en las precipitaciones y en la disponibilidad de agua, tanto a escala local como regional, adicionalmente los árboles y otras plantas desempeñan asimismo un importante papel en la regulación de la calidad del aire mediante la eliminación de contaminantes de la atmósfera (FAO, 2021). Los insectos y el viento polinizan las plantas y los árboles, lo cual es fundamental para el desarrollo de las frutas, hortalizas y semillas de esta región. La polinización animal es un servicio ecosistémico proporcionado principalmente por los insectos, pero también por algunos aves y murciélagos. En los agroecosistemas, los polinizadores son vitales para la producción hortícola y de forraje, algunos polinizadores como las abejas, los pájaros y los murciélagos inciden en la producción agrícola mundial, elevando la producción de los principales cultivos alimentarios de todo el mundo (FAO, 2021).

9.2.2.1 Servicio ecosistémico de regulación hídrica

La regulación hídrica es la capacidad que tienen una cuenca hidrográfica de regular los caudales, lo cual favorece un abastecimiento de caudales en temporadas secas y evita que los drenajes se sequen completamente debido a mecanismos de flujo base. La oferta de este servicio se estimó según el POMCA, para la cuenca del Samaná Sur se determinó que todas las subcuencas presentan un Índice de Regulación Alto. La cuenca tiene buena capacidad de regular los caudales, lo cual favorece un abastecimiento de caudales en temporadas secas.

La demanda y estado actual del servicio ecosistémico se puede realizar mediante el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (ver Figura 252)

Figura 252. Índice de vulnerabilidad hídrica



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

9.2.2.2 Servicio ecosistémico de regulación: almacenamiento y captura de carbono

Tal y como se indicó anteriormente, este SE corresponde a la capacidad del ecosistema, en particular de la cobertura vegetal de regular la composición química de la atmósfera y capacidad fijadora de CO2, genera un impacto directo en el mantenimiento de la calidad del aire. Las áreas que proveen este SE corresponden a las áreas en coberturas vegetales presentes en la cuenca, las cuales suman un total de 114.482,49 ha.

El análisis realizado en el numeral 4.4 correspondiente a valoración económica de los SE da cuenta de un total de 6.754.830,42 toneladas de carbono almacenado en las coberturas de la cuenca; lo que corresponde a 24.767.711,54 Ton de CO2 equivalente, potencialmente evitado producto de la presencia la cobertura vegetal.

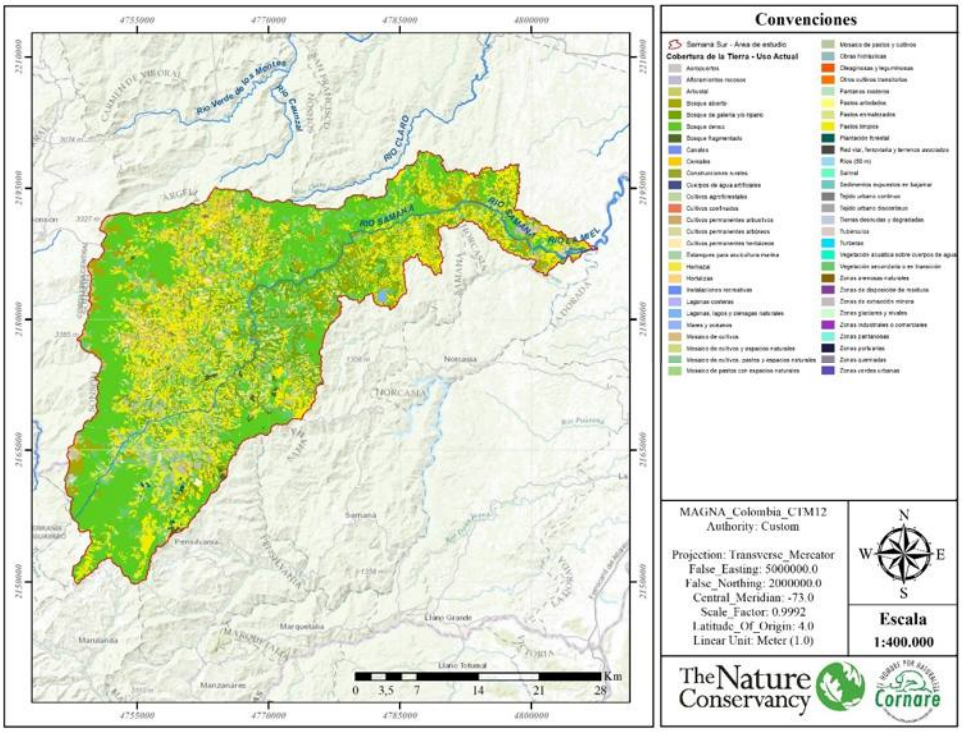
Tabla 135. Coberturas arbóreas en la cuenca del Samaná Sur

Cobertura	Total general
Bosques	56.065,41
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	15.517,87
Cultivos y mosaicos (Áreas agrícolas heterogéneas)	7.267,36
Pastos	35.631,85
Total general	114.482,49

Fuente: POMCA (2017)

La Figura 253 muestra el área en cobertura arbórea en la cual ejerce el SE de almacenamiento y captura de carbono.

Figura 253. Áreas con cobertura vegetal Cuenca del Samaná Sur

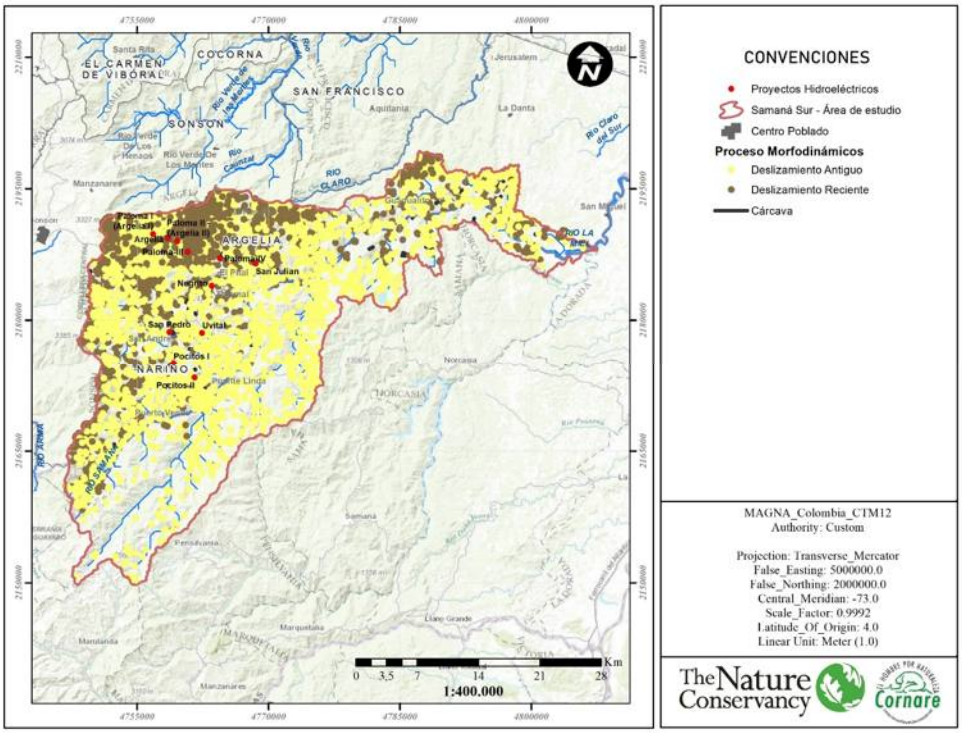


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

9.2.2.3 Servicio ecosistémico de regulación: Control de la erosión

El control de sedimentos es la capacidad que tienen una cuenca hidrográfica de regular la exportación de sedimentos a fuentes hídricas dados los diferentes procesos de denudación del suelo. Una baja exportación de sedimentos favorece en gran medida la calidad del agua, principalmente para el uso de consumo humano. De acuerdo con lo reportado en el POMCA, se identifica a partir de los procesos morfodinámicos que la cuenca del río Samaná Sur presenta una actividad marcada de deslizamientos (ver Figura 254), lo cual está asociado de manera directa a las altas pendientes dada su topografía y la alta oferta ambiental en términos de precipitación. Sin embargo, la presencia de coberturas como bosques hacen que no todos estos sedimentos lleguen a los cuerpos de agua (ver Figura 253). Por consiguiente, la demanda y estado actual del servicio ecosistémico se puede realizar mediante el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento.

Figura 254. Procesos morfodinámicos de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)Servicios ecosistémicos de soporte

La cuenca Samaná Sur presta servicios ecosistémicos vitales para toda la diversidad de especies que allí habitan, los cuales se relacionan con su historia de vida y las condiciones ambientales necesarias para cumplir los procesos fisiológicos necesarios para la salud de las especies y los ecosistemas.

9.2.2.4 Servicio ecosistémico de soporte: Provisión de hábitat para especies terrestres

La fauna silvestre de hábitos terrestres requiere nichos que le permitan suplir las necesidades de alimento y de refugio, por lo que las coberturas que pueden garantizar estos requerimientos de supervivencia son las zonas boscosas sin mucha alteración o intervención antrópica, las cuales corresponden a aquellas áreas con bosques densos y en menor medida bosques fragmentados y bosques abiertos, tal y como se indican en la Figura 217 Coberturas terrestres en la cuenca del Samaná Sur.

9.2.2.5 Servicio ecosistémico de soporte: Provisión de hábitat para especies acuáticas

Los ríos sin fragmentación como el Samaná Sur poseen una conectividad hídrica donde transportan, sedimentos y elementos como nutrientes a una macrocuenca como la del Magdalena, una función muy importante para el desarrollo de vida de una enorme biodiversidad (J. Restrepo et al., 2020). Sumado a esto uno de los servicios ambientales más importantes es la regulación hidrológica que aporta a las zonas de inundación del Magdalena, ya que controla en gran medida la dinámica de algunas especies de peces potádromos, los cuales son considerados como especies migratorias de agua dulce que necesitan remontar los ríos con el objetivo primordial de la reproducción o desove,

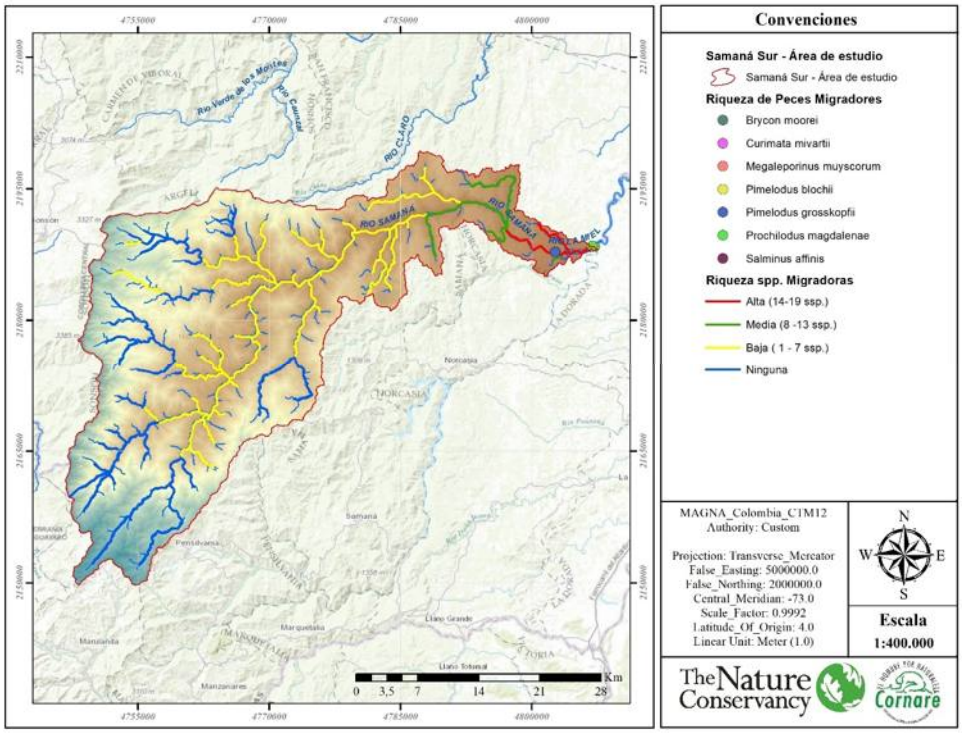
y lo cual es conocido como migración ictica, o localmente como “La Subienda” (Jiménez-Segura et al., 2010).

Esta migración consiste en que los peces salen de las ciénagas o planos de inundación a finales de la época de aguas bajas del río Magdalena y comienzan a remontarlo al iniciarse el incremento de caudales con las lluvias de abril. Luego entran a desovar en varios de los afluentes o tributarios principales del río una vez estos hayan alcanzado cierto nivel de aguas (S López Casas et al., 2016). Los peces desovan en estos afluentes y las larvas eclosionan y derivan aguas abajo conformando el denominado “ictioplancton” (Jiménez-Segura et al., 2010).Una vez entran de nuevo al cauce principal del río Magdalena son arrastrados aguas abajo y cuando pasan por diferentes bocas de ciénagas son arrastrados aguas adentro de estas. En estas ciénagas, en donde el río aporta anualmente nutrientes, se inician cadenas alimentarias (fito y zooplancton) de las cuales se alimentan estas larvas y juveniles de peces. Si el río no alcanza ciertos niveles se desconectan las ciénagas del río y se pierden estos hábitats esenciales para la alimentación y reproducción de la mayoría de las especies migratorias y residentes (Jiménez-Segura et al., 2010).

Este servicio ecosistémico ha sido expuesto para la cuenca Samaná Sur donde con estudios de marcaje (captura/recaptura) de especies migratorias en la cuenca media del Magdalena, indican que el río Samaná Sur puede ser un tributario alternativo para que los individuos de estas especies migratorias puedan realizar su ciclo reproductivo (S López Casas et al., 2016), ya que la cuenca presenta las condiciones adecuadas para que los peces se reproduzcan y aporten ictioplancton a las zonas inundadas como lo son las ciénagas y partes bajas del río Magdalena, donde los nuevos peces crecerán hasta madurar gonadalmente, para luego con la entrada del verano emprender la subienda hacia los afluentes del gran río Magdalena (S López Casas et al., 2016).

Una evidencia más de que el río Samaná Sur presente este servicio ecosistémico, se presenta en las predicciones de los modelos propuestos para la cuenca Magdalena Cauca (TNC, 2017), los cuales presentan tramos con la riqueza de especies migratorias que a su vez se relacionan con el recurso pesquero, también existen modelos que estiman las áreas de desove (López et al., 2018). Estos modelos son una aproximación a la realidad de lo que puede suceder en la cuenca Samaná Sur, pero deben ser ajustados a las condiciones de la cuenca, ya que se sobre estima la distribución y la cantidad de las especies migratorias. Al unir estos modelos con la distribución de las especies encontradas en *Global Biodiversity Facility Information* (*GBIF.Org*, 2021), se evidencia la falta de registros de especies migratorias en la cuenca Samaná Sur, lo cual evidencia la falta de compromiso de los estudios de impacto ambiental por divulgar la información y aportar al trabajo de SiB Colombia en reunir la información sobre la biodiversidad y distribución de las especies en Colombia. En la Figura 255 se puede observar la distribución de especies migradoras y de interés pesquero. En la parte baja de la cuenca se pueden encontrar 14 a 19 especies migradoras, mientras que, en zana media de la cuenca, la riqueza de especies disminuye. La mayoría de los registros encontrados con georreferenciación se concentran en la parte baja de la cuenca, pero esto no quiere decir que en a la parte media y baja de la cuenca, se puedan distribuir las especies migradoras como lo propone el modelo (S López Casas et al., 2016).

Figura 255. Distribución de las especies de peces migradores en la cuenca Samaná Sur

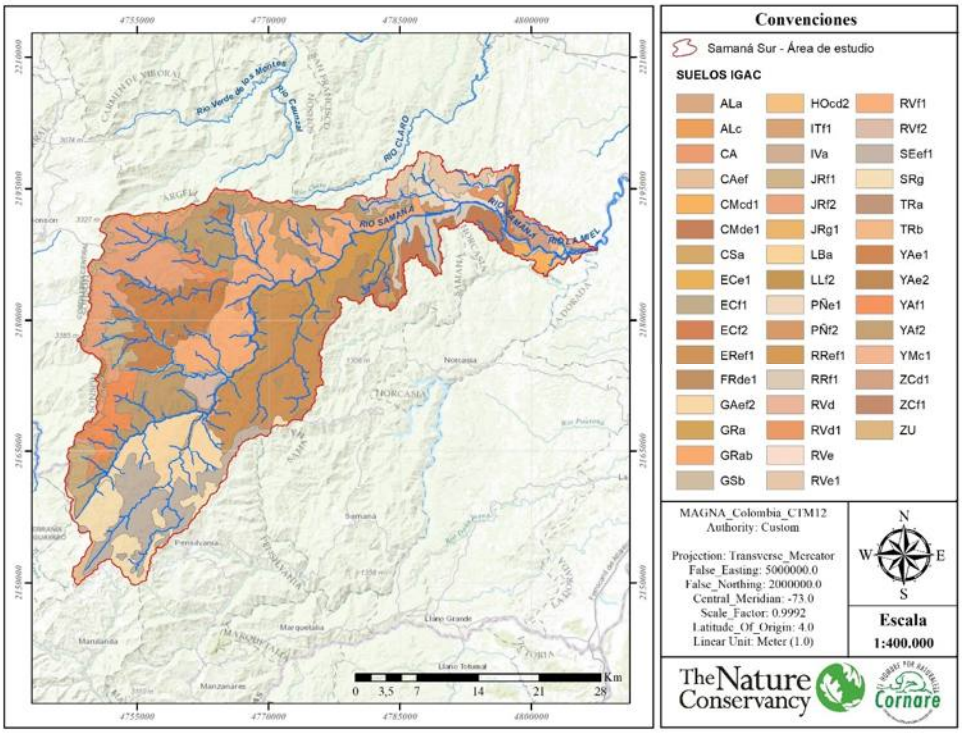


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

9.2.2.6 Servicio ecosistémico de soporte: Ciclo de nutrientes

Tal y como se anotó anteriormente, corresponde a la formación y mantenimiento de la fertilidad del suelo a través del ciclo de nutrientes. Está ligado al SE de aprovisionamiento de alimentos, en la medida en que la fertilidad del suelo garantiza una aptitud para la provisión de cultivos. Dicha capacidad del suelo depende de las condiciones físicas, químicas y del inventario de nutrientes (macro y micronutrientes) disponibles según la unidad de suelo. La Figura 256 muestra el área de la cuenca para cada una de las unidades de suelo presentes.

Figura 256. Unidades de suelo presentes en la cuenca del Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

9.2.3 *Servicios ecosistémicos culturales*

Tal y como se describe en el apartado de la identificación de los servicios ecosistémicos culturales de la Cuenca del río Samaná Sur, están asociados a las manifestaciones y percepciones individuales o colectivas que nacen según el contexto sociocultural de un área específica, en relación con los ecosistemas. Se identifican como SE culturales: recreación y turismo, belleza escénica y expresiones culturales asociadas a los recursos naturales.

9.2.3.1 Servicio ecosistémico cultural: recreación y turismo

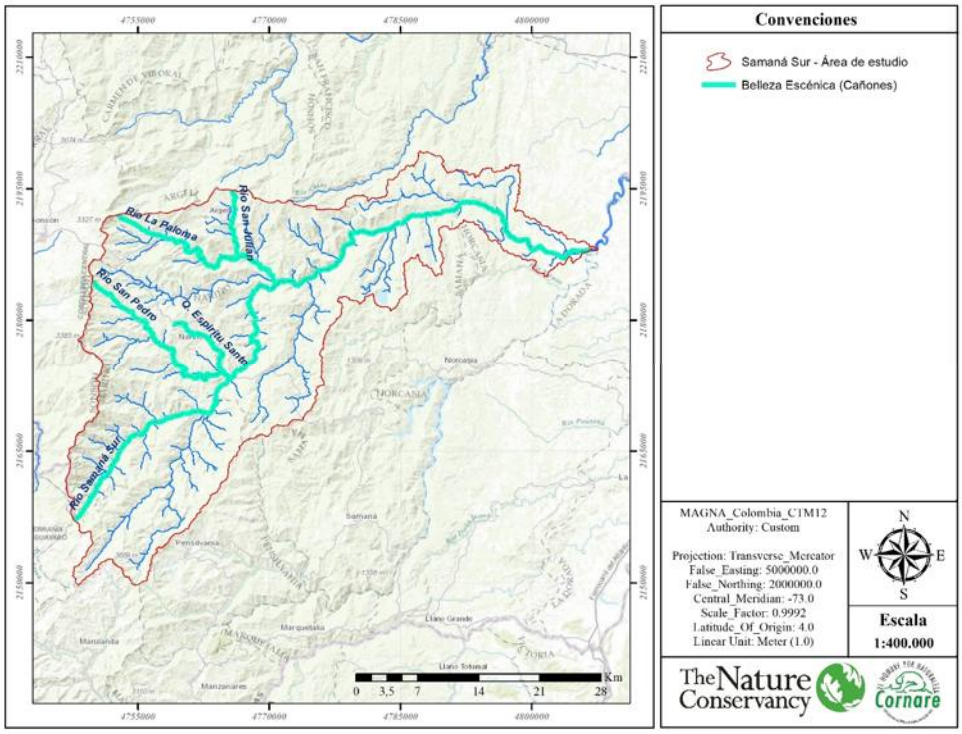
En relación con este servicio, en la cuenca se identifica actividad turística creciente evidenciada en la construcción de infraestructura para el turismo y la movilización de estrategias como la Mesa de Turismo de Argelia, que se constituye en un mecanismo para direccionar la actividad en ese municipio.

En la cuenca se lograron identificar 81 sitios turísticos, como se puede observar en la Figura 234 de los Sitios turísticos de la Cuenca del río Samaná Sur del apartado de actividades turísticas del capítulo 8.4.2.10, en donde los termales del Espíritu Santo se identificaron como el sitio que mayor número de turistas atrae en la cuenca, y se espera que la adecuación de la infraestructura para poner en servicio los Termales del Líbano potencie la actividad turística en la zona.

9.2.3.2 Servicio ecosistémico cultural: Belleza escénica

La belleza escénica de la cuenca está representada por la abundancia y claridad de sus aguas que discurren a través de cañones, cubiertos de bosques y por la existencia de aguas termales cercanas a fuentes de agua cristalina. Es clara la estrecha relación que existe entre los servicios ecosistémicos culturales de belleza escénica y los de recreación y turismo, siendo difícil desvincular los unos de los otros porque todo lugar turístico tiene belleza escénica. No obstante, la belleza escénica es de mayor alcance y, por lo tanto, menos fácil de cuantificar puesto que trasciende los lugares específicos identificados como turísticos, y se extiende hacia zonas completas que ofrecen paisajes extensos. En la cuenca son reconocidos como sistemas de importancia paisajística los ríos Samaná Sur, San Pedro, El Espíritu Santo, La Paloma, San Julián, principalmente (ver Figura 257).

Figura 257. Servicios Ecosistémico Cultural belleza escénica de la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.2.3.3 Servicio ecosistémico cultural: Expresiones culturales asociadas a los recursos naturales

En el territorio de la cuenca se celebran 3 fiestas tradicionales, que evidencian la relación directa con elementos naturales o con producción a partir de los servicios que éstos prestan como es el caso de las Fiestas de La Cosecha, El Maíz y El Higo.

Los servicios culturales están estrechamente interconectados y a menudo están relacionados con los servicios de abastecimiento y de regulación, por ejemplo, la pesca en pequeña escala no solo

tiene que ver con los alimentos y los ingresos, sino también con el modo de vida de los pescadores. En muchos casos, los servicios culturales figuran entre los valores más importantes que las personas asocian con la naturaleza; es por ello fundamental comprenderlos (FAO, 2021).

En este sentido y con relación a los servicios ecosistémicos culturales en la cuenca del Samaná sur, las relaciones sociales que se tejen como manifestaciones culturales relacionadas con los peces y los ríos puede ser diversas dado los altos reportes de riqueza de peces con distribución en la cuenca (*SiB Colombia*, 2021), además de lo reportado en la cuenca del río Magdalena Cauca (Valderrama et al., 2020), donde los peces desempeñan un rol importante por ser protagonistas incentivando la apropiación de conocimiento de la protección de los ecosistemas acuáticos, además de ser usado como fomento para el desarrollo socioeconómico, así mismo, son parte fundamental de la vida social de las comunidades ribereñas de la cuenca (Valderrama et al., 2020). En especial, los peces migratorios y su relación con las culturas anfibias se constituyen en un eje central en todas las dimensiones físicas, simbólicas y cosmogónicas de dichas comunidades (Valderrama et al., 2020).

La apropiación de los peces y su significado simbólico permea gran parte de la cultura que se construye a partir de formas, usos, prácticas y representaciones que giran en torno a las especies y los artes de pesca, comunicando mensajes referentes a la protección y conservación de la diversidad biológica de los sistemas acuáticos, además de incentivar otras alternativas económicas que son llevadas a cabo por algunos de los pobladores (Valderrama et al., 2020). Para la cuenca del Magdalena se reconoce que este tipo de servicios culturales contemplan las interacciones activas con los ecosistemas, tales como aquellas que permiten la investigación científica o la creación del conocimiento ecológico tradicional o las que, en términos de cultura o patrimonio, permiten experiencias estéticas o estados físicos, mentales y espirituales de las personas y, de igual forma, están los elementos de los sistemas vivos que tienen un significado simbólico, sagrado o religioso que son utilizados para el entretenimiento o la representación de la protección de la naturaleza (Valderrama et al., 2020).

9.3 Descripción y resultados modelación matemática de servicios ecosistémicos

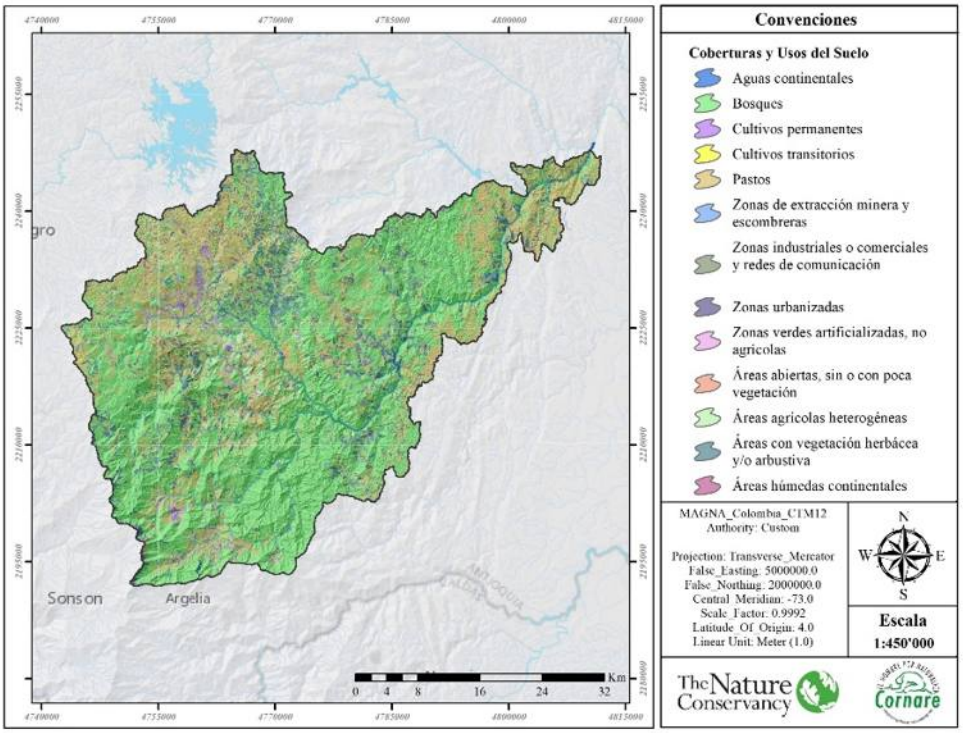
En este capítulo se presenta el ejercicio de identificación de servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, a partir de modelación matemática utilizando el conjunto de herramientas InVEST (Valoración integrada de servicios y compensaciones de ecosistemas), las cual tiene un amplio uso a nivel mundial (Posner et al., 2016); de acuerdo con la metodología presentada en el Producto 2 “Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de los Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico” (Cornare & TNC, 2021c). Específicamente se presentan los resultados de las modelaciones realizadas a través de los modelos Annual Water Yield, Seasonal Water Yield, Sediment Delivery Ratio, Nutrient Delivery Ratio, Carbon Storage and Sequestration, Visitation: Recreation and Tourism, Habitat Quality y Crop Production.

9.3.1 *Construcción de modelación de servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur*

la cobertura y uso del suelo constituye la principal entrada para la mayoría de los modelos InVEST (exceptuando el modelo de recreación y turismo). En este sentido, para la construcción de los modelos de la cuenca del río Samaná Norte y río Samaná Sur, se tomaron las coberturas y usos del suelo cartografiadas en sus respectivos POMCAS a un nivel de agregación 3 de acuerdo con la

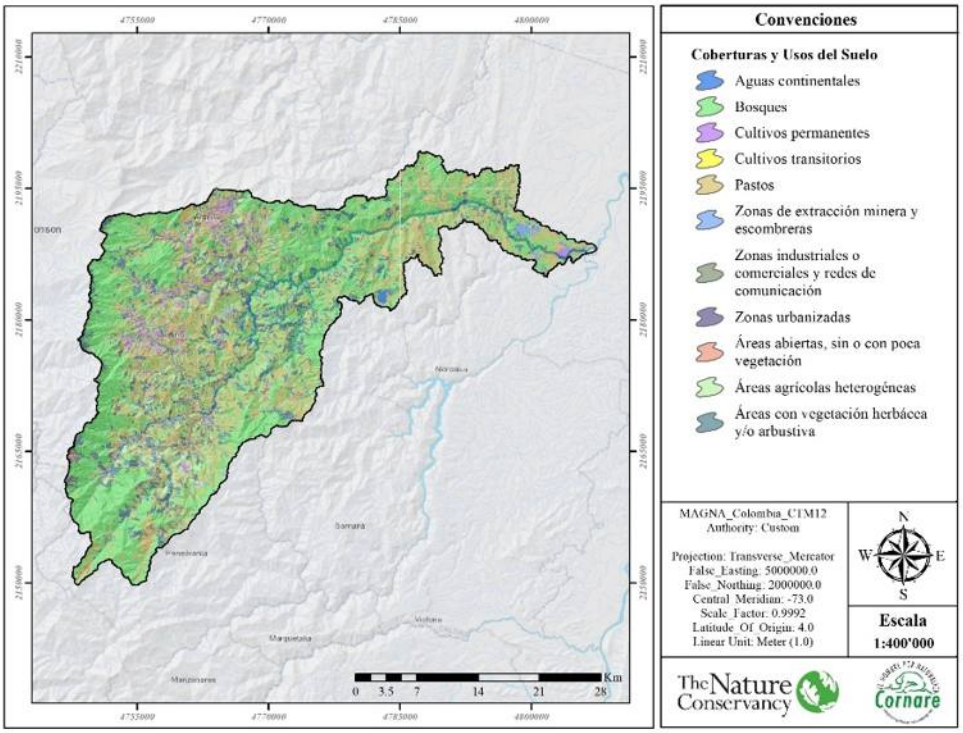
metodología Corine Land Cover. En la Figura 258 y Figura 260 se presentan las coberturas utilizadas para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 258. Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente**:** Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

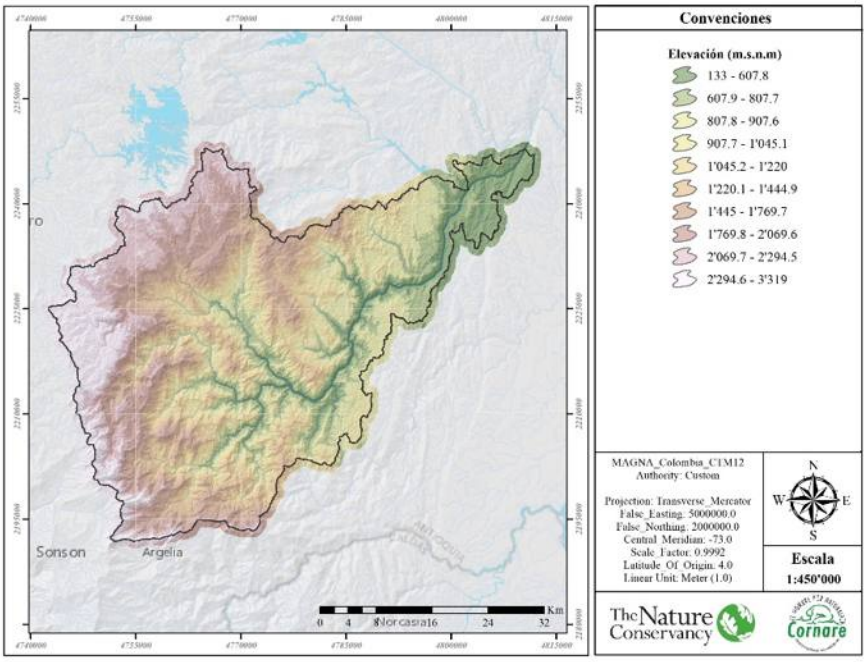
Figura 259. Distribución espacial de las coberturas y usos del suelo en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

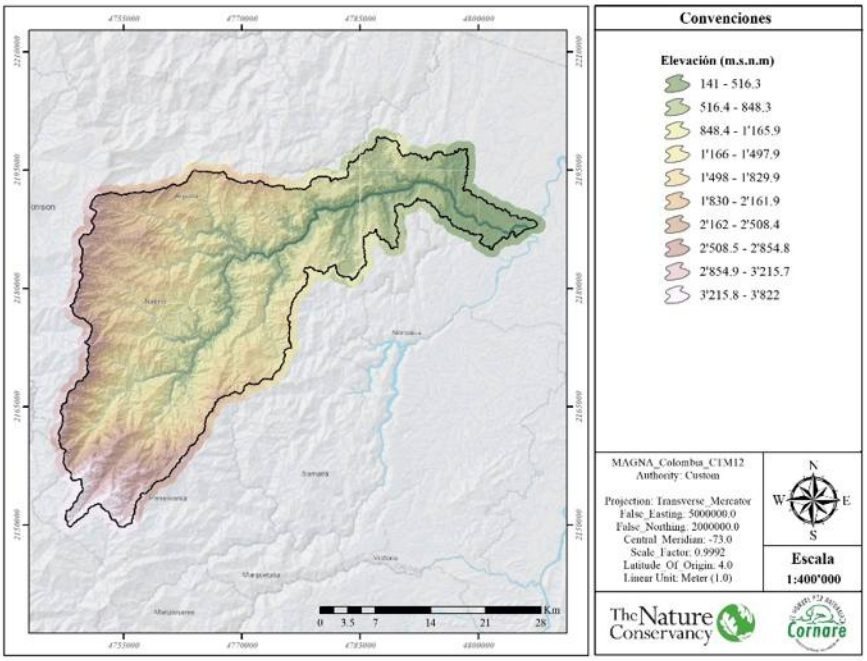
El modelo de elevación digital (DEM) de terreno fue tomado del Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) de resolución 30 metros. Es de resaltar que, las entradas de los modelos InVEST presentan esta misma resolución de pixel, dado que se encontró que este tamaño de pixel brinda un balance en los tiempos ejecución, especialmente en los modelos de turismo y recreación que efectúa un análisis de imágenes a nivel de pixel, los cuales tardan para una cuenca como la del Samaná Norte, con tamaño de pixel de 30 metros, entre 4 y 8 horas, tiempo de cómputo que se considera racional permitiendo una representación adecuada a nivel de cuenca. En la Figura 260 y Figura 261 se presentan los DEMs utilizados para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 260. Distribución espacial de las elevaciones en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

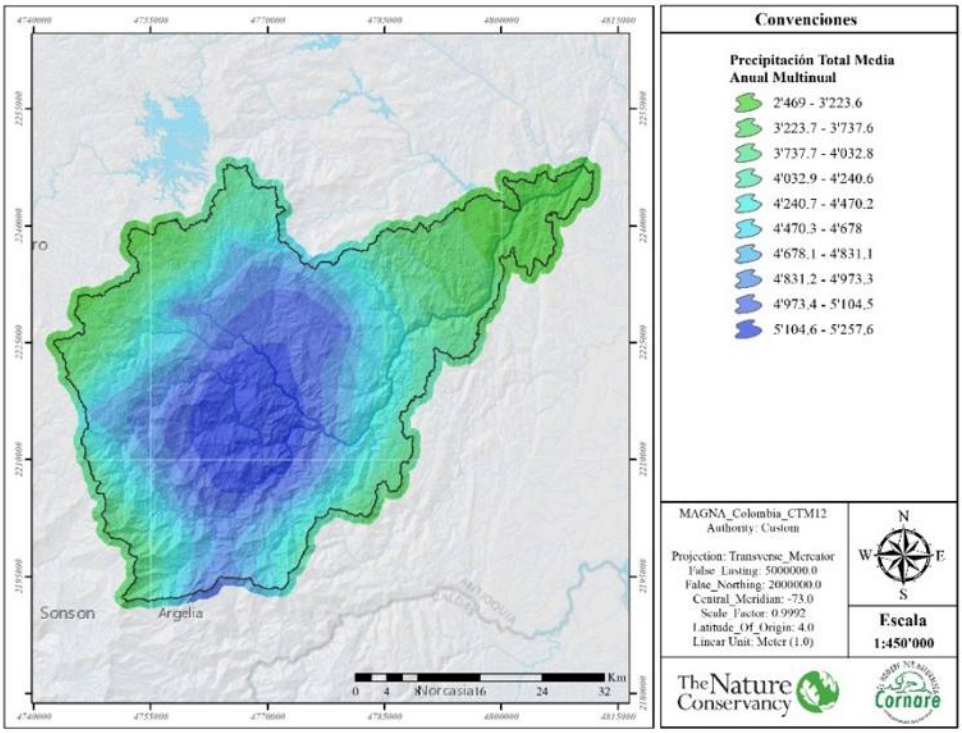
Figura 261. Distribución espacial de las elevaciones en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

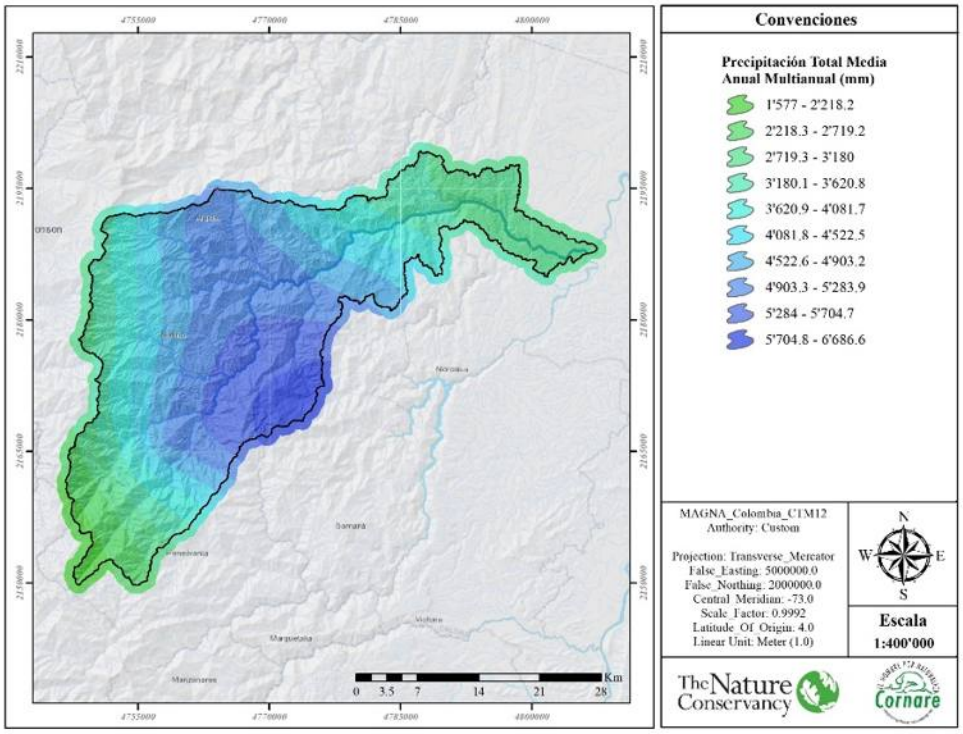
La precipitación ingresada a los modelos de inVEST que requieren este insumo, fue generada a partir de los valores medios mensuales multianuales y anuales multianuales de las estaciones de precipitación presentes en el área de ambas cuencas. Para esto, se hizo uso del método de interpolación Kriging. En la Figura 262 y Figura 263 se presentan los campos de precipitación total media anual multianual para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 262. Distribución espacial de la precipitación total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

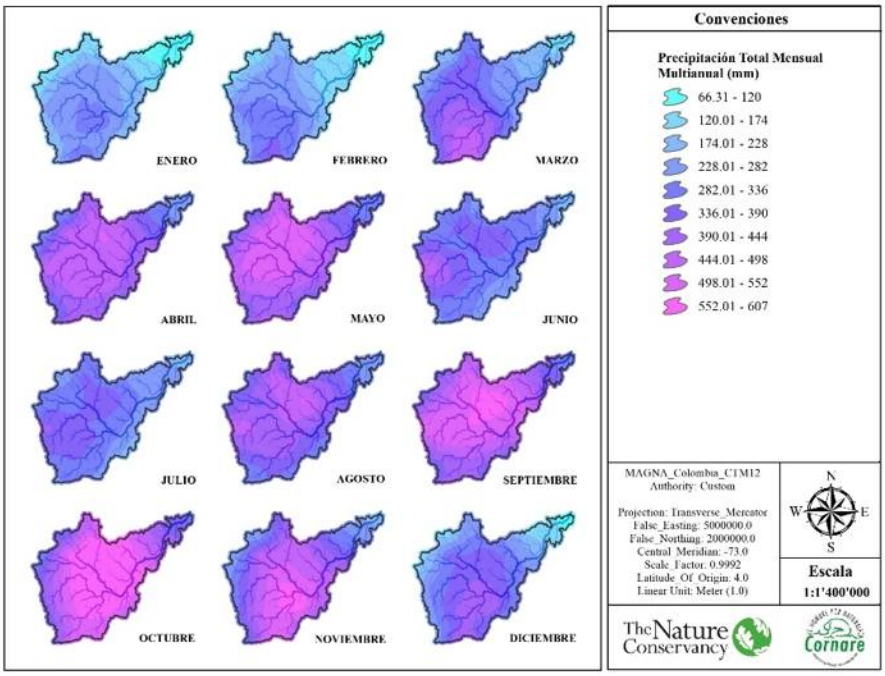
Figura 263. Distribución espacial de la precipitación total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

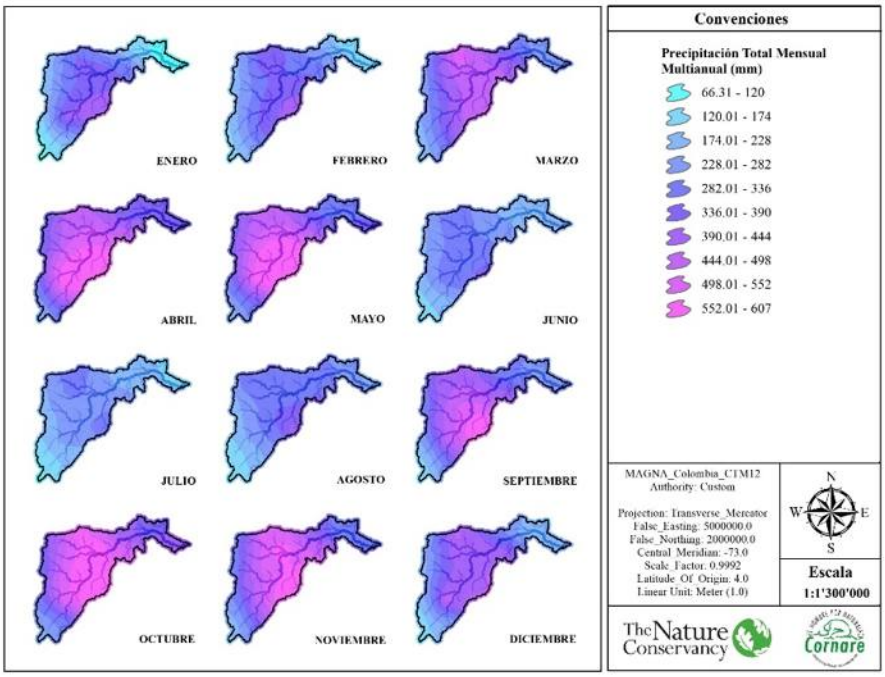
En la Figura 264 y Figura 265 se presentan los campos de precipitación total media mensual multianual para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 264. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente**:** Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

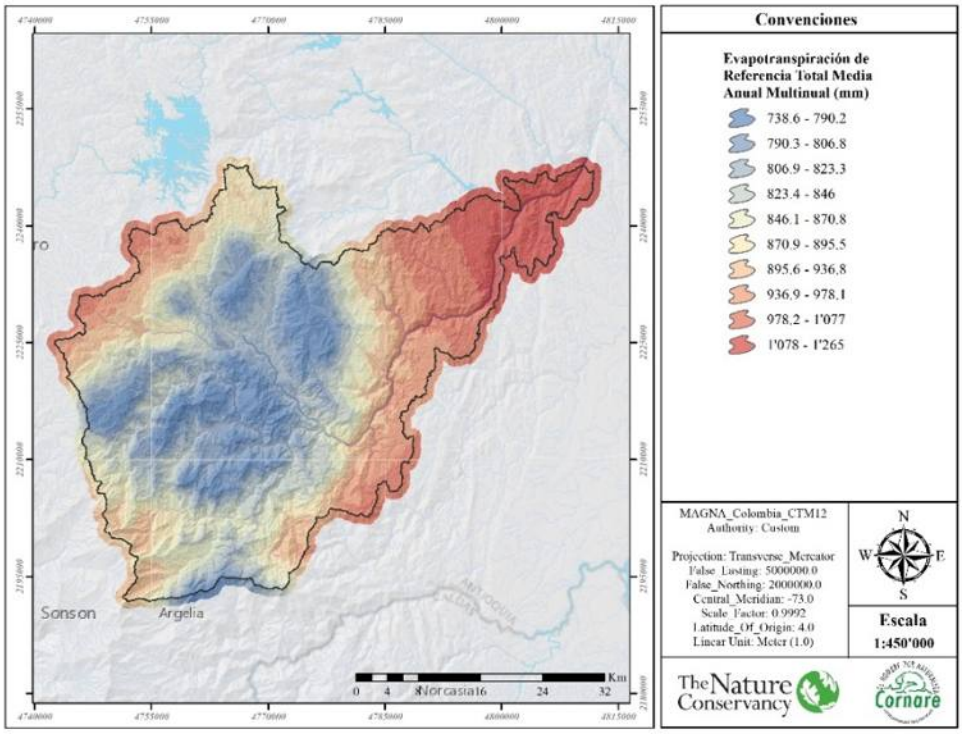
Figura 265. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente**:** Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

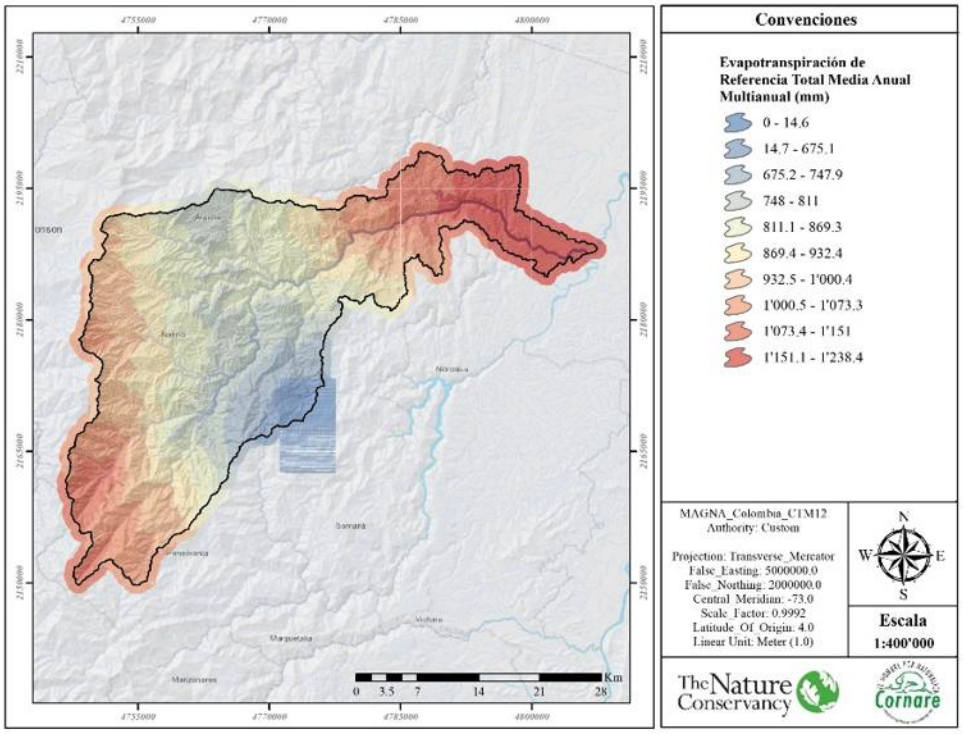
La evapotranspiración de referencia ingresada a los modelos de InVEST que requieren este insumo, fue generada a partir de los valores de temperatura máxima y mínima mensuales multianuales de las estaciones climatológicas presentes en el área de ambas cuencas. Para esto, se hizo uso de la ecuación propuesta por Hargreaves & Samani (1985) modificada para Colombia por IDEAM (2019). Variables como radiación extraterrestre que también este requerida por este modelo, fue estimada siguiendo los modelos descritos por Allen et al. (2006). En la Figura 266 y Figura 267 se presentan los campos de evapotranspiración de referencia total media anual multianual para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 266. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente**:** Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

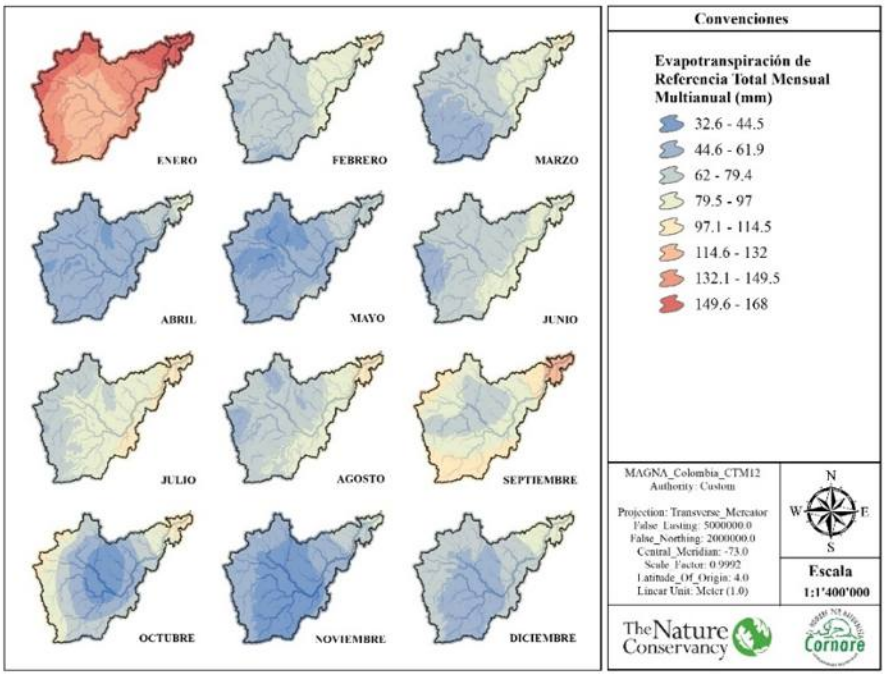
Figura 267. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

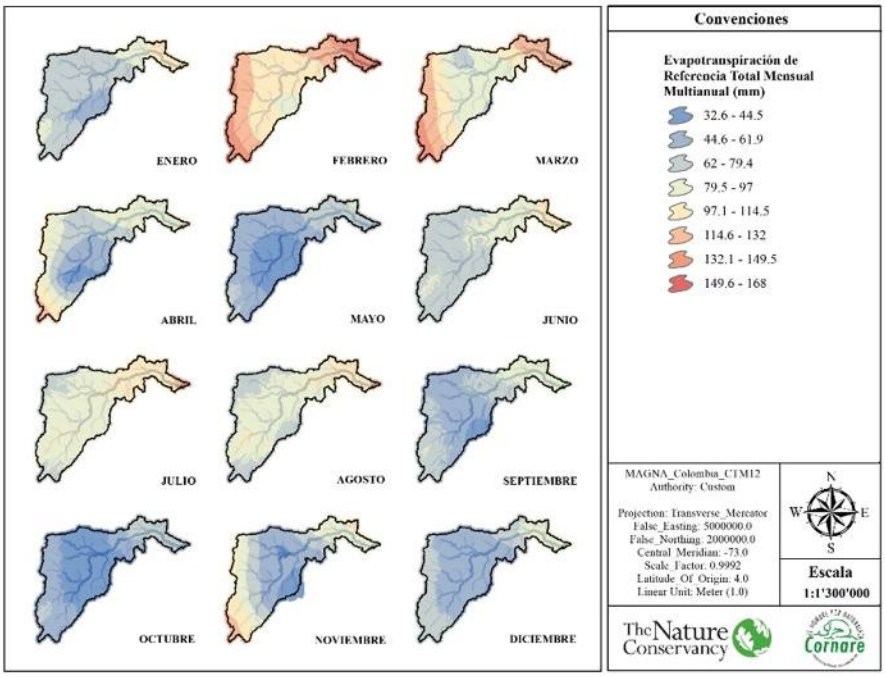
En la Figura 268 y Figura 269 se presentan los campos de evapotranspiración de referencia total media mensual multianual para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 268. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

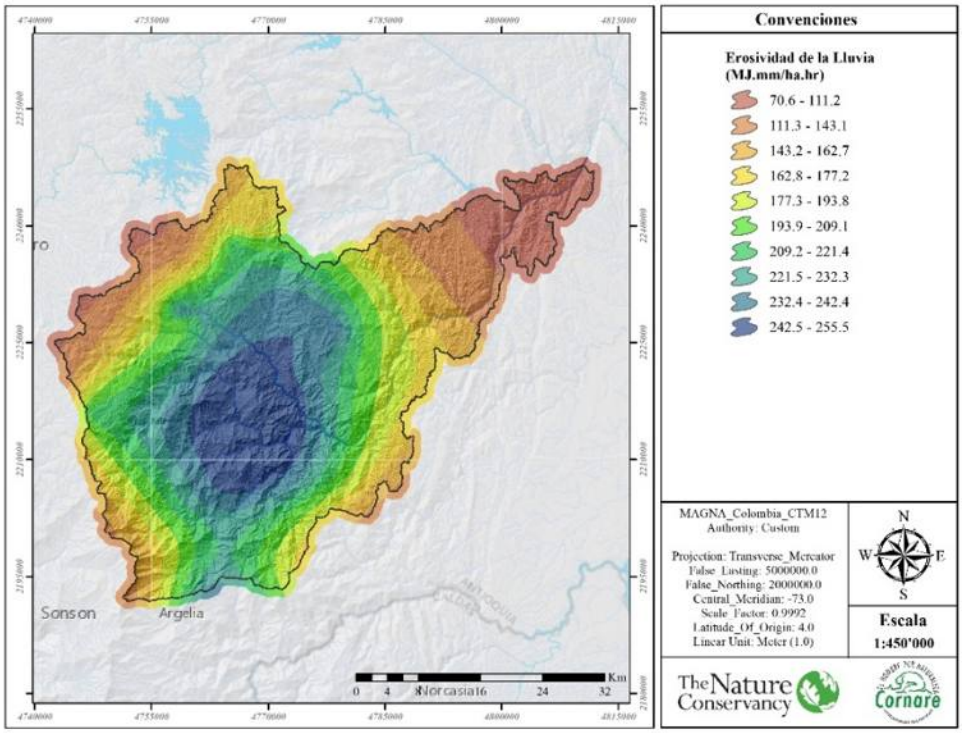
Figura 269. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia total media anual multianual en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

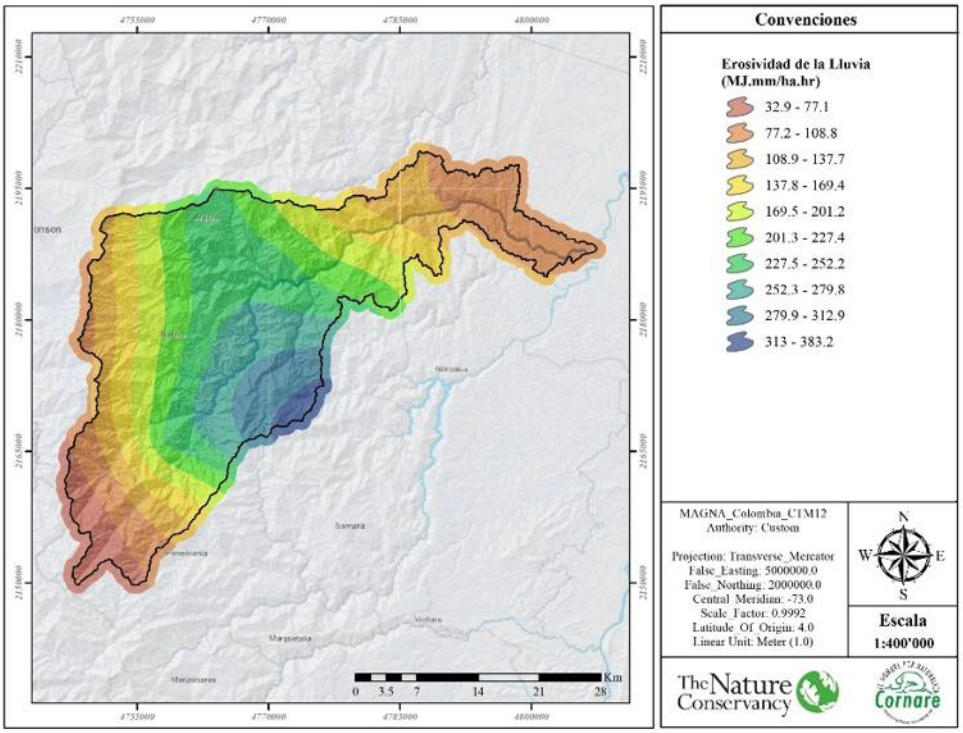
La erosividad de la lluvia fue estimada a partir de los campos de precipitación total media anual multianual a través del modelo sugerido por Perez Arango & Mesa (2002) para Colombia. En la Figura 270 y Figura 271 se presentan los campos de erosividad de la lluvia para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 270. Distribución espacial de la erosividad de la lluvia de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

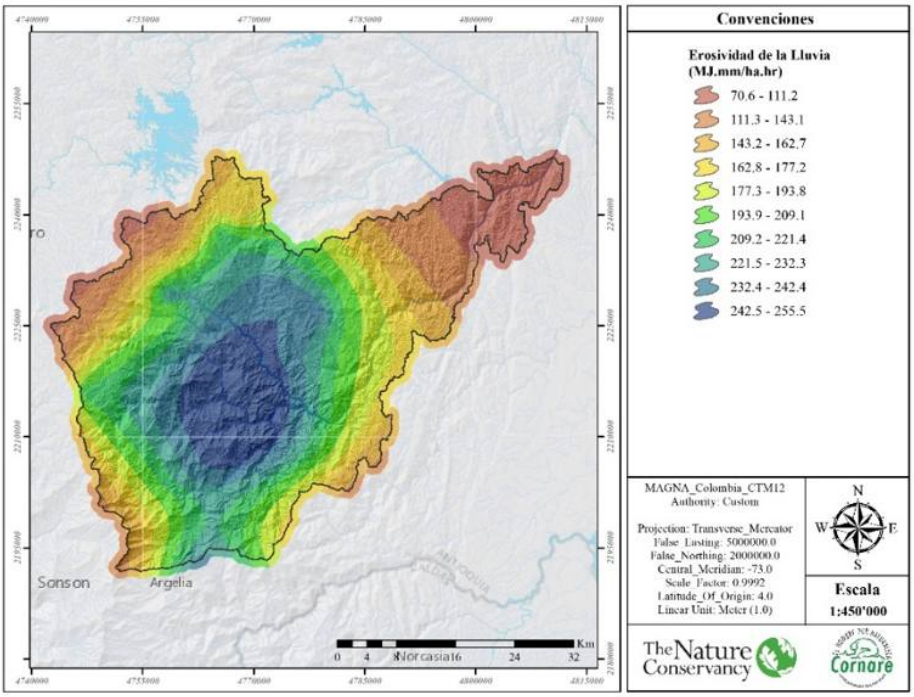
Figura 271. Distribución espacial de la erosividad de la lluvia de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

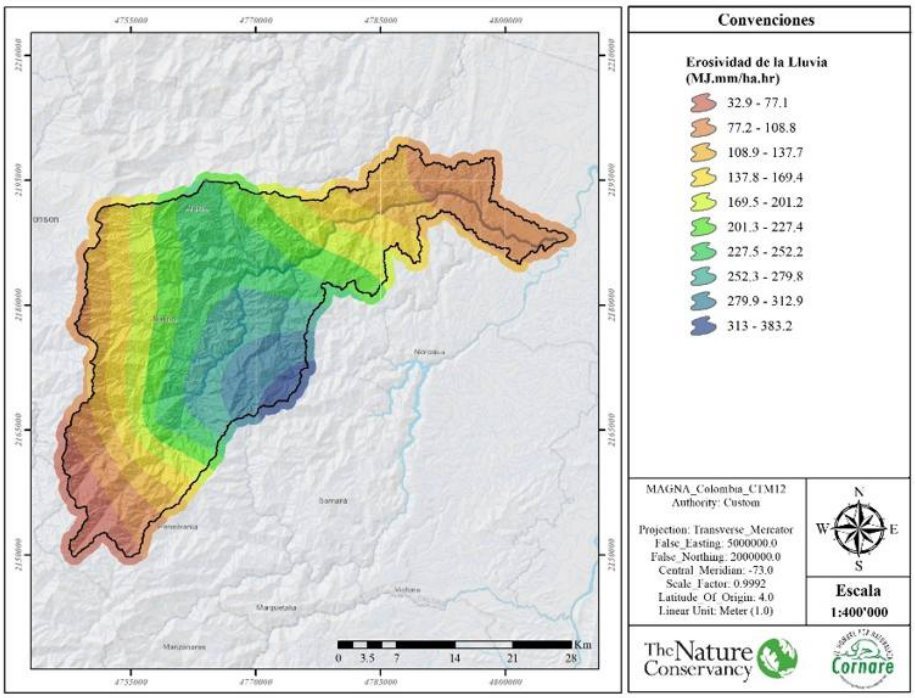
La erodabilidad del suelo fue derivada a partir de los componentes texturales del suelo haciendo uso del modelo propuesto por Renard (1997). Para la cuenca del río Samaná Norte, los componentes texturales y la distribución de los mismo fueron tomadas del POMCA de acuerdo con el mapa de suelo. Para la cuenca del río Samaná Sur, no se contó con esta información producto de un error en el guardado de la capa de suelo en la GDB del POMCA. Por tal razón, los componentes texturales se tomaron de la base de datos construida por Hengl et al. (2017) a partir de más de 100.000 perfiles de suelo levantados en todo el mundo y haciendo uso de diferentes covariables entre las cuales está la precipitación generada por WorldClim (Hengl et al., 2017). En la Figura 272 y Figura 273 se presentan los campos de erosividad del suelo para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 272. Distribución espacial de la erodabilidad del suelo de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

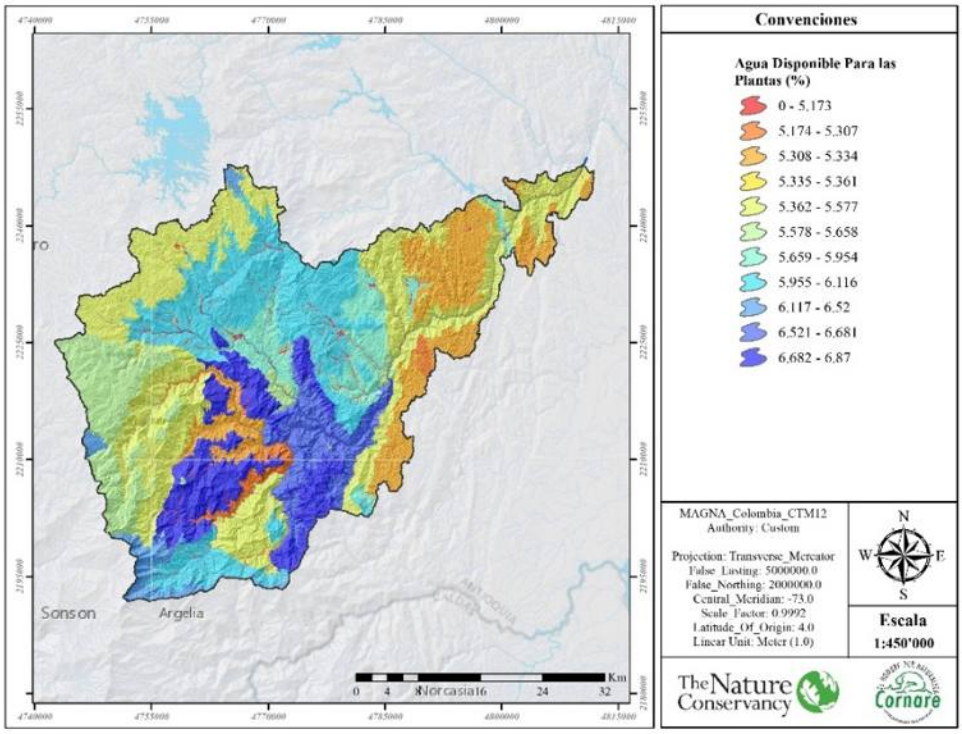
Figura 273. Distribución espacial de la erodabilidad del suelo de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

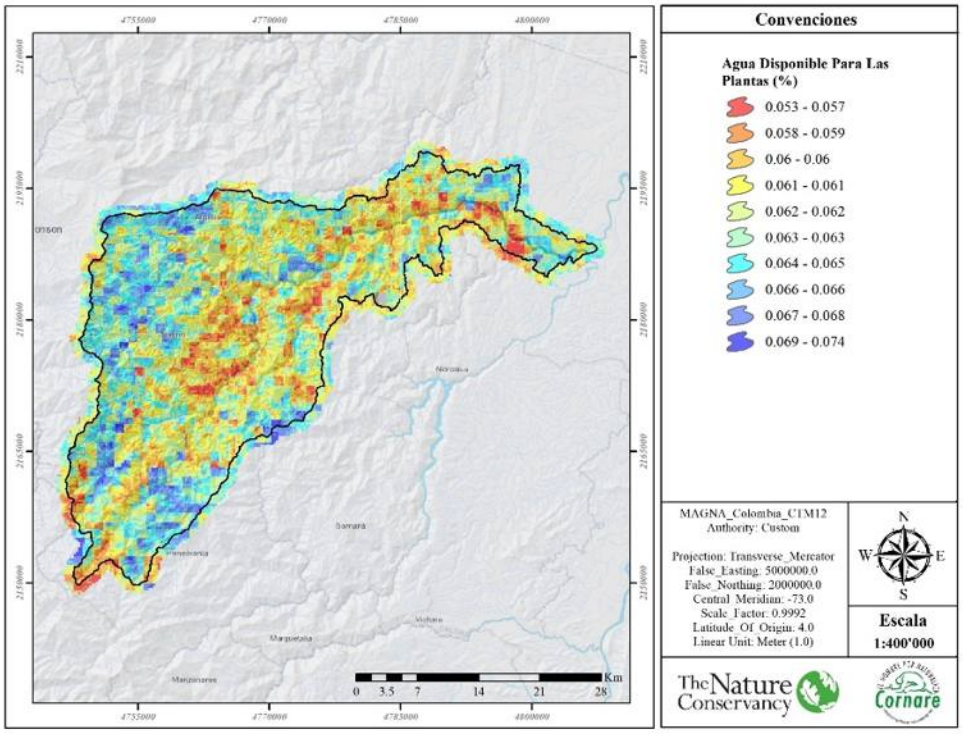
Sabiendo que el agua disponible para las plantas es igual al diferencial entre los porcentajes de humedad del suelo a condición de capacidad (agua retenida a 1/3 atmosfera) de campo y punto de marchitez permanente (agua retenida a 15 atmosferas), el agua disponible para las plantas fue estimada a partir de los componentes texturales del suelo haciendo uso del modelo propuesto por por Bodman y Mahmud para capacidad de campo y el de Máximov para punto de marchitez permanente (E. Giraldo, 2019). En la Figura 274 y Figura 275 se presentan los campos de agua disponibles para las plantas para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 274. Distribución espacial del agua disponible para las plantas en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

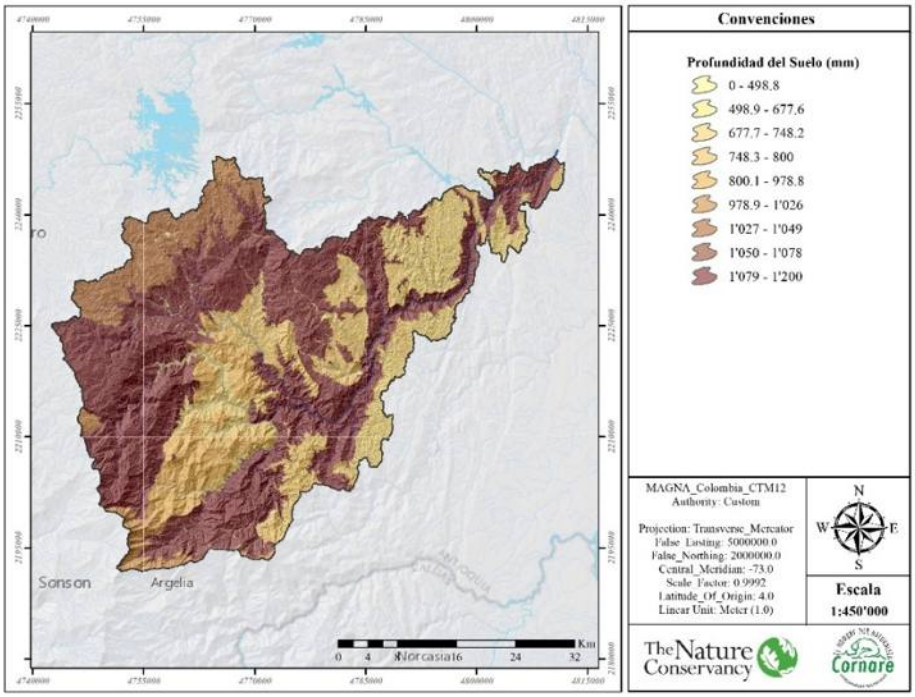
Figura 275. Distribución espacial del agua disponible para las plantas en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y Hengl et al. (2017)

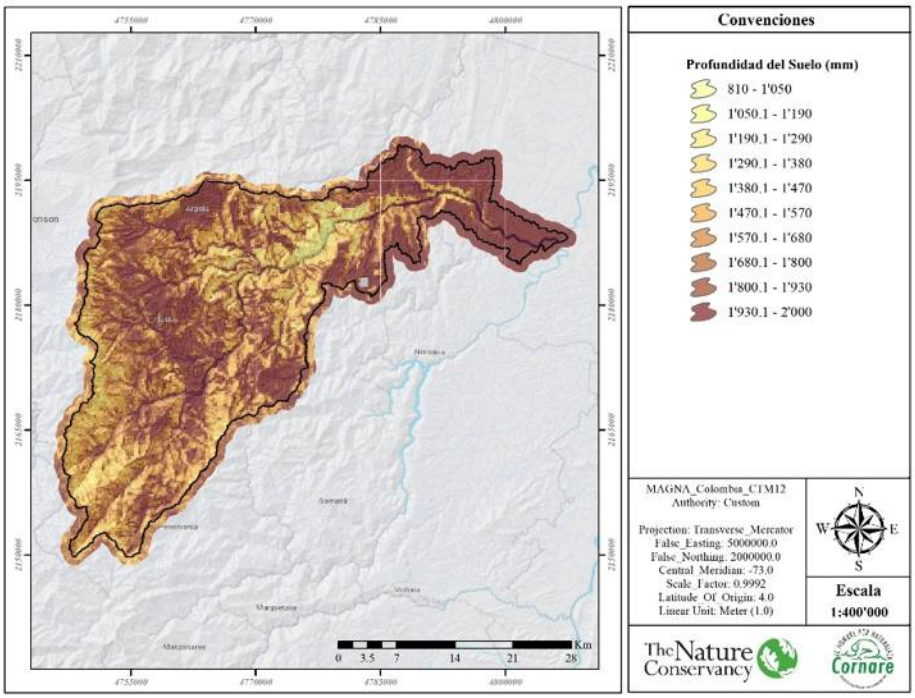
La profundidad del suelo para la cuenca del río Samaná Norte, fue tomada de los datos consolidados en el POMCA y espacializada de acuerdo con la distribución de sus suelos. Mientras que para la cuenca del río Samaná Sur, esta variable fue tomada de la base de datos construida por Hengl et al. (2017). En la Figura 276 y Figura 277 se presentan los campos de profundidad del suelo para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 276. Distribución espacial de la profundidad del suelo en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

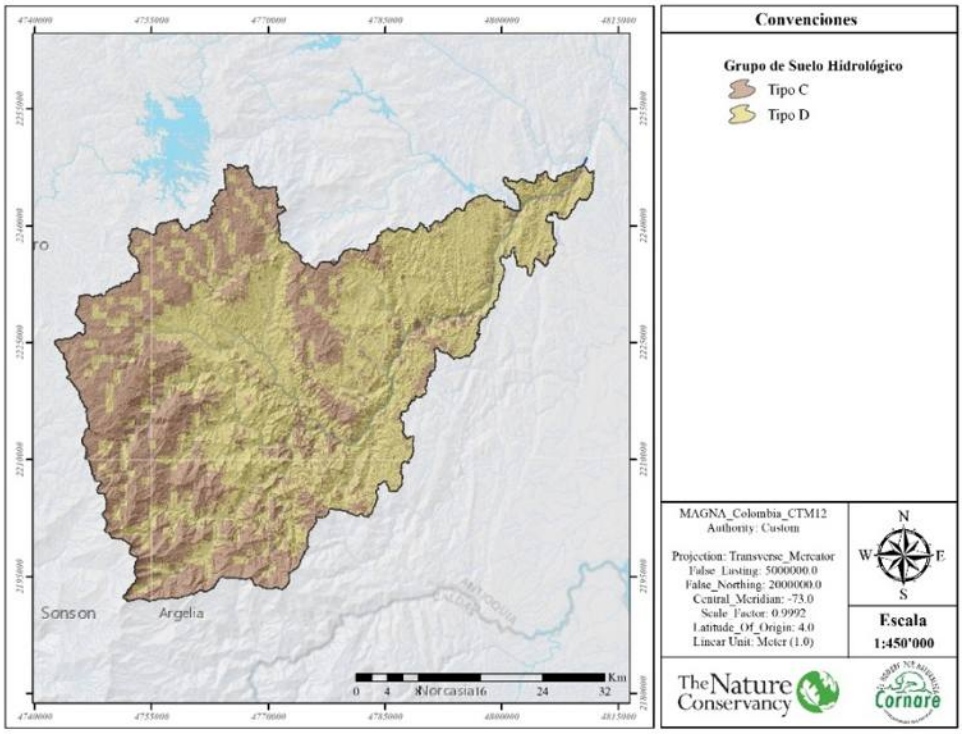
Figura 277. Distribución espacial de la profundidad del suelo en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

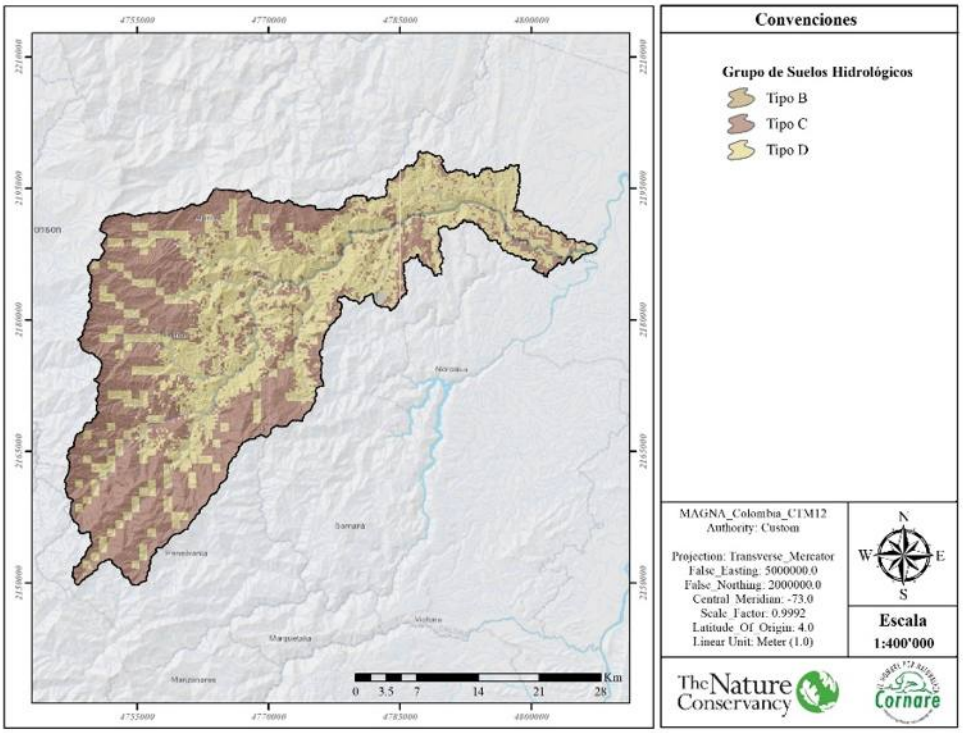
Los grupos de suelos hidrológicos fueron tomadas de la base de datos HYSOGs250m construida por Ross et al. (2018). En la Figura 278 y Figura 279 se presentan los grupos de suelo hidrológicos para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente.

Figura 278. Distribución espacial del grupo de suelos hidrológicos en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y Hengl et al. (2017)

Figura 279. Distribución espacial del grupo de suelos hidrológicos en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y Hengl et al. (2017)

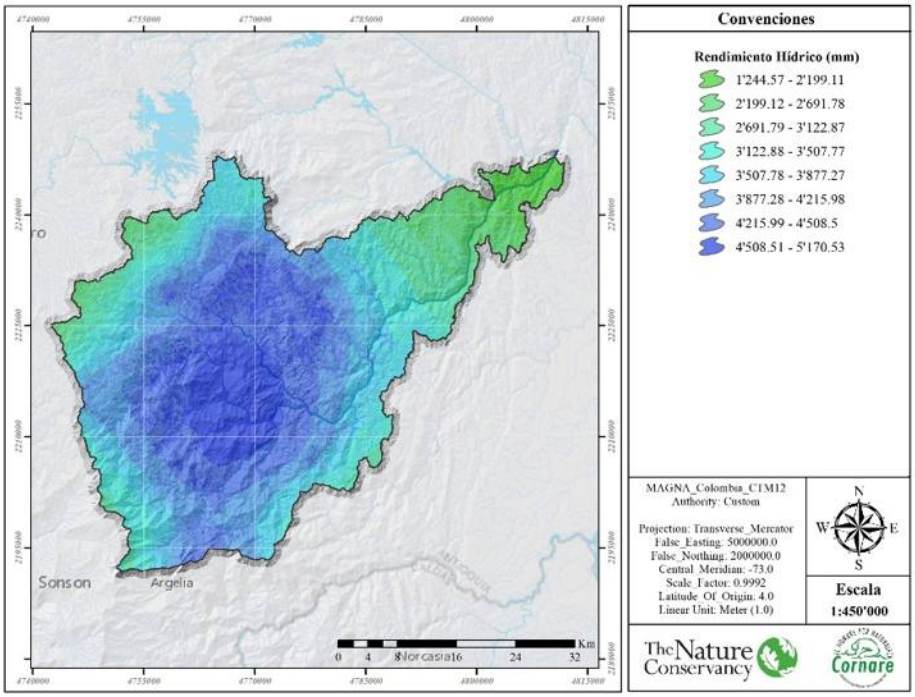
9.3.2 *Resultados de la modelación de servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur*

En el actual capítulo se presentan los resultados de los modelos de servicios ecosistémicos para la Cuenca del río Samaná Norte y la Cuenca del río Samaná Sur. Para cada modelo se presentan los resultados cuantitativos y categorizados en bajo, medio y alto. Es importante resaltar que los modelos fueron verificados a partir de información secundaria y el criterio experto del equipo técnico del proyecto. No obstante, dado que algunas parametrizaciones corresponden a valores globales, los resultados cuantitativos deben ser entendió desde una perspectiva proporcional, para lograr visualizar las zonas que prestan un mayor o menor servicio ecosistémico.

9.3.2.1 Modelo annual water yield

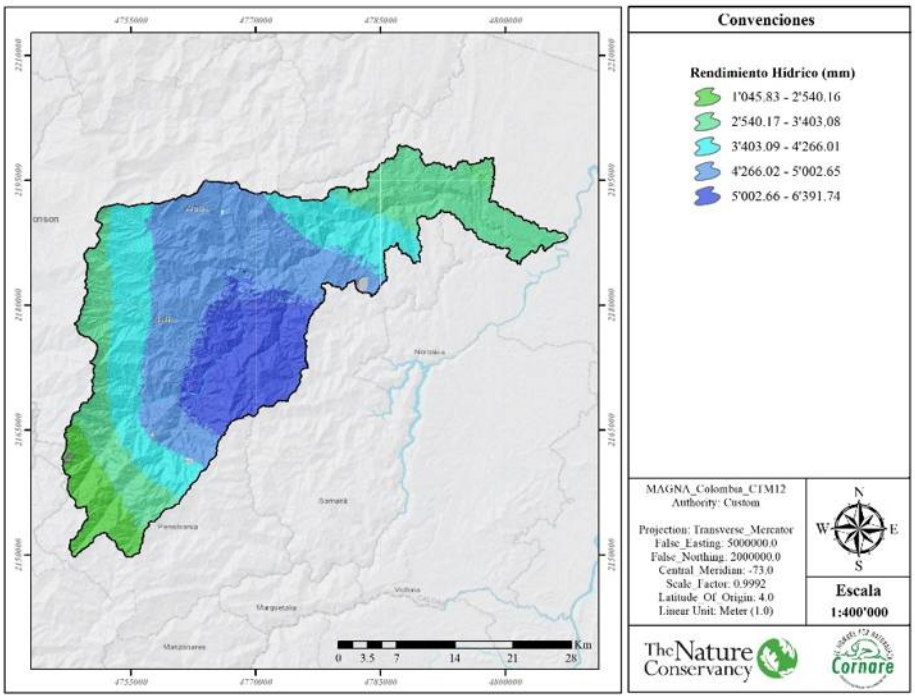
Los resultados del modelo de rendimiento hídrico anual mostraron que la cuenca del río Samaná Norte y Samaná sur frente al servicio ecosistémico de provisión de aguas presenta valores superiores a los 1000 mm/año, llegando a ser en algunas zonas mayores a los 5000 mm/año (ver Figura 280 y Figura 281). Este gran aporte esta dado principalmente por la oferta atmosférica que presenta la cuenca del río Samaná Norte y Samaná sur en términos de precipitaciones (ver Figura 262 y Figura 263). La combinación de alta oferta y topografía de la misma, hacen de esta un área de alto potencial para la generación de hidroenergía.

Figura 280. Distribución espacial del rendimiento hídrico anual en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 281. Distribución espacial del rendimiento hídrico anual en la cuenca del río Samaná Sur

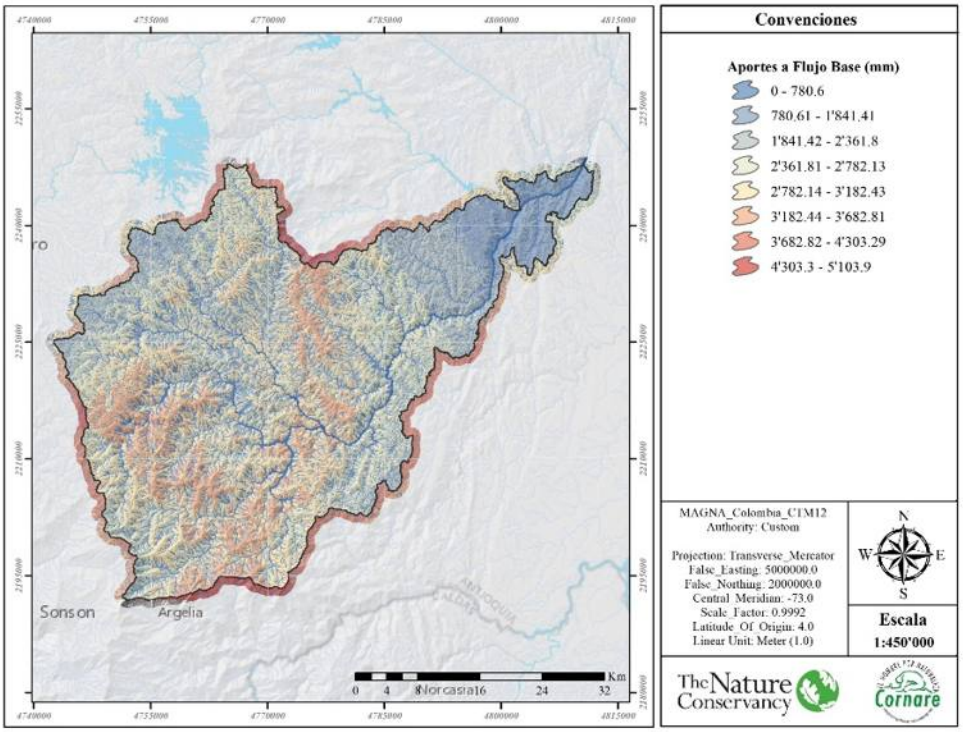


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.3.2.2 Modelo seasonal water yield

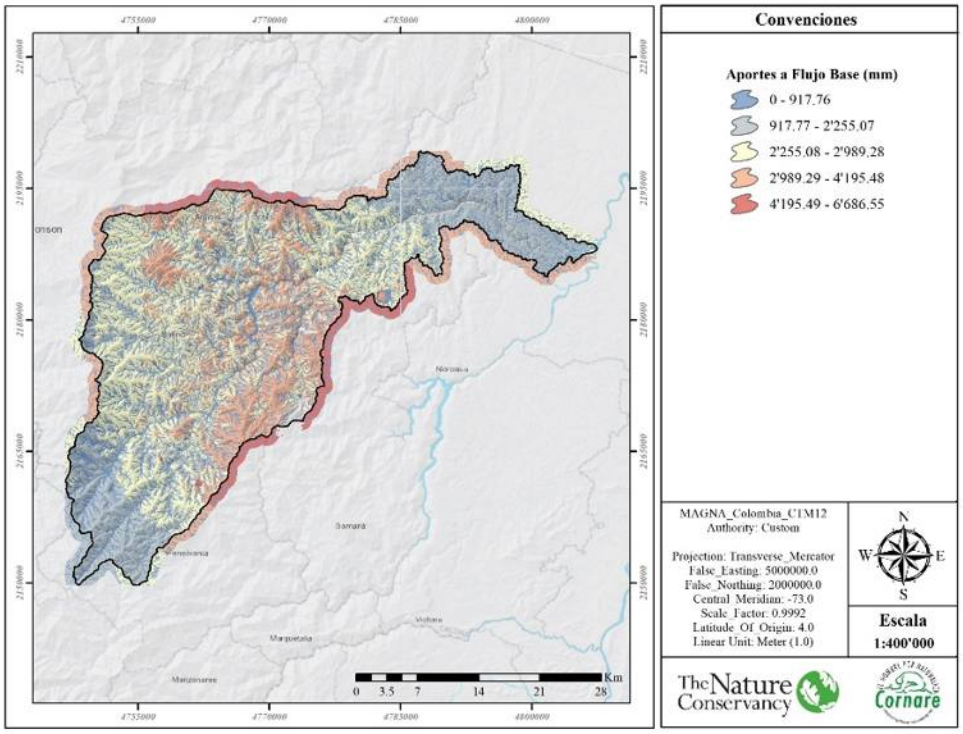
El modelo de rendimiento hídrico estacional da cuanta del servicio ecosistémico de regulación hídrica mediante el aporte al flujo base que presentan las diferentes áreas de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur. En las Figura 282 y Figura 283 se observa que las cuencas presentan zonas donde los aportes al flujo base son mayores a los 4000 mm/año a los 5000 mm/ha (de acuerdo con el mapa de coberturas, esta zona comprende áreas de bosque).

Figura 282. Distribución espacial de aportes al flujo base en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 283. Distribución espacial de aportes al flujo base en la cuenca del río Samaná Sur

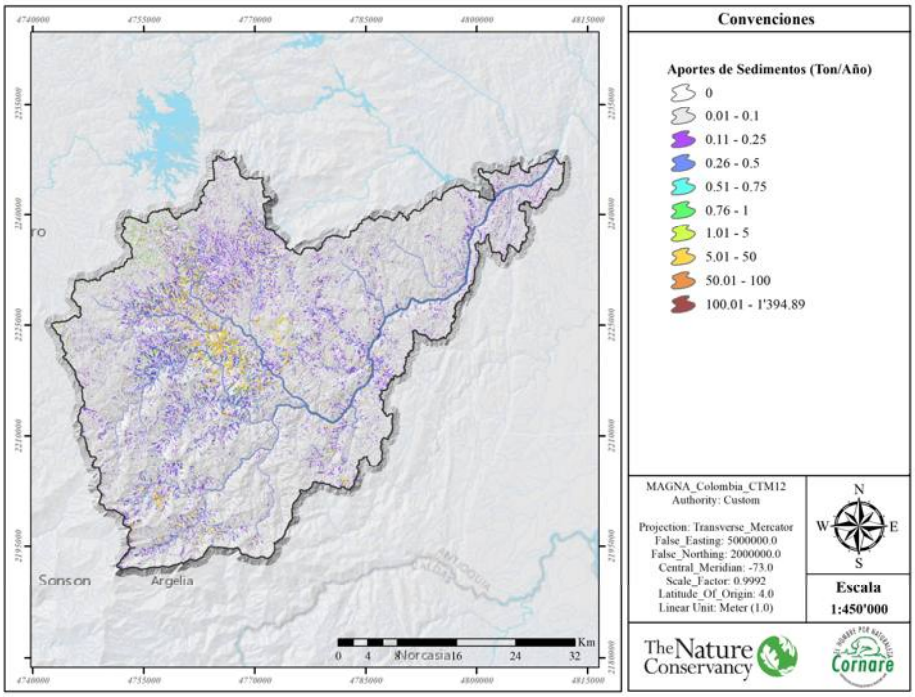


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.3.2.3 Modelo sediment delivery ratio

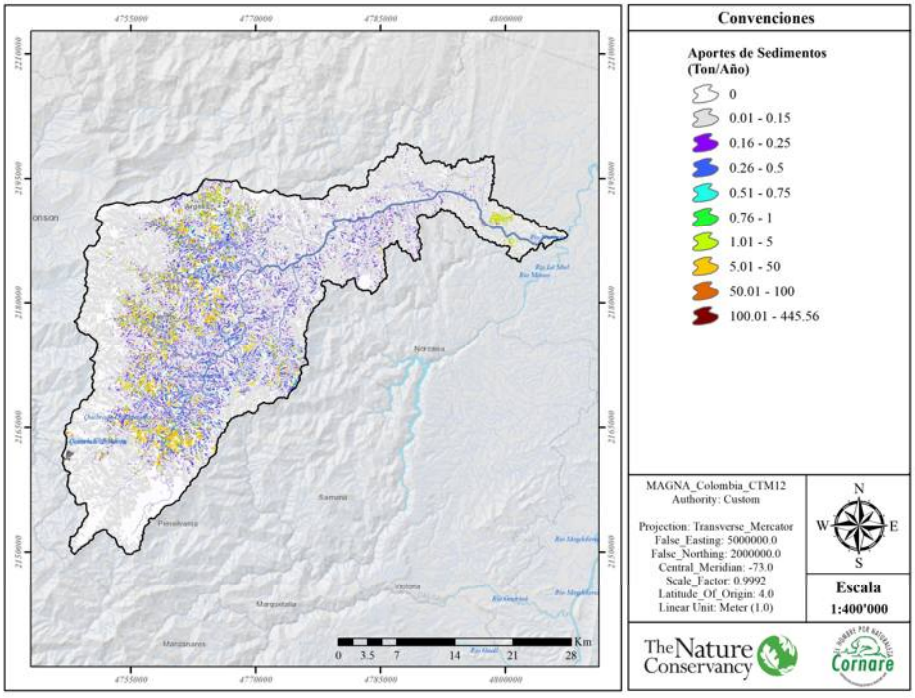
En la Figura 284 y Figura 285 se presenta la distribución espacial del aporte de sedimentos de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente. Se observa que la cuenca en su gran mayoría presenta bajos aportes de sedimentos, siendo los mayores en zonas con coberturas asociadas a cultivos y pastos (ver Figura 258). La erosión del suelo es un factor clave en el proceso de degradación de la tierra, pérdida de fertilidad del suelo y desertificación, y contribuye a reducir la productividad de la pesca en los cursos inferiores de los ríos.

Figura 284. Distribución espacial de aportes de sedimentos en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 285. Distribución espacial de aportes de sedimentos en la cuenca del río Samaná Sur

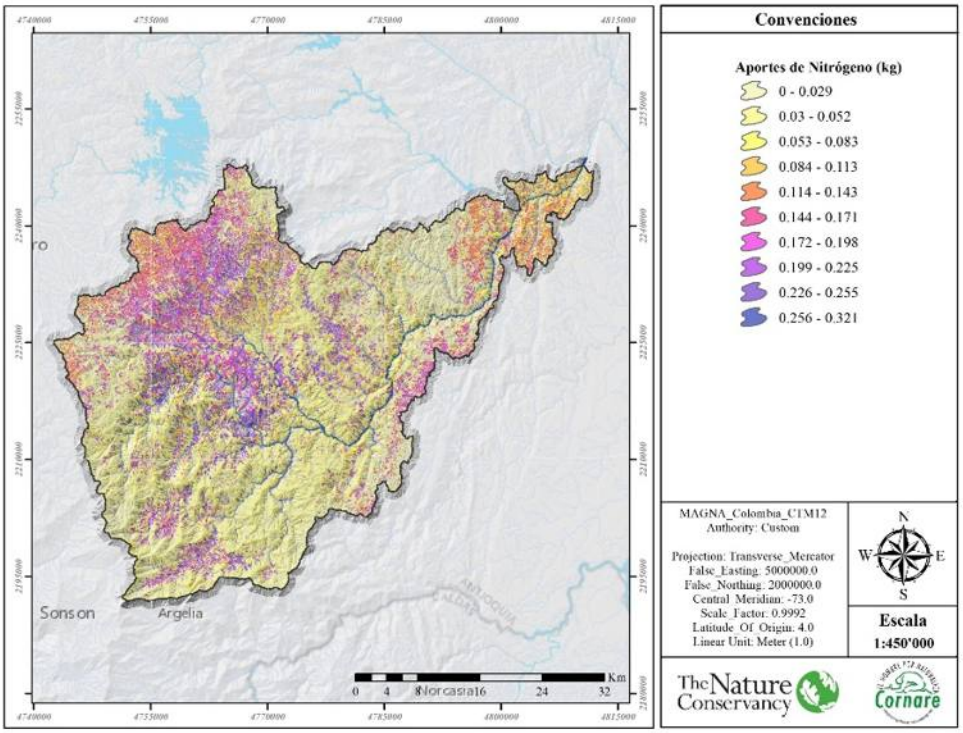


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.3.2.4 Modelo nutrient delivery ratio

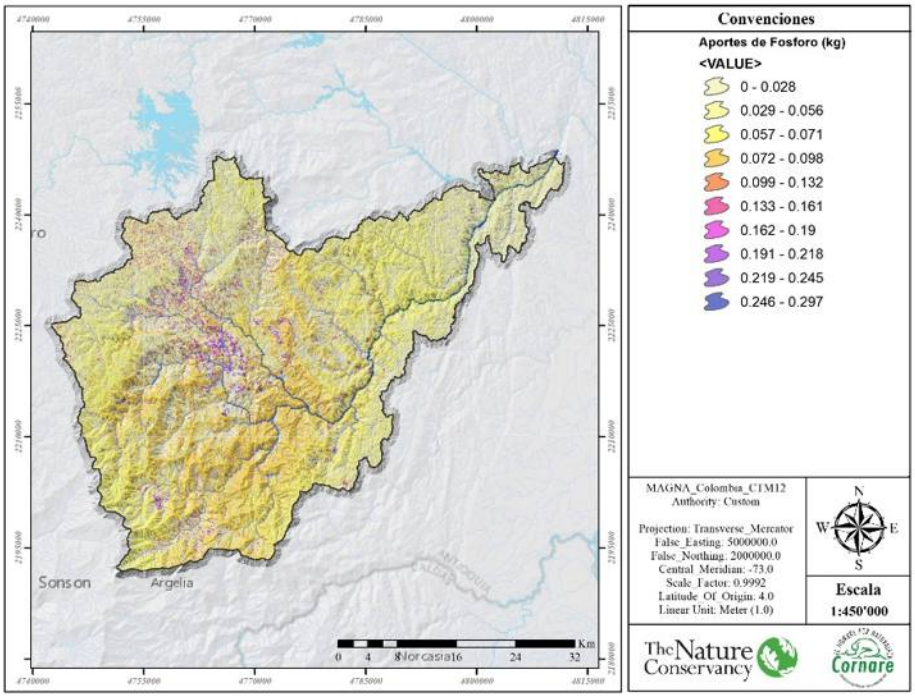
Los resultados de este modelo permiten evidenciar que las zonas con los mayores aportes de nitrógeno y fosforo (que de alguna manera pueden afectar la calidad del agua del fuentes hídricas) de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur, se encuentran asociados a zonas de cultivos (ver Figura 286, Figura 287, Figura 288 y Figura 289).

Figura 286. Distribución espacial de aportes de nitrógeno en la cuenca del río Samaná Norte



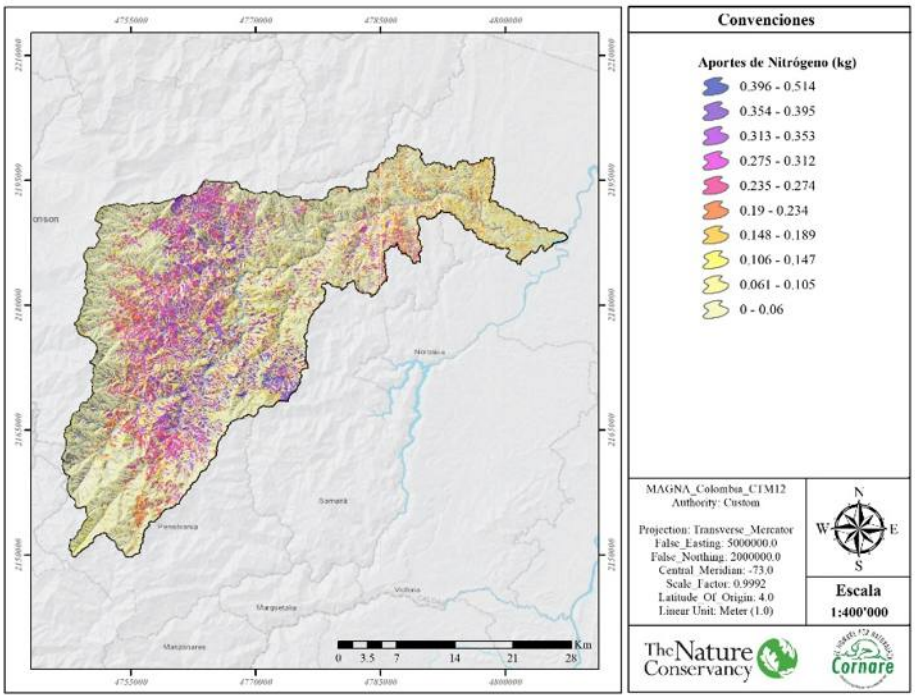
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 287. Distribución espacial de aportes fosforo en la cuenca del río Samaná Norte



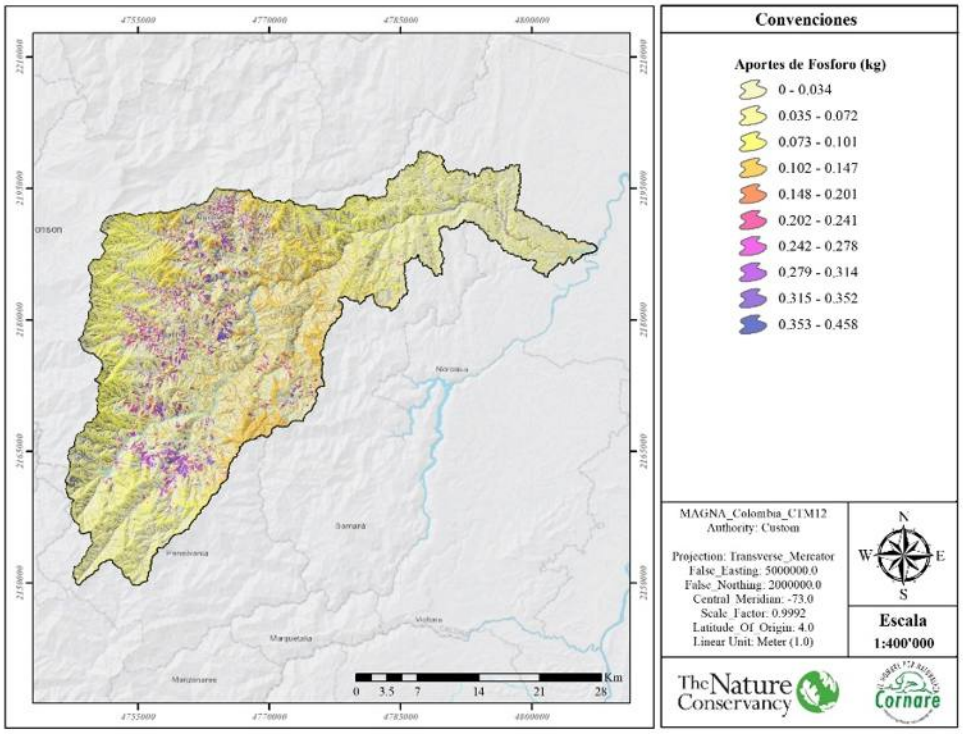
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 288. Distribución espacial de aportes de nitrógeno en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 289. Distribución espacial de aportes fosforo en la cuenca del río Samaná Sur

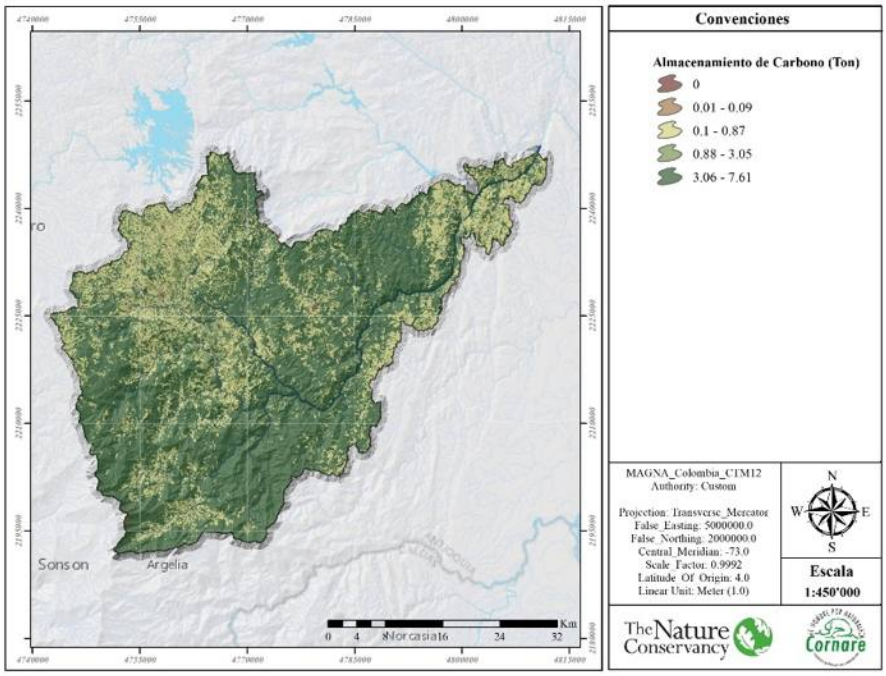


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.3.2.5 Modelo carbon storage and sequestration

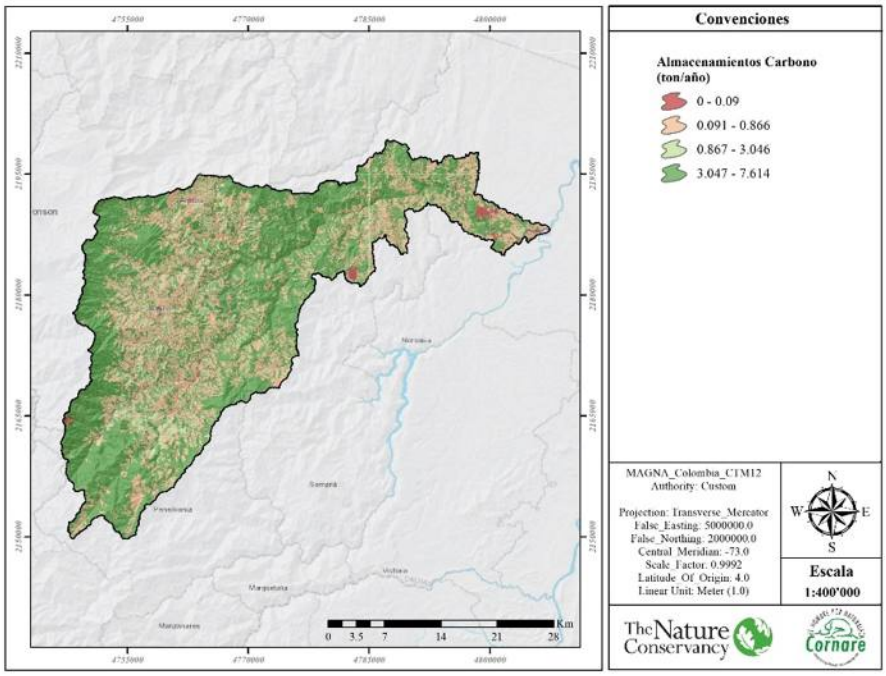
Los resultados del modelo de almacenamiento de carbono permiten evidenciar como las coberturas boscosas en la cuenca de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur resultan ser grandes almacenadores de carbono, lo cual permite no solo reducir y equilibrar las concentraciones de gases de efecto invernadero, sino que también permiten la mitigación y adaptación al cambio climático (ver Figura 290 y Figura 291).

Figura 290. Distribución espacial de almacenamientos de carbono en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 291. Distribución espacial de almacenamientos de carbono en la cuenca del río Samaná Sur

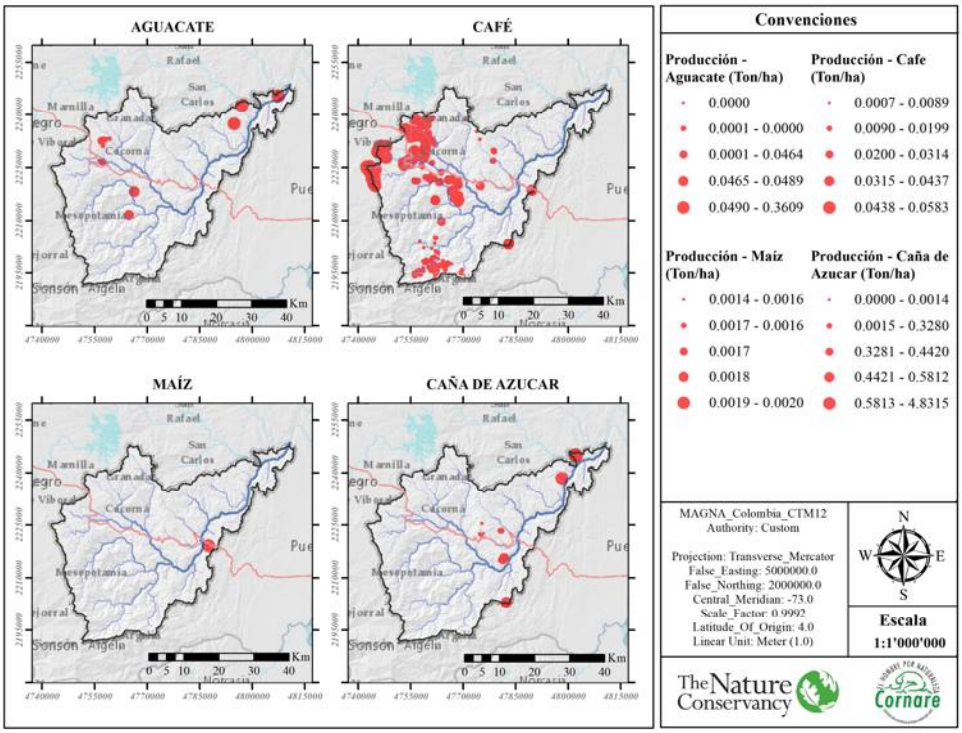


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.3.2.6 Modelo crop production

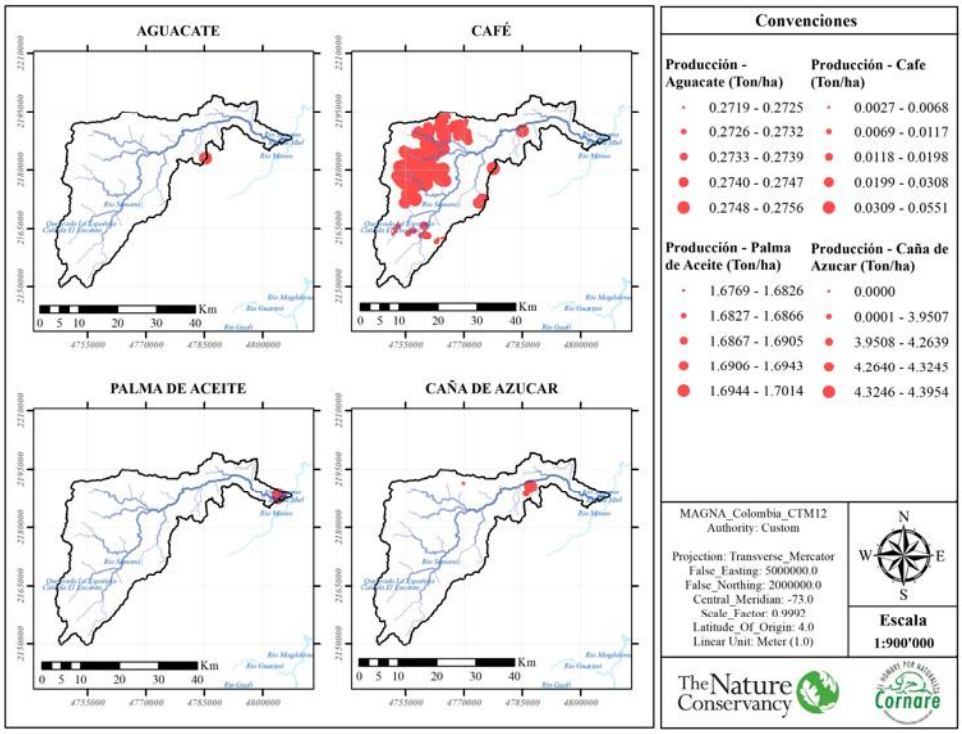
Este modelo es muy interesante para evaluar tradeoffs entre servicios ecosistémicos de provisión y de regulación , si bien la cuenca no es principalmente caracterizada por la producción de cultivos y tiene una extensión mayor en pasturas, el modelo permite identificar oportunidades para la promoción de cultivos con alto aporte de nutrientes valiosos para la seguridad alimentaria con prácticas que favorezcan el mantenimiento en la provisión de servicios ecosistémicos y la creación mosaicos de conservación con área de producción y conservación.

Figura 292. Distribución espacial de producción de cultivos en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 293. Distribución espacial de producción de cultivos en la cuenca del río Samaná Sur

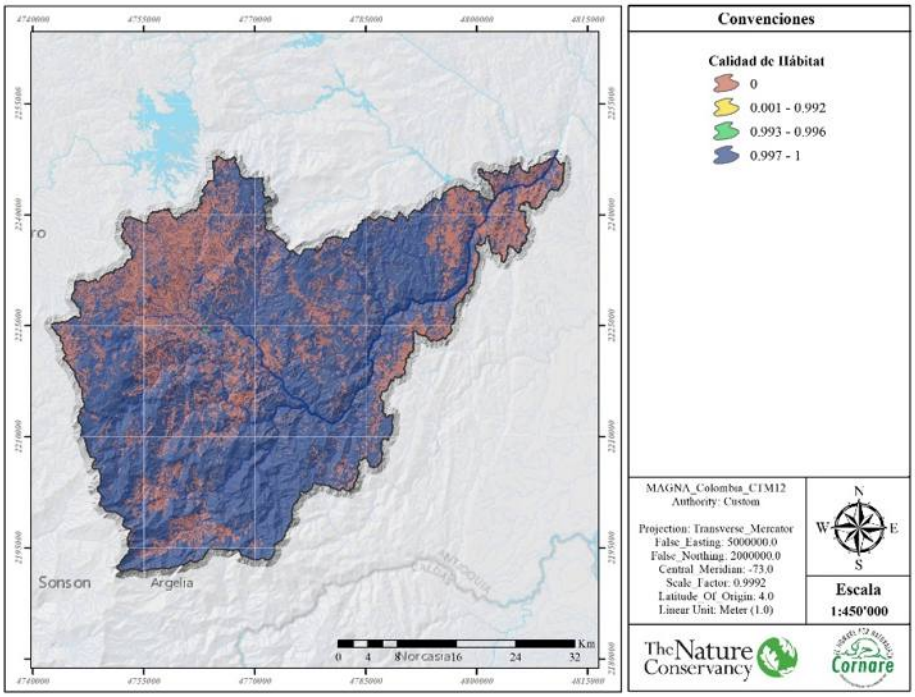


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.3.2.7 Modelo habitat quality

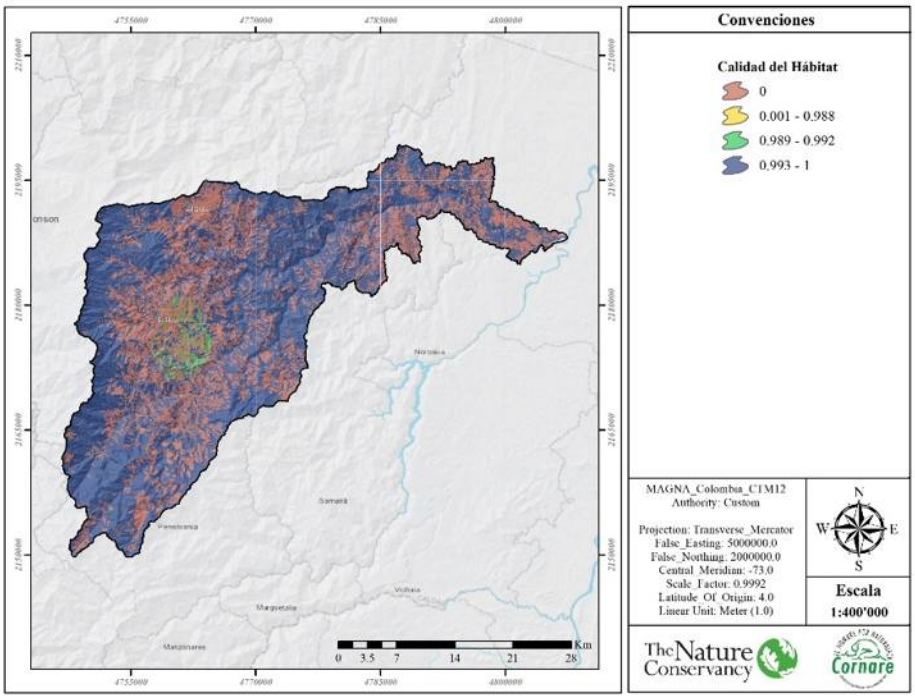
Las salidas del modelo de calidad de hábitat son satisfactorias, pues si bien la salida de calidad de hábitat es muy simple pues solo muestra con valor 1 buena calidad de hábitat y valor 0 mala calidad de hábitat indica de manera espacialmente explicita las áreas más importantes para la conservación y el uso de biodiversidad y permite identificar oportunidades de restauración de ecosistemas en áreas degradadas, también permitiría generar una capa de hábitats de la cuenca del río Samaná Norte en la que se pueden observar sinergias y tradeoffs con otros servicios ecosistémicos de regulación y/o culturales (ver Figura 294 y Figura 295).

Figura 294. Distribución espacial de calidad del hábitat en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 295. Distribución espacial de calidad del hábitat en la cuenca del río Samaná Sur

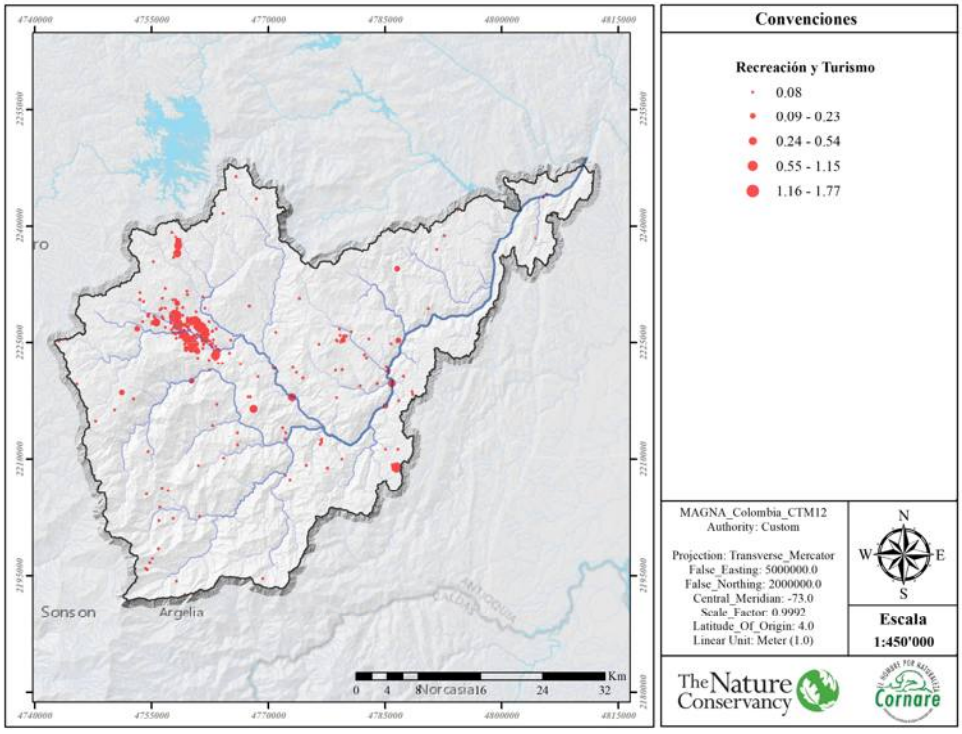


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.3.2.8 Modelo visitation: recreation and tourism

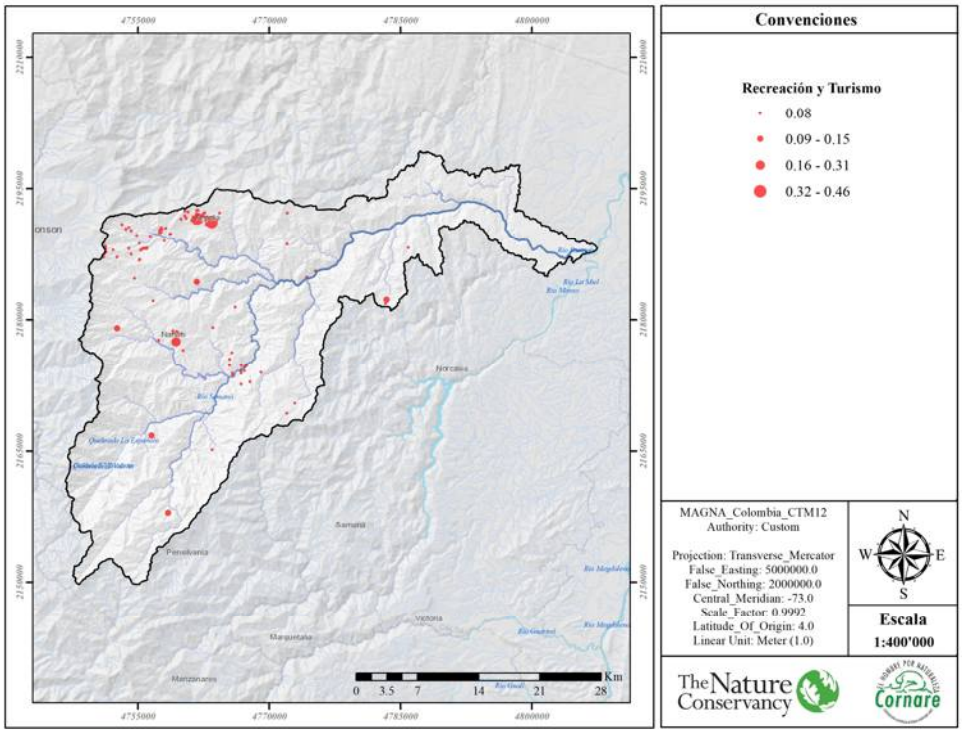
El modelo generó resultados satisfactorios para cada una de las cuencas utilizadas como áreas de interés, la mayor concentración de fotos usuario día corresponde con sitios turísticos tradicionales, bien conocidos por los habitantes de la cuenca y visitantes como por ejemplo el mirador de Cocorná. También la concentración y fotos puede estar influenciada por la accesibilidad al sitio y su proximidad con las principales vías de transporte (ver Figura 296 y Figura 297). El valor que las personas asignan a los servicios ecosistémicos culturales como la recreación y el turismo debe ser tenido en cuenta en cualquier ejercicio de planificación de la conservación en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Las figuras de conservación diseñadas para la conservación la biodiversidad a nivel de paisajes y la belleza escénica de sitios de importancia cultural debe tener un enfoque bottom-up con enfoques de conservación y uso que fomenten el manejo adaptativo con participación activa de las comunidades beneficiarias locales y visitantes.

Figura 296. Distribución espacial de zonas de recreación y turismo en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 297. Distribución espacial de zonas de recreación y turismo en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.4 Valoración socio-económica de servicios ecosistémicos

La valoración económica ambiental permite asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los recursos naturales, independientemente de si existen o no precios de mercado que ayuden a hacerlo. Es decir, la misma corresponde a una traducción de la importancia de los servicios proporcionados por la naturaleza, en términos económicos (MinAmbiente, 2018)

Se desarrolla a partir de los lineamientos establecidos en la "Guía de aplicación de la valoración económica ambiental" de la Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente, 2018). La Figura 298 muestra los pasos metodológicos que establece la guía para desarrollar la valoración económica:

Figura 298. Fases para la aplicación de la valoración económica



Fuente: Guía de aplicación de la valoración económica ambiental, MinAmbiente (2018)

Estos pasos se resumen en:

Caracterización del problema de interés, donde se establece de forma concreta qué se quiere valorar, así como la identificación y priorización de los servicios ecosistémicos.

Selección de la metodología de valoración más adecuada, a partir de la información obtenida en el ejercicio de caracterización, se debe seleccionar la metodología de valoración más adecuada para ser aplicada en cada caso.

Aplicación de la metodología de valoración y estimación del valor. Esto incluye la interpretación de los resultados, una vez se ha desarrollado la valoración y aplicado la metodología. Según la Guía de aplicación de la valoración económica, es importante analizar el valor final obtenido, ver su calidad y su confiabilidad. Así mismo, es importante recordar que dependiendo del método seleccionado se obtendrán diferentes resultados, de manera que la interpretación de los mismos debe ser acorde con lo que ofrece cada método.

Cos miras a determinar el valor económico de bienes y servicios ecosistémicos, la economía ambiental ha propuesto diversas metodologías que permiten aproximar el valor de un bien o servicio ambiental a un precio de mercado, así como de las externalidades positivas o negativas que se derivan de él. La Figura 299 presenta los diferentes enfoques de valoración económica; la selección y aplicación de cada uno de ellos depende del grado de complejidad del servicio ecosistémico a valorar y de los recursos en términos de tiempo, e información con los cuales se cuente.

Figura 299. Metodologías de valoración económica



Fuente: Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licencia ambiental, Minambiente y ANLA (2017)

Las metodologías de precios de mercado y gastos potenciales y actuales utilizan precios de mercado ya existentes para monetizar el valor de un bien o servicio ecosistémico. Las metodologías de preferencias reveladas, por su parte, se basan en las relaciones que se establecen entre los bienes y servicios ambientales objeto de valoración y los bienes o servicios que cuentan con un precio de

mercado y por tanto se comercializan en él, citado por (Minambiente y ANLA, 2017), dentro de estos se encuentran: el costo de viaje y los precios hedónicos.

Los métodos de preferencias declaradas, se basan en la construcción de mercados hipotéticos para los bienes ambientales, a través de encuestas, cuyas preguntas permiten estimar cómo el bienestar de las personas se ve afectado por el aumento o disminución de la cantidad o calidad de un bien o servicio ambiental; esto es, permiten obtener la máxima Disponibilidad a Pagar (DAP) individual por tener una mejora en la calidad ambiental o por evitar el deterioro de la misma o bien estiman la mínima Disposición a Aceptar (DAA) por tolerar dicho deterioro citado por (Minambiente y ANLA, 2017). Tanto la DAP como la DAA se convierten en medidas genéricas del valor económico de cualquier bien o servicio. Los más representativos son la valoración contingente y el análisis conjoint.

Finalmente, la metodología de transferencia de beneficios utiliza la información disponible de estudios realizados anteriormente en otra zona y contexto, para valorar servicios ecosistémicos, adaptándola al proyecto a evaluar. Esta técnica es empleada cuando se disponen de pocos recursos en términos monetarios y de tiempo para realizar un estudio primario de evaluación.

A continuación, se desarrollan cada una de las fases metodológicas propuestas por la Guía de aplicación de la valoración económica ambiental (MinAmbiente, 2018), para la valoración de los servicios ecosistémicos provistos por las cuencas de los ríos Samaná Norte y Sur.

9.4.1 *Selección de los servicios ecosistémicos a valorar*

Para la selección de los SE a valorar se desarrolló un ejercicio de priorización a partir de la calificación de dos (2) criterios de interés sobre los servicios ecosistémicos en el marco del presente convenio, estos corresponden al Impacto de los proyectos hidroeléctricos sobre cada servicio evaluado y al aporte o relevancia del servicio para la sostenibilidad de la cuenca y sus pobladores; entendiendo la sostenibilidad como “La distribución y uso eficiente y equitativo de los recursos naturales, de tal forma que no se produzcan efectos adversos sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales de las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte, que permitan garantizar en el tiempo la permanencia de los objetos de conservación y servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte valorados por sus comunidades”.

Las escalas de calificación para los dos criterios evaluados se presentan en la Tabla 136 Para el criterio asociado al impacto de los proyectos sobre los SE la escala va en el rango de ninguno a alto, mientras que la relevancia del servicio se califica en el rango irrelevante a muy relevante, para la sostenibilidad de la cuenca.

Tabla 136. Calificación de criterios para la priorización de SE

Criterio	Escala de calificación	Valor
Impacto de los proyectos hidroeléctricos sobre el SE	Alto	4
	Medio	3
	Bajo	2
	Ninguno	1
Aporte o relevancia del SE para la Sostenibilidad de la cuenca y sus pobladores*	Muy relevante	4
	Relevante	3
	Poco relevante	2
	Irrelevante	1

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

La Tabla 137 presenta los resultados del ejercicio de priorización desarrollado por el equipo técnico consultor.

Tabla 137. Resultados calificación criterios para Servicios Ecosistémicos

Categoría de SE	Servicio ecosistémico	Impacto de proyectos hidroeléctricos sobre el SE	Aporte o relevancia del SE para la Sostenibilidad de la cuenca y sus pobladores
Servicios de aprovisionamiento	Alimentos	1	3
	Pesca	4	4
	Acuicultura	2	2
	Productos forestales Maderables	2	2
	Productos forestales No Maderables	2	3
	Pieles, carne y fauna ornamental	1	2
	Recursos genéticos, medicinales y farmacéuticos	2	2
	Agua	2	4
Servicios de Regulación	Regulación hídrica	3	4
	Almacenamiento y captura de carbono	2	4
	Control de la erosión	3	2
Servicios de Soporte	Provisión de hábitat para especies terrestres	2	3
	Provisión de hábitat para especies acuáticas	4	4
	Ciclado de nutrientes	1	3
Servicios culturales	Recreación y turismo	4	3
	Belleza escénica	2	3
	Expresiones culturales asociadas a los recursos naturales	2	3

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

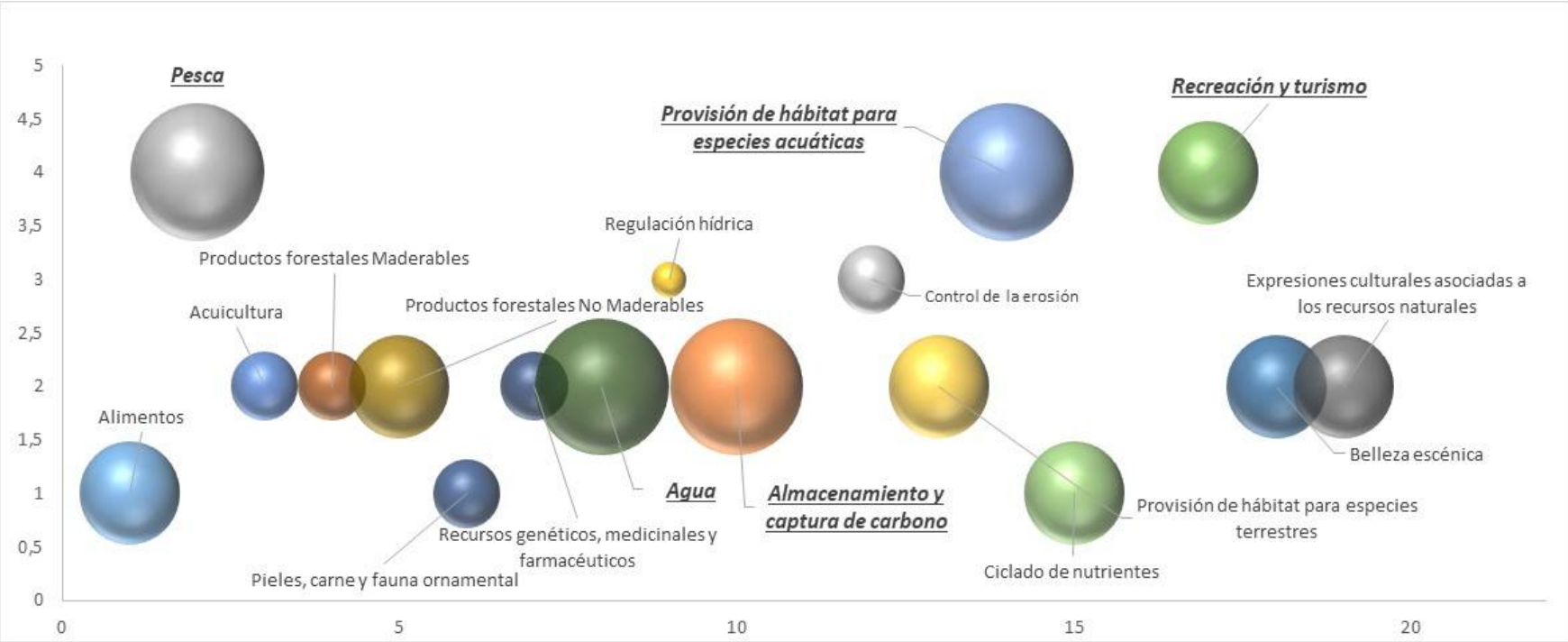
Una vez calificados los criterios, se construye un gráfico (véase Figura 300) que muestra el nivel de impacto (posición de la circunferencia – eje Y) y aporte a la sostenibilidad (tamaño de la circunferencia – eje Z).

Los resultados muestran que los SE priorizados para valoración económica corresponden a: Pesca, Provisión de hábitat para especies acuáticas, Recreación y turismo, Aprovisionamiento de agua y Almacenamiento y captura de carbono. La Figura 300 muestra que los 3 primeros SE (pesca, provisión de hábitat para especies acuáticas, recreación y turismo) cumplen con los criterios establecidos: mayor impacto por parte de los proyectos hidroeléctricos y mayor relevancia para la sostenibilidad de la cuenca.

Los dos SE finales (aprovisionamiento de agua y almacenamiento y captura de carbono) si bien no son impactados en un alto nivel por la puesta en marcha de los proyectos hidroeléctricos, se consideran como muy relevantes para la sostenibilidad de la cuenca.

Es importante anotar que los resultados son similares para las dos cuencas objeto de análisis, es decir, tanto para la Cuenca del río Samaná Norte como para la Cuenca del río Samaná Sur.

Figura 300. Resultados priorización de Servicios ecosistémicos Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

A continuación, se seleccionan las metodologías de valoración económica.

9.4.2 *Selección de metodologías de valoración*

El siguiente apartado presenta las metodologías a utilizar para valorar los servicios ecosistémicos anteriormente mencionados. En general, las metodologías seleccionadas corresponden a precios de mercado, en este sentido, se utilizan relaciones con bienes mercadeables y precios de mercado existentes para aproximar el valor de los SE.

Es importante anotar que las valoraciones a partir de precios de mercado parten del supuesto de que los bienes son transados en un mercado perfectamente competitivo, sin fallas de mercado y que tienen un precio libre de distorsiones, por lo tanto, el precio refleja el real beneficio marginal de la sociedad. Sin la adopción de este supuesto, se consideraría que los mercados se encuentran sujetos a imperfecciones y se deberán hacer correcciones de precios a través de los precios de eficiencia o precios sombra, los cuales hacen alusión a los precios de referencia que tendría un bien en condiciones de competencia perfecta. No obstante, para Colombia se cuenta con una estimación de precios del Banco Interamericano de Desarrollo (1990) que no cubre la totalidad de bienes producidos y utilizados para la valoración de los servicios ecosistémicos en cuestión.

9.4.2.1 Metodología para la valoración del SE almacenamiento de carbono

Para la monetización de este servicio ecosistémico se utiliza la metodología de precios de mercado, en especial el cambio en productividad. El desarrollo del método requiere establecer el carbono almacenado en la cobertura y la transferencia evitada de dióxido de carbono a la atmósfera. El análisis utiliza como proporción del carbono contenido en la biomasa, una cifra equivalente al 50%, como lo indica el Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia (Phillips et al., 2011). Este protocolo ratifica que, en la mayoría de los estudios sobre almacenamiento de carbono en la biomasa de los bosques tropicales, se asume que la biomasa de los árboles vivos contiene aproximadamente 50% de carbono, por tanto, se sugiere usar el factor de 0,5 para transformar la biomasa a carbono. Dicha regla práctica cuando no existen datos locales también es avalada por el Intergovernmental Panel on Climate Change –IPCC-. Considerando lo anterior, el cálculo del carbono almacenado en la biomasa por tipo de cobertura vegetal está dado por la Ecuación 1

$$C_i = AT_i * CC_i$$

Ecuación 1. Carbono almacenado.

Fuente: Orrego y del Valle (2003)

Donde:

C_i: Carbono estimado almacenado en la biomasa por tipo de cobertura

AT_i: Área total cubierta por cada tipo de cobertura vegetal en hectáreas

CC_i: Carbono contenido en la biomasa medido en toneladas/hectáreas

Ahora bien, como lo indica (Phillips et al., 2011) el dióxido de carbono equivalente (CO_2e) corresponde a la medida métrica utilizada para comparar las emisiones de varios gases de efecto

invernadero (GEI), basada en el potencial del calentamiento global de cada uno. El dióxido de carbono equivalente es el resultado de la multiplicación de las toneladas emitidas de GEI por su potencial de calentamiento global. Por tanto, para convertir la cantidad de carbono almacenada por los ecosistemas forestales, se recomienda utilizar el factor (44/12) cuyo numerador corresponde al peso atómico de una molécula de CO_2 y el denominador al peso específico del C. Esta proporción molecular permite estimar la transferencia evitada de dióxido de carbono a la atmósfera.

En este sentido, la Ecuación 2 muestra la forma de cálculo del dióxido de carbono equivalente, potencialmente evitado.

$$DC_t = Ci * (PM)$$

Ecuación 2. Dióxido de carbono evitado

Donde:

DC_t: Dióxido de carbono evitado, medido en toneladas de CO_2

PM: Proporción molecular para estimar el dióxido de carbono equivalente (CO_2e)

Finalmente, a través de la Ecuación 3 se calcula el valor económico del dióxido de carbono potencialmente evitado.

$$VEIC = DC_t * P_c$$

Ecuación 3 Valor Económico del SE de captura de carbono

Donde:

VEIC: Valor Económico del SE

DC_t: Dióxido de carbono equivalente medido en toneladas de CO_2

PC: Precio en el mercado del carbono, dado por US$/ton CO_2

Las toneladas potencialmente evitadas son valoradas teniendo en cuenta el monto establecido por el impuesto nacional al carbono creado por medio de la Ley 1819 de 2016, el cual responde a US$5/ton CO_2,[9] y una tasa de cambio de 3.696.80 $/US$ como promedio de los últimos 6 meses, reportada por el Banco de la República.

9.4.2.2 Metodología para la valoración del SE aprovisionamiento de agua

La metodología propuesta para la valoración de este SE corresponde a la de costos de reemplazo o costos de sustitución. Este tipo de metodología considera el gasto incurrido para restaurar y devolverle al ecosistema su estado original causado por la intervención, como una aproximación del valor de los beneficios ambientales alterados o potenciados (Minambiente y ANLA, 2017).

9 Ley 1819 de 2016. Reforma Tributaria Estructural, por medio de la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones. Parte IX Impuesto Nacional al Carbono. Bogotá, 2016.

Permite estimar los costos incurridos para reemplazar los daños en activos generados por un megaproyecto, esto es, el gasto incurrido en restaurar y devolverle al ecosistema su estado original causado por la intervención. Dicho gasto es interpretado como una estimación de los beneficios relacionados con las medidas tomadas para prevenir el daño ocurrido. los supuestos implícitos en este tipo de análisis son (MADS y ANLA, 2017):

- La magnitud del daño es medible.
- El costo de reemplazo es calculable y este no es más grande que el valor de la productividad del recurso destruido. Por tanto, este es económicamente eficiente para ser reemplazado.
- No existen beneficios secundarios asociados con los gastos.

Para la monetización del SE, se utiliza como cuantificación biofísica, el caudal concesionado de la cuenca para diferentes usos, a partir de la información de demanda del POMCA, y el instrumento de valoración corresponde a la tasa de utilización del agua, la cual hace referencia al cobro que se realiza a un usuario por la utilización del agua de una fuente natural superficial o subterránea. Esta tasa representa el costo de oportunidad de evitar el deterioro del recurso. En este orden de ideas, el volumen concesionado monetizado a partir del valor establecido por la tasa permite obtener una medida del valor de uso directo del recurso.

El Decreto 1076 de 2015[10] reglamenta las tasas por utilización de agua y establece en su Artículo 2.2.9.6.1.12 el cálculo del monto a pagar, el cual está compuesto por el producto de la tarifa unitaria anual de la tasa por utilización de agua (TU), expresada en pesos/m3 y el volumen captado (V), expresado en metros cúbicos (m3) como lo muestra la Ecuación 4.

$$VP = TU * (V * Fop)$$

Ecuación 4 Cálculo del monto a pagar por utilización de agua

Fuente: Decreto 1076 del 2015

Donde:

VP: Es el valor a pagar por el usuario sujeto pasivo de la tasa, en el periodo de cobro que determine la autoridad ambiental, expresado en pesos.

TU: Es la tarifa unitaria anual de la tasa por utilización de agua, expresada en pesos por metro cúbico ($/m3).

V: Es el volumen de agua base para el cobro. Corresponde al volumen de agua captada por el usuario sujeto pasivo de la tasa que presenta reporte de mediciones para el período de cobro determinado por la autoridad ambiental, expresado en metros cúbicos (m3).

FOP: Factor de costo de oportunidad, adimensional. Tiene en cuenta si el usuario del agua se encuentra haciendo un uso consuntivo o no consuntivo del recurso, generando costos de oportunidad para los demás usuarios aguas abajo. Este factor no podrá tomar un valor menor a 0,1

10 Decreto 1076 de 2015. Por el cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible. Bogotá DC, 2015. 174 p

9.4.2.3 Metodología para la valoración de los se aprovisionamiento pesca y provisión de hábitat para especies acuáticas

El SE de aprovisionamiento de pesca, hace referencia a la capacidad del ecosistema de agua dulce para albergar especies de fauna íctica que juegan un papel importante en la seguridad alimentaria de la población y que bien puede representar un potencial para la economía de las poblaciones de la cuenca en la medida en que algunas de ellas tienen potencial comercializable. Por su parte, el SE de soporte asociado a la Provisión de hábitat para especies acuáticas, está en estrecha relación con el SE de provisión, en la medida en que un hábitat ambientalmente sano para la fauna íctica, garantiza la provisión de alimentos y actividades recreativas asociadas a la pesca.

Para la valoración de este servicio ecosistémico, se considera la metodología de precios de mercado propuesta por (J. H. Maldonado, 2009), dicha monetización estima un valor de uso directo de la fauna íctica y por tanto considera el precio comercial del recurso. Si se conocen las cantidades de recurso extraídas o una estimación de la biomasa de la cuenca y se cuenta con un precio de mercado para el recurso, el valor asociado surge de multiplicar el precio por las cantidades, lo cual da una medida adecuada del valor asociado a su existencia (J. H. Maldonado, 2009). Esta metodología parte del supuesto de que los precios de mercado son la mejor medida posible del bienestar, asumiendo que los mercados son perfectamente competitivos, por tanto, no tienen distorsiones y reflejan el real beneficio marginal de la sociedad.

La monetización consideró los resultados de los monitoreos hidrobiológicos realizados en los puntos del área de intervención del proyecto hidroeléctrico Porvenir II, especialmente los relacionados con el tramo medio del área de influencia definida para el proyecto. En ella se ubica Puerto Garza, zona habitada principalmente por pescadores, allí se llevan a cabo actividades de pesca, principalmente para consumo, en el caso de la comercialización la mayor parte del producto es vendido a los mismos habitantes de la zona. Esta zona es de gran importancia para la pesca deportiva ya que de aquí se puede acceder fácilmente al río. La pesca se realiza con atarraya y línea de anzuelos principalmente, aunque se evidencia pesca con trasmallo, nasa y vara.

9.4.3 *Aplicación de metodologías y estimación del valor económico*

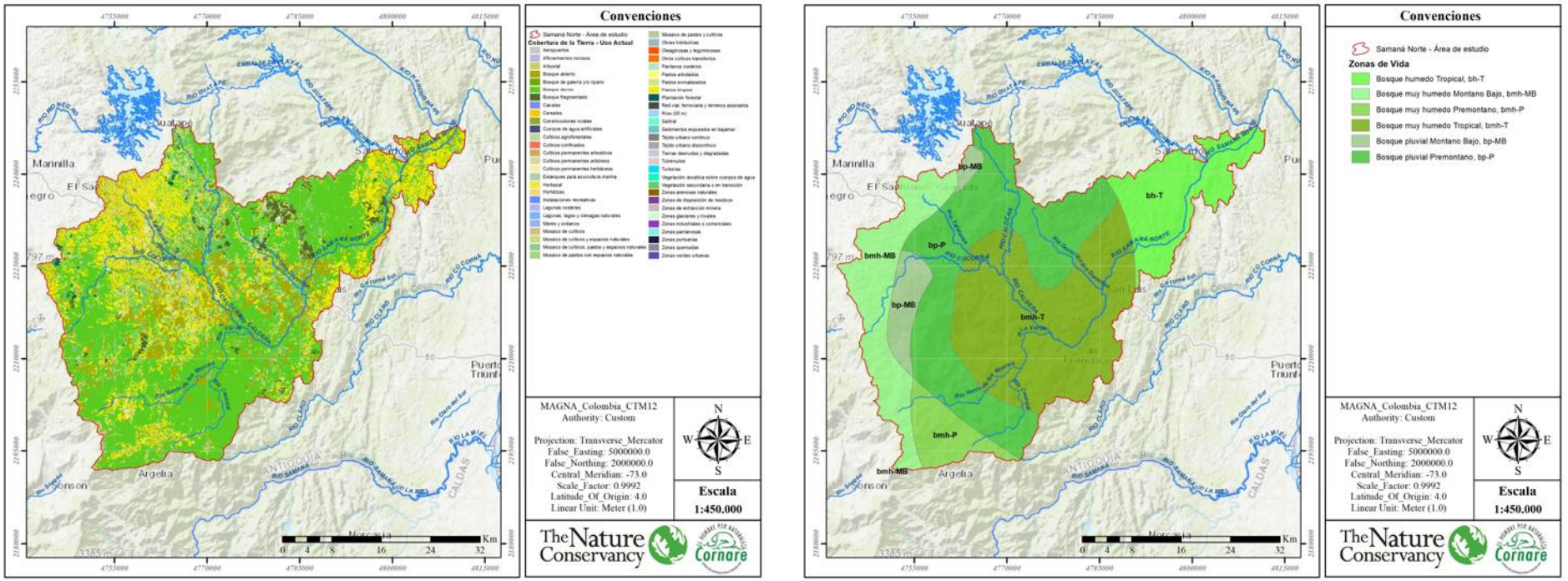
A continuación, se presenta la monetización de los servicios ecosistémicos para la cuenca del Samaná Norte y Samaná Sur, a partir de las metodologías previamente definidas.

9.4.3.1 Valor económico del SE almacenamiento de carbono en la cuenca del río Samaná Norte

Tal y como se describió en la metodología, la monetización de este SE requiere establecer el carbono almacenado en la cobertura y la transferencia evitada de dióxido de carbono a la atmósfera. Para ello, se partió de la información de coberturas vegetales presentes en la cuenca del Samaná Norte (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017a) y de las zonas de vida de Holdridge en las cuales se ubica la cuenca, las cuales se construyeron a partir de la información de Isotermas e Isoyetas del POMCA y se buscó una referencia teórica de la biomasa aérea promedio por tipo de cobertura y zona de vida.

La Figura 301 muestra las coberturas y zonas de vida para la cuenca, mientras que la Tabla 138 presenta el área en las mismas.

Figura 301. Coberturas y zonas de vida Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

Tabla 138. Área por tipo de cobertura y zona de vida río Samaná Norte

Tipo de cobertura	Bosque húmedo Tropical	Bosque muy húmedo Montano Bajo	Bosque muy húmedo Premontano	Bosque muy húmedo Tropical	Bosque pluvial Montano Bajo	Bosque pluvial Premontano	Total general
Área en la cuenca (ha)							
Sin información					26,86	170,05	196,91
Aguas continentales	148,84	90,98	81,11	519,80	59,98	414,73	1315,45
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	5,36	107,32		4,00	1,89	12,35	130,92
Áreas agrícolas heterogéneas	71,80	950,39	121,95	2896,33	155,12	1765,78	5961,38
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	2265,47	2777,51	501,83	7752,15	990,28	7704,42	21991,66
Áreas húmedas continentales		1,59					1,59
Bosques	14298,44	15221,74	6999,54	42537,91	5260,43	32012,03	116330,08
Cultivos permanentes	15,38	204,35	573,35	453,61	52,60	1002,26	2301,55
Cultivos transitorios		62,43		25,20		18,71	106,34
Pastos	10277,72	8621,62	2531,13	11486,63	3248,81	15877,44	52043,35
Zonas de extracción minera y escombreras				5,15			5,15
Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación		12,98		108,99	8,25	26,29	156,51
Zonas urbanizadas	11,58	65,08	2,38	69,50	4,63	122,10	275,27
Zonas verdes artificializadas, no agrícolas				13,81			13,81
Total general	27094,59	28116,00	10811,30	65873,07	9808,84	59126,15	200829,96

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información de POMCA

Ahora bien, para obtener una referencia teórica de la biomasa aérea, se hace uso de las coberturas arbóreas (bosques, áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, pastos y cultivos; estos últimos incluyen: cultivos permanentes, cultivos transitorios y áreas agrícolas heterogéneas); se recurre a fuentes de información secundaria que hayan realizado estimaciones directas en ecosistemas similares. Con el fin de trabajar con un valor de biomasa más cercano a las condiciones de la cobertura presente en la cuenca, la búsqueda considera como factor determinante la zona de vida. La Tabla 139 muestra los valores de biomasa teóricos a utilizar por tipo de cobertura y zona de vida, mientras que la Tabla 140 presentas las fuentes de información de referencia.

Tabla 139. Estimación de Biomasa aérea para cobertura según zona de vida

Cobertura	Bosque húmedo Tropical	Bosque muy húmedo Montano Bajo	Bosque muy húmedo Premontano	Bosque muy húmedo Tropical	Bosque pluvial Montano Bajo	Bosque pluvial Premontano
Biomasa aérea (ton/ha)						
Bosques	258,9	257,6	191,4	164,1	172,2	213,5
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	95,2	133,5	61,2	95,2	91,6	91,6
Cultivos y mosaicos (Áreas agrícolas heterogéneas)	4,37	5,5	10,77	4,37	5,5	10,77
Pastos	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 140. Fuentes de información para biomasa aérea por tipo de cobertura y zona de vida

Tipo de cobertura	Zona de vida	Autor	Estudio	Año	Región de referencia
Bosques	Todas las zonas de vida	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM.	Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia	2011	Estimación de biomasa y carbono para: Bosque seco tropical Bosque húmedo tropical Bosque muy húmedo tropical Bosque pluvial tropical Bosque húmedo premontano Bosque muy húmedo premontano Bosque pluvial premontano Bosque húmedo montano bajo. Según área hidrográfica
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Bosque húmedo Tropical y bosque muy húmedo tropical	Nubia Janeth Quiceno Urbina1 Gloria Mónica Tangarife Marín2 Ricardo Álvarez León	Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y Servicios ambientales, en un área de bosque primario en el Resguardo indígena Piapoco Chigüiro-Chátare	2016	Barrancominas, Departamento del Guainía (Colombia). Zona de vida: Bosque húmedo Tropical
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Bosque muy húmedo Montano Bajo	Vanessa Acosta Rodríguez Sara Restrepo Aristizábal	Evaluación del proyecto REDD+EPM por medio de la estimación del carbono total almacenado en la vegetación de la zona	2010	Proyecto hidroeléctrico Miraflores. municipio de Carolina del Príncipe (Antioquia). Zona de vida: Bosque muy húmedo Montano Bajo
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Bosque muy húmedo Premontano	Vanessa Acosta Rodríguez Sara Restrepo Aristizábal	Evaluación del proyecto REDD+EPM por medio de la estimación del carbono total almacenado en la vegetación de la zona	2010	Proyecto hidroeléctrico Porce II y Porce III. Municipios de Gómez Plata, Amalfi, Yolombó y Guadalupe. Zona de vida: Bosque muy húmedo Premontano
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Bosque pluvial Montano Bajo y Bosque pluvial Premontano	Héctor Iván Restrepo. Sergio Alonso Orrego Oscar Javier Galeano	Estructura de bosques secundarios y rastrojos montano bajos del norte de Antioquia, Colombia	2012	Parte alta de la cuenca El Hato, norte de Antioquia, en jurisdicción del municipio de San Pedro. Zona de vida: Bosque pluvial Montano Bajo
Cultivos y mosaicos (Áreas agrícolas heterogéneas)	Bosque pluvial Montano Bajo y Bosque muy húmedo Montano Bajo	Héctor Iván Restrepo. Sergio Alonso Orrego Oscar Javier Galeano	Estructura de bosques secundarios y rastrojos montano bajos del norte de Antioquia, Colombia	2012	Parte alta de la cuenca El Hato, norte de Antioquia, en jurisdicción del municipio de San Pedro. Zona de vida: Bosque pluvial Montano Bajo
Cultivos	Bosque húmedo Tropical y Bosque muy húmedo Tropical	Andrade Hernán, Marín Lina y Pachón Diana	Fijación de carbono y porcentaje de sombra en sistemas de producción de café en el Líbano Tolima	2014	Municipio del Líbano Tolima Zona de vida: Bosque húmedo Tropical
Cultivos	Bosque muy húmedo Premontano	María Alejandra Jurado Riascos. Héctor Ramiro	Evaluación de captura de carbono en sistemas productivos	2019	Consacá, Nariño. El área de estudio pertenece a la zona

Tipo de cobertura	Zona de vida	Autor	Estudio	Año	Región de referencia
	y Bosque pluvial Premontano	Ordoñez Jurado; William Ballesteros Possú; Iván Andrés Delgado Vargas	de café *(Coffea arabica L.),*		de vida de bosque húmedo premontano (bh-PM)
Pastos	Todas la zonas de vida	Vanessa Acosta Rodríguez Sara Restrepo Aristizábal	Evaluación del proyecto REDD+EPM por medio de la estimación del carbono total almacenado en la vegetación de la zona	2010	Cuenca Río Grande. Ubicada entre los municipios de Don Matías y Santa Rosa de Osos

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Ahora bien, a partir de la metodología previamente presentada se estima el carbono potencial y el dióxido de carbono potencialmente evitado, para las coberturas arbóreas del área de la cuenca las cuales corresponden a 198734,36 ha. La Tabla 141 presenta el cálculo del carbono total almacenado en las coberturas de la cuenca; la información presentada indica que el almacenamiento de carbono equivale a 13.200.246,15toneladas, lo que corresponde a 48.400.902,55 Ton de CO2 equivalente, potencialmente evitado producto de la presencia la cobertura vegetal. Dichas toneladas son monetizadas a precios de mercado, con base en el monto establecido por el impuesto nacional al carbono creado por medio de la Ley 1819 de 2016, el cual responde a US$5/ton CO2, y una tasa de cambio de 3.696.80 $/US$ como promedio de los últimos 6 meses reportada por el Banco de la República, generan un valor económico para el servicio ecosistémico equivalente a $894.642.282.740. El detalle del cálculo se encuentra en el Anexo - Fase II - 11.

Tabla 141. Monetización SE de almacenamiento de carbono cuenca del río Samaná Norte

Biomasa total Cuenca (ton)	Carbono total Cuenca (ton)	Dióxido de carbono equivalente (CO2e) ó potencialmente transferido (ton)	Valor del CO2e US$	Valor del CO2 $
26.400.492,30	13.200.246,15	48.400.902,55	242.004.512,75	894.642.282.740,38

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.4.3.2 Valor económico del SE aprovisionamiento de agua en la cuenca del río Samaná Norte

Tal y como se indicó en la metodología, la valoración para el SE de aprovisionamiento de agua considera el caudal concesionado de la cuenca para diferentes usos, a partir de la información de demanda del POMCA (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017h), y la Tarifa Unitaria anual (TUA) por Utilización de Aguas es la establecida por la Resolución 1571 de 2017 correspondiente a 11,5 $/m3, la cual al ajustarla al año 2021 con base en la variación del Índice de Precios al Consumidor – IPC -, asciende a 12,8 $/m3.

Según la información disponible en el POMCA, el caudal concesionado de la cuenca para los diferentes usos asciende a 23.730,08 l/s.

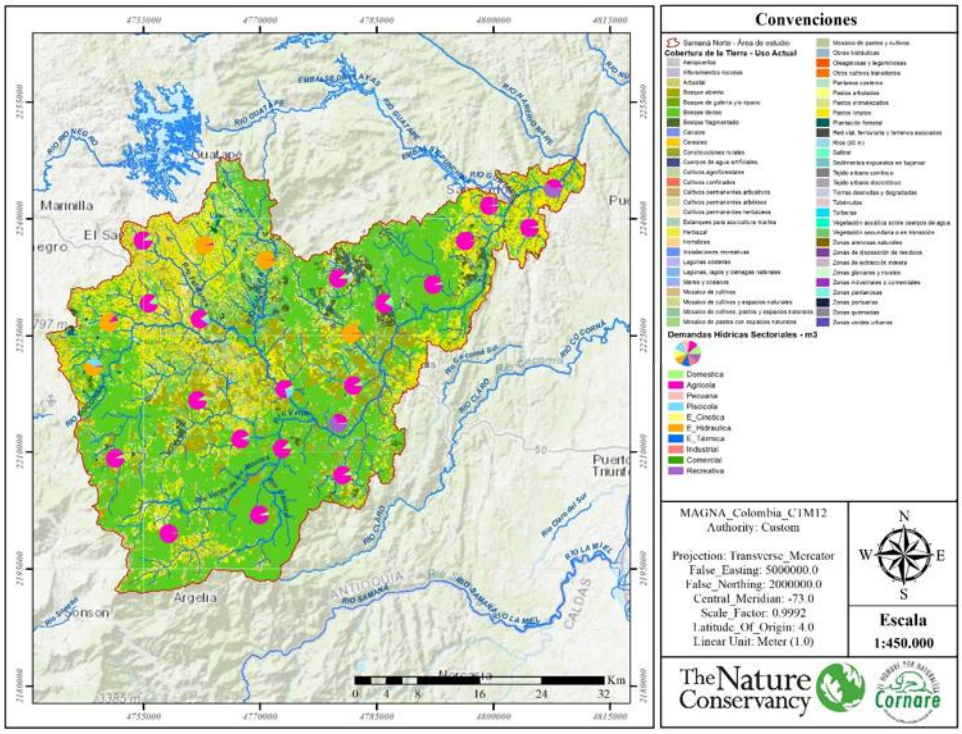
Tabla 142. Caudal concesionado cuenca Samaná Norte

Tipo de concesión	Domestica	Agrícola	Pecuaria	Piscícola	Hidráulica	E Cinética	E_Térmica	Industrial	Comercial	Recreativa
Caudal (m^3)	242,53	2524,20	8,55	1097,18	19700,00	-	1,37	0,02	4,50	151,72

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

Mientras que la Figura 302 muestra la espacialización de dichas concesiones.

Figura 302. Concesiones POMCA Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

Dicho caudal se valora a precios de mercado a partir de la TUA, esto es, se deberá reponer a precios de mercado, de manera que no se limite el posible uso actual aguas abajo de las concesiones. Por tanto, considerando la información relativa a caudal y a la TAU, se estima un valor monetario para el SE que asciende a $ 9.437.510.602 /año.

Tabla 143. Valor monetario aprovisionamiento de agua Río Samaná Norte

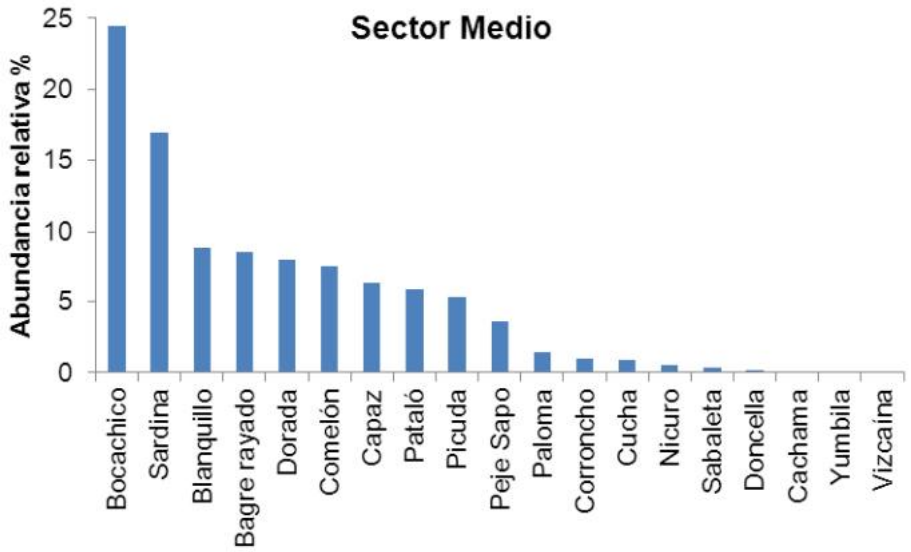
Ítem	Valor
Caudal total concesionado (l/s)	23.730,08
Caudal total concesionado (m3/mes)	61.508.365,85
Valor total SE $ m3/mes	786.459.217
Valor total anual $/año	9.437.510.602

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.4.3.3 Valor económico del se aprovisionamiento pesca y provisión de hábitat para especies acuáticas cuenca del río samaná norte

Tal y como lo indica el estudio de impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico Porvenir II, para el sector medio de su área de influencia que incluye el corregimiento de Puerto Garza como representativo para la pesca; se registran 19 especies, destacándose en las capturas la presencia de bocachico, sardina, blanquillo, dorada y el bagre rayado.

Figura 303. Composición de la captura en el sector medio del río Samaná Norte



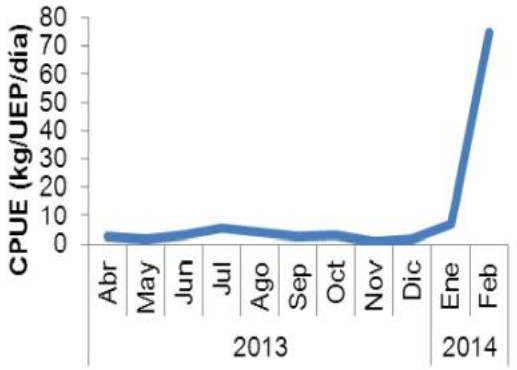
Fuente: Integral- Fundación Humedales (2014)

El estudio indica que, en la localidad de Puerto Garza, municipio de San Carlos, las zonas de pesca están asociadas a un río encañonado, con peñascos y altas corrientes, condición que hace que el pescador se haya especializado en el empleo de artes básicos como son el anzuelo y la atarraya, con desplazamiento a lo largo del río a pie, condición que los agrupa como pescadores con poca movilidad y que el volumen de sus capturas las destine en un gran porcentaje al autoconsumo (67%). Así mismo se resalta a los pescadores deportivos, los cuales encuentra en la pesca una actividad de esparcimiento y recreación; el arte empleado por ellos es básicamente la vara, y sus desplazamientos por el río lo hacen a través de canoas y embarcaciones a motor.

En términos de aportes de volumen de pesca o abundancia relativa, para el período del estudio comprendido entre los meses de abril de 2013 a febrero de 2014, los registros indican que la actividad se desarrolla con mayor intensidad en el sector medio, en el cual se ubica el Corregimiento de Puerto Garza, dado que las condiciones hidráulicas y topográficas favorecen la navegabilidad y el uso de diferentes aparejos de pesca, lo cual se refleja en los volúmenes de pesca. Las mayores capturas se registraron en el mes correspondiente a aguas subiendo (abril) y las menores en aguas bajas (agosto), lo que muestra un comportamiento con tendencia de disminución a lo largo del año y que se ajusta al patrón de capturas o desembarcos pesqueros que puede presentar el río Magdalena durante estos períodos

Lo anterior muestra que, en los meses de enero y febrero se registra un incremento en los rendimientos pesqueros (periodo correspondiente al inicio de la subienda). Adicionalmente, los pescadores de Puerto Garza se ven beneficiados durante el período de aguas bajas, ya que para esta época se evidenciaron las mejores capturas por unidad económica de pesca (CPUE), tal y como se muestra en la Figura 304.

Figura 304. Rendimientos pesqueros de los pescadores de la localidad de Puerto Garza



Fuente: Integral- Fundación Humedales (2014)

En este sentido las estimaciones realizadas por el Proyecto hidroeléctrico para el Sector de Puerto Garza muestran unos rendimientos pesqueros equivalente a 9,2 kg/UEP/día. Los rendimientos totales para el área de influencia del proyecto (sector alto: Alto Samaná, Sector medio: Puerto Garza y Sector bajo: la Pesca), se ubican en 23 kg/UEP/día. Esto es: 8,9 kg/UEP/día para el sector la pesca, 9,2 kg/UEP/día, para Puerto Garza, 2,7 kg/UEP/día para Samaná Alto y 2,2 kg/UEP/día para la pesca deportiva. Lo que indica que Puerto Garza aporta el 40% de los rendimientos totales calculados.

Finalmente, el proyecto estimó que para toda el área de influencia durante el período evaluado se vendieron 76,5 ton, las cuales registraron un valor del orden de los $468 millones (pesos del 2014), esto es $612 millones (pesos del 2021). En relación con el aporte económico las principales especies que generaron los mayores ingresos fueron el bocachico con $188 millones, el bagre rayado con $136 millones, el blanquillo con $41,2 millones, la dorada con $24,3 millones y la sardina con $20 millones. La mezcla de especies aportó un total de $16 millones (Véase Figura 305).

No obstante, para el Corregimiento de Puerto garza, que representa el 40% de los rendimientos estimados, los cálculos de venta ascenderían a 30,6 ton y 187 millones (pesos del 2014), esto es $245 millones (pesos del 2021).

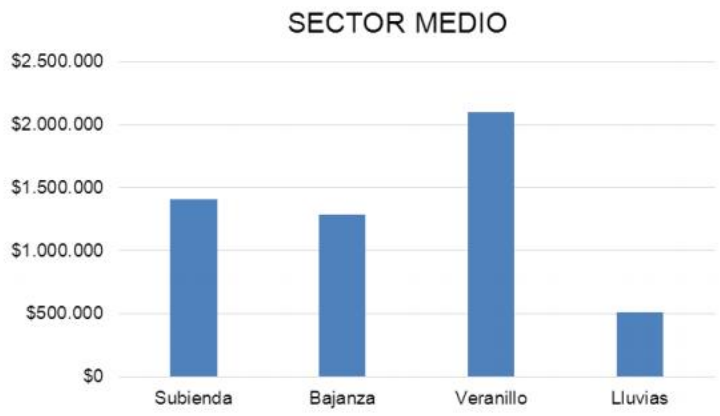
Figura 305. Valor ($) de la pesca para cada una de las especies objeto de captura correspondiente al periodo de muestreo – Porvenir II

Especie	TOTAL
Arenca	7.666
Bagre Rayado	136.031.976
Barbudo	157.743
Blanquillo	41.247.583
Bocachico	188.177.142
Cacharro*	4.321.178
Cachama	153.938
Capaz	8.833.534
Chango	18.182
Cornelón	3.042.792
Corroncho	104.271
Cucha	266.316
Doncella	200.433
Dorada	24.287.108
Juan Bonito	11.318
Mezcla*	15.938.850
Mojarra	56.160
Nicuro	34.609
Paloma	403.966
Pataló	6.211.369
Peje Sapo	6.206.482
Picuda	11.146.415
Sabaleta	348.652
Sardina	20.056.920
Vizcaíno	828.210
Yumbila	40.468
Total general	468.133.280

Fuente: Integral- Fundación Humedales (2014)

Finalmente, el proyecto realizó una encuesta a 67 pescadores permanentes, en la cual se determinó que el ingreso promedio al mes de un pescador asciende a $721.000 (pesos del 2014), lo que representa $942.275 (pesos del 2021). No obstante, ese resultado se origina al promediar ingresos altos (durante la subienda) que se obtienen en un cuarto del año con ingresos bajos que son la generalidad durante el resto del mismo. En otras palabras, ese ingreso no es constante a lo largo de los 12 meses. Por otro lado, los gastos familiares mensuales básicos (alimentación, salud, educación y servicios públicos) suman en promedio $603.000 (pesos del 2014), esto corresponde a 788.060 (pesos del 2021).

Figura 306. Ingresos promedios pescador Sector Puerto Garza



Fuente: Integral- Fundación Humedales (2014)

9.4.3.4 Valor económico del SE recreación y turismo Cuenca del río Samaná Norte

Tal y como fue descrito en el apartado de situación actual (diagnóstico socio económico) los municipios de la cuenca tienen más de dos tipos de vocación turística. Las vocaciones turísticas más destacadas son el turismo cultural y naturaleza, seguido por el turismo religioso y en tercer orden el turismo de aventura y el agroturismo y turismo ecológico. Así mismo la pesca deportiva empieza a tomar un papel preponderante en la cuenca.

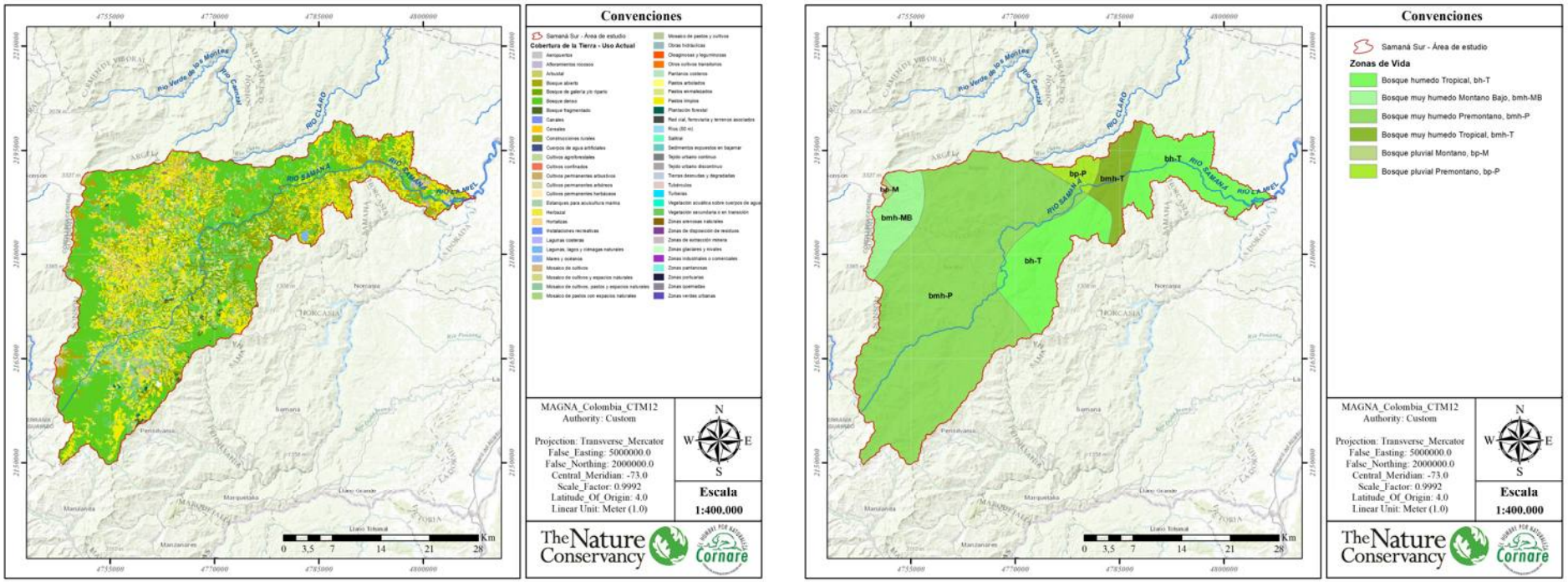
La actividad de ecoturismo se contempla como una alternativa viable para el desarrollo económico con prácticas sostenibles y equitativas. En este sentido el Plan Estratégico Provincial "PEP" pretende gestionar el desarrollo turístico sostenible a través de planes, programas y proyectos que potencien la singularidad del territorio.

No obstante, debido a la revisión bibliográfica, así como en las salidas de campo, no fue posible obtener información que permitiera cuantificar el aporte económico de este SE, no se cuenta con información que permita su valoración económica.

9.4.3.5 Valor económico del SE almacenamiento de carbono en la cuenca del río Samaná Sur

Haciendo uso de la metodología previamente definida se monetiza el SE de almacenamiento de carbono para la cuenca del río Samaná Sur. La Figura 307 muestra las coberturas y zonas de vida para la cuenca, mientras que la Tabla 144 presenta el área en las mismas.

Figura 307. Coberturas y zonas de vida Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

Tabla 144. Área por tipo de cobertura y zona de vida río Samaná Sur

Tipo de cobertura	Bosque húmedo Tropical	Bosque muy húmedo Montano Bajo	Bosque muy húmedo Premontano	Bosque muy húmedo Tropical	Bosque pluvial Montano	Bosque pluvial Premontano	Total general
Sin información			188,56				188,56
Aguas continentales	370,80	31,76	780,47	19,30		8,52	1210,85
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	41,53	17,08	132,92	1,78	8,03		201,34
Áreas agrícolas heterogéneas	397,81	57,56	4175,17	25,43		1,76	4657,72
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3986,77	1036,47	9636,33	500,26	71,00	287,03	15517,87
Bosques	12832,16	5289,37	33055,38	2928,77	213,73	1746,00	56065,41
Cultivos permanentes	145,97	19,72	2429,19	5,63			2600,51
Cultivos transitorios			9,13				9,13
Pastos	9572,84	862,68	22852,65	2108,63		235,06	35631,85
Zonas de extracción minera y escombreras	344,44						344,44
Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación		6,05	19,05		0,95		26,05
Zonas urbanizadas	9,61		109,69	0,15			119,46
Total general	27701,93	7320,70	73388,54	5589,95	293,71	2278,38	116573,20

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información de POMCA

A partir de la información de biomasa y carbono de referencia, se estima el valor del SE. Según la Tabla 145, las 114482,49 ha en coberturas arbóreas (bosques, áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, pastos y cultivos; estos últimos incluyen: cultivos permanentes, cultivos transitorios y áreas agrícolas heterogéneas) almacenan 6754830,42 toneladas de carbono, lo que corresponde a 24767711,54 Ton de CO2 equivalente, potencialmente evitado producto de la presencia la cobertura vegetal. Dichas toneladas son monetizadas a precios de mercado, con base en el monto establecido por el impuesto nacional al carbono creado por medio de la Ley 1819 de 2016, el cual responde a US$5/ton CO2, y una tasa de cambio de 3.696.80 $/US$ como promedio de los últimos 6 meses reportada por el Banco de la República, generan un valor económico para el servicio ecosistémico equivalente a $ 457.806.380.076. El detalle del cálculo se encuentra en el Anexo - Fase II - 11.

Tabla 145. Monetización SE de almacenamiento de carbono cuenca del río Samaná sur

Biomasa total Cuenca	Carbono total Cuenca	Dióxido de carbono equivalente (CO2e) o potencialmente transferido (T)	Valor del CO2e US$	Valor del CO2 $
13509660,84	6754830,42	24767711,54	123.838.557,69	457.806.380.076,48

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.4.3.6 Valor económico del SE aprovisionamiento de agua en la Cuenca del río Samaná Sur

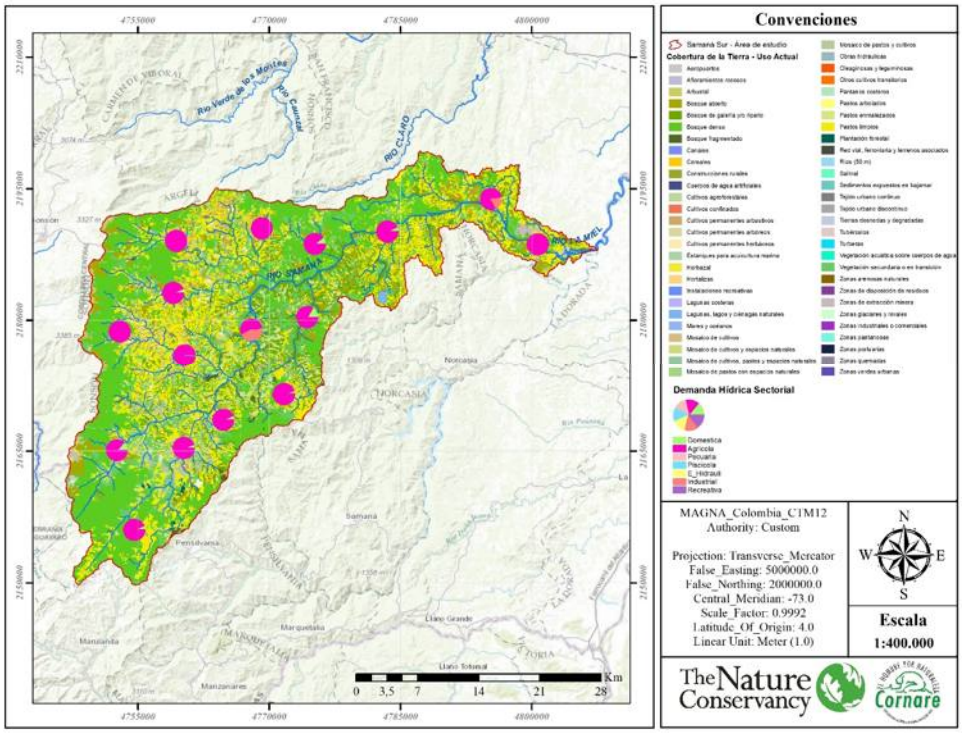
Según la información disponible en el POMCA el caudal concesionado de la cuenca para los diferentes usos asciende a 2.678,88 $m^{3.}$ La Tabla 146 Presenta el detalle de las concesiones por tipo de uso, mientras que la Figura 308 muestra la espacialización de dichas concesiones.

Tabla 146. Caudal concesionado cuenca Samaná Sur

Tipo de concesión	Domestica	Agrícola	Pecuaria	Piscicola	E_Hidrauli	Industrial	Recreativa
Caudal (m^3)	122,12	2422,54	5,91	3,14	-	120,91	4,27

Fuente: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017)

Figura 308. Concesiones POMCA Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y el consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017b)

El caudal valorado a precios de mercado a partir de la TUA representa un valor monetario para el SE que asciende a $1.065.397.398 /año.

Tabla 147. Valor monetario aprovisionamiento de agua Río Samaná Sur

Ítem	Valor
Caudal total concesionado (l/S)	2.678,88
Caudal total concesionado (m3/mes)	6.943.658,73
Valor total SE $ m3/mes	88.783.116
Valor total anual $/año	1.065.397.398

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los servicios ecosistémicos asociados a aprovisionamiento Pesca, Provisión de hábitat para especies acuáticas, y Recreación y turismo, no fueron monetizados para la cuenca del Samaná Sur, debido a la revisión bibliográfica, así como en las salidas de campo, no fue posible obtener información que permitiera cuantificar el aporte económico de estos SE para la cuenca.

9.5 Oferta y estado de servicios ecosistémicos (se)

A partir de la información relacionada en el numeral 4.2, asociada a la identificación de servicios ecosistémicos, así como a la información del diagnóstico se determina la oferta, demanda y estado de los SE.

La información de oferta que se muestra en la Tabla 148 y Tabla 149 de la Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, corresponde a la cuantificación biofísica del SE en términos de unidades y cantidades, las cuales permitan acercarse a la magnitud del mismo en cada una de las cuencas. Recuérdese que el detalle del servicio, así como su espacialización, fue abordado en los numerales 9.2 y 9.3.

En lo que respecta a la demanda de los Servicios ecosistémicos, es importante anotar que los SE de aprovisionamiento tienen una demanda potencial asociada a la población de cada una de las cuencas, en este sentido, los usuarios potenciales para los SE de aprovisionamiento, y quienes demandan alimentos, pesca, productos forestales maderables, no maderables, y agua, corresponden a los pobladores de los municipios que hacen parte de las cuencas (205.990 habitantes para Samaná Norte y 100.547 para Samaná Sur). Sin embargo, en lo que respecta a la pesca y los cultivos, estos son comercializados, en algún porcentaje, por fuera de los municipios de la cuenca. Lo que hace suponer una demanda del 100% de los SE de aprovisionamiento, pero no es posible estimar una fracción numérica. Una situación similar se presenta para los SE culturales, en la medida en que las actividades turísticas y recreativas toman auge, especialmente en Samaná Norte, demandas por usuarios de la cuenca y de otros municipios de la región.

Para los SE de regulación y soporte, las demandas no son cuantificables en la medida en que corresponden a procesos que regulan y posibilitan las funciones del ecosistema. La identificación realizada en los aparatados 9.2 y 9.3 dan cuenta de la oferta y el estado de los SE en cada cuenca, Sin embargo, dadas las características de este tipo de servicios, no es posible determinar usuarios potenciales para los mismos.

A continuación, se presenta la consolidación de la oferta de los servicios ecosistémicos en las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente (ver Anexo - Fase II - 11).

9.5.1 *Cuenca del río Samaná Norte*

La Tabla 148 da cuenta de la oferta y estado de los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Norte.

Tabla 148. Oferta y demanda de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Norte

Categoría	Servicio ecosistémico	Se identifica en la Cuenca del Samaná Norte		Nivel de relevancia del SE Cuenca del Samaná Norte			Oferta	
		Si	No	Alta	Media	Baja	Cuantificación biofísica de la oferta -Samaná Norte	
							Unidades	Cantidad
Servicios de aprovisionamiento	Alimentos	X		X			Área cosechada cultivos permanentes y transitorios (ha)	29120
							Producción total cultivos permanentes y transitorios (Toneladas)	389452,06
	Pesca	X		X			# de especies potenciales para pesca	98
	Acuicultura	X			X		Producción (ton/año)	521
							Número de estanques	2.900
	Productos forestales Maderables	X		X			Suelo forestal protector (ha)	27.301,77
		X		X			Suelo forestal productor (ha)	93.070,12
	Productos forestales No Maderables	X		X			Especies forestales con usos de productos no maderables	79 especies forestales
	Pieles, carne y fauna ornamental	X		X			# especies	
	Recursos genéticos Ingredientes naturales, plantas medicinales, productos farmacéuticos y productos cosméticos	X		X			# especies	4238
	Agua	X		X			Oferta hídrica disponible	100%
Servicios de Regulación	Regulación hídrica	X		X			Ïndice de regulación	100%
	Almacenamiento y captura de carbono y Mantenimiento de la calidad del aire	X		X			Coberturas arbóreas presentes en la cuenca con potencial de generar sumidero de carbono.	Bosques: 116.330,07ha. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva: 21.991,65ha. Cultivos y mosaicos (incluye Áreas agrícolas heterogéneas): 8.369,27ha. Pastos: 52.043,34ha
							Carbono promedio por tipo de cobertura arbórea.	Bosques: 104,80 Ton C/ha. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva: 47,35 Ton C/ha. Cultivos y mosaicos (Áreas agrícolas

Categoría	Servicio ecosistémico	Se identifica en la Cuenca del Samaná Norte		Nivel de relevancia del SE Cuenca del Samaná Norte			Oferta	
		Si	No	Alta	Media	Baja	Cuantificación biofísica de la oferta -Samaná Norte	
							Unidades	Cantidad
								heterogéneas): 3,44 TonC/ha. Pastos: 4,85 Ton C/ha
							CO2 Equivalente estimado (Ton)	48.400.902,55
	Purificación del agua	X		X			Longitud de tramo a escala de subcuenca productores de oxígeno	20,9 km (3,6%) Pozo Rápido 104,0 km (17,9%) Lecho Plano 107,8 km (18,5%) escalón Pozo 349,1 km (60,0%) Cascada
	Control de la erosión	X				X	Toneladas	Carga de sedimentos al año
Servicios de Soporte	Provisión de hábitat para especies terrestres	X		X			Área en coberturas de bosque	116.330,07ha
	Provisión de hábitat para especies acuáticas	X		X			Longitud de la red de drenaje	
	Ciclado de nutrientes	X			X		Área por unidad cartográfica (ha)	Asociaciónes: El cinco: 14.389,63. Guadua: 17585,05. Ituango: 29516,81. Jericó: 7910,61. La Lora: 14.861,39. Piñuela: 16342,13. Poblanco: 2025,83. Raudal: 3962,63. Remedios: 1982,08. Tequendamita: 14425,69. Yalí: 1588,67. Yarumal: 43504,96. Zaragoza: 26882,05. Complejos: Girardota: 1586,35. La Pulgarina: 1259,98. Tarazá: 1139,03
Servicios culturales	Recreación y turismo	X		X			# Rutas de deportes acuáticos	3
							# Puntos turísticos	119
							# Puntos turísticos	119
	Belleza escénica	X			X		# Lugares de esprcimiento y contemplación	119

Categoría	Servicio ecosistémico	Se identifica en la Cuenca del Samaná Norte		Nivel de relevancia del SE Cuenca del Samaná Norte			Oferta	
		Si	No	Alta	Media	Baja	Cuantificación biofísica de la oferta -Samaná Norte	
							Unidades	Cantidad
	Expresiones culturales asociadas a los recursos naturales	X					# expresiones culturales	8

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

9.5.2 *Cuenca del río Samaná Sur*

La Tabla 149 da cuenta de la oferta y estado de los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Sur.

Tabla 149. Oferta y demanda de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Sur

Categoría	Servicio ecosistémico	Se identifica en la Cuenca del Samaná Sur		Nivel de relevancia del SE Cuenca del Samaná Sur			Oferta	
		Si	No	Alta	Media	Baja	Cuantificación biofísica de la oferta -Samaná Sur Unidades	Cantidad
Servicios de aprovisionamiento	Alimentos	X		X			Área cosechada cultivos permanentes y transitorios (ha)	15825
							Producción total cultivos permanentes y transitorios (Toneladas)	43.402,11
	Pesca	X		X			# de especies potenciales para pesca	
	Acuicultura	X			X		Producción (ton/año)	386,2
							Número de estanques	176
	Productos forestales Maderables	X		X			Suelo forestal protector (ha)	1.618,00
							Suelo forestal productor (ha)	2.246,00
	Productos forestales No Maderables	X		X			Especies forestales con usos de productos no maderables	55 especies forestales
	Pieles, carne y fauna ornamental	X		X			# especies	
	Recursos genéticos Ingredientes naturales, plantas medicinales, productos farmacéuticos y productos cosméticos	X		X			# especies	
	Agua	X		X			Oferta hídrica disponible	100%
Servicios de Regulación	Regulación hídrica	X		X			Ïndice de regulación	100%
	Almacenamiento y captura de carbono y Mantenimiento de la calidad del aire	X		X			Coberturas arbóreas presentes en la cuenca con potencial de generar sumidero de carbono.	Bosques: 56065,41ha. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva: 15517,86 ha. Cultivos y mosaicos (incluye Áreas agrícolas heterogéneas): 7267,35ha. Pastos: 35631,85ha
							Carbono promedio por tipo de cobertura arbórea.	Bosques: 104,80 Ton C/ha. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva: 47,35 Ton C/ha. Cultivos y mosaicos (Áreas

Categoría	Servicio ecosistémico	Se identifica en la Cuenca del Samaná Sur		Nivel de relevancia del SE Cuenca del Samaná Sur			Oferta	
		Si	No	Alta	Media	Baja	Cuantificación biofísica de la oferta -Samaná Sur Unidades	Cantidad
								agrícolas heterogéneas): 3,44 TonC/ha. Pastos: 4,85 Ton C/ha
							CO2 Equivalente estimado (Ton)	24.767.711,54
	Purificación del agua	X		X			Longitud de tramo a escala de subcuenca productores de oxígeno	20,9 km (3,6%) Pozo Rápido 104,0 km (17,9%) Lecho Plano 107,8 km (18,5%) escalón Pozo 349,1 km (60,0%) Cascada
	Control de la erosión	X				X	Toneladas	Carga de sedimentos al año
Servicios de Soporte	Provisión de hábitat para especies terrestres	X		X			Área en coberturas de bosque (ha)	56065,41
	Provisión de hábitat para especies acuáticas	X		X			Longitud de la red de drenaje	
	Ciclado de nutrientes	X					Área por unidad cartográfica	Asociaciónes: El cinco: 14.389,63. Guadua: 17585,05. Ituango: 29516,81. Jericó: 7910,61. La Lora: 14.861,39. Piñuela: 16342,13. Poblanco: 2025,83. Raudal: 3962,63. Remedios: 1982,08. Tequendamita: 14425,69. Yalí: 1588,67. Yarumal: 43504,96. Zaragoza: 26882,05. Complejos: Girardota: 1586,35. La Pulgarina: 1259,98. Tarazá: 1139,03
Servicios culturales	Recreación y turismo	X		X			# Rutas de deportes acuáticos	No se identificaron
							# Puntos turísticos	
							# Puntos turísticos	81
	Belleza escénica	X			X		# Lugares de esprcimiento y contemplación	81
	Expresiones culturales asociadas a los recursos naturales	X					# expresiones culturales	3

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC.

Capítulo 10. Identificación y caracterización de objetos de conservación

La identificación de objetos o valores de conservación consistió en la revisión de estudios técnicos y científicos que contenían como foco de estudio las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. El objetivo de esta revisión fue identificar la flora y la fauna que coexisten en cada una de estas cuencas, así como las áreas que prestan beneficios tanto a las especies como a los seres humanos. Con esto, se busca tener una visión general del territorio y una focalización de las especies o áreas prioritarias que se resaltan en los estudios. La información presentada es el resultado de los estudios realizados por las universidades, los estudios de impacto ambiental de los proyectos hidroeléctricos licenciados, los POMCAS de ambas cuencas, los monitoreos hidrobiológicos y los ejercicios a nivel nacional como la información recopilada por SiB Colombia y *Global Biodiversity Facility Information* (*GBIF.Org*, 2021). En este paso se incluye además la recopilación de información relacionada con los valores de conservación que identifican la comunidad en ambas cuencas. Para esto se desarrollarán talleres participativos en donde se consultó de manera directa a la comunidad sobre las especies, lugares o áreas que son de gran valor para ellos.

10.1 Cuenca del río Samaná Norte

A continuación, se presenta la propuesta de objetos de conservación de orden biológico y cultural, los atributos ecológicos clave en torno a los objetos de conservación y las amenazas identificadas de la Cuenca del río Samaná Norte.

10.1.1 *Objetos de conservación*

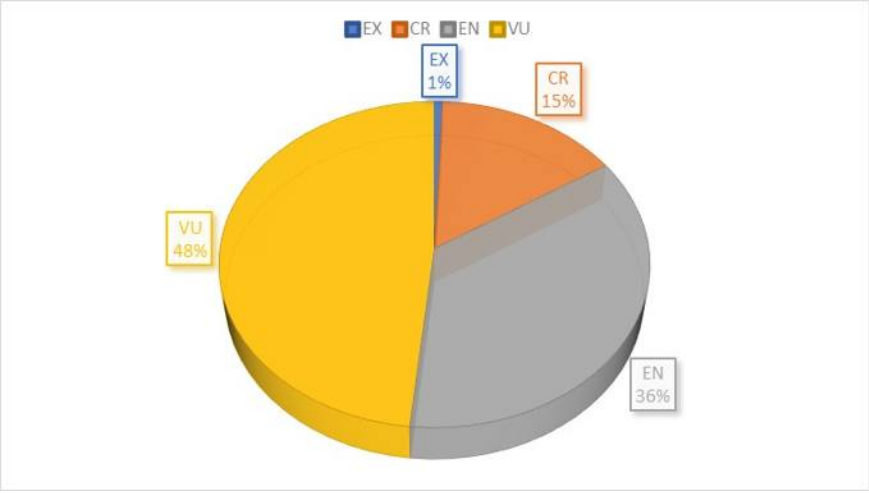
Biológicos

Entre los atributos que permiten seleccionar las especies objeto de conservación, se tiene el estatus de amenaza de extinción, en especial las siguientes categorías: peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerable (VU). En cuanto al estatus de amenaza de las especies reportadas para la cuenca Samaná Norte, se presentan 151 especies (11,6 % de las reportadas a nivel nacional) de las 4.238 especies reportadas en la cuenca (Anexo - Fase II - 9 pestaña P2), las cuales se encuentra agrupadas en las siguientes categorías de amenaza: extinta (EX), en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU) (Figura 309). De acuerdo con la información recopilada sobre el estado de amenaza de extinción, en el POMCA se comenta que se identificaron 89 especies amenazadas de plantas, de las cuales Casearia quinduensis aún figura como extinta para el presente año en The IUCN Red List of Threatened Species (Calderón, 1998), a pesar de esto como se argumenta en el POMCA, la especie fue registrada en un inventario realizado en el parque Arví en límites con el municipio de Medellín, área por fuera de la cuenca Samaná Norte, pero hace parte de las cabeceras de la cuenca Nare de la cual hace parte el río Samaná Norte (Higuita & Álavarez, 2015). En el catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Alford, 2021), reportan a Casearia quinduensis como un arbusto arbolito nativo no evaluado, a pesar de estos reportes, no se encontraron registros de esta especie para la cuenca. Entre las demás especies amenazadas, 16 se encuentran en peligro crítico (CR), 38 en peligro (EN) y 34 en estado vulnerable (VU) (Cornare & Corantioquia, 2017). En cuanto a los animales, según el conceso de la información revisada, 62 especies están en amenaza de extinción, 7 en peligro

crítico (CR) como el cangrejo de agua dulce (Strengeriana antioquensis), el pez capaz (Pimelodus grosskopfii), la rana arlequín (Atelopus sonsonensis), el pajuí de pico azul (Crax Alberti), el loro orejiamarillo (Ognorhynchus icterotis), el mono lanudo (Lagothrix lugens) y el mono araña (Lagothrix lugens), de las restantes especies, 16 en peligro (EN) y 39 en estado vulnerable (VU) (Anexo - Fase II - 9 pestaña P2).

En cuanto a las especies en categoría de amenaza, de las 4238 especie especies reportadas para la cuenca del río Samaná Norte, se encontró que 151 especies se identifican en condición de amenaza, lo que representa el 11,6% de las especies reportadas a nivel nacional (Anexo - Fase II - 9 pestaña P2). Estas especies se encuentra agrupadas en las siguientes categorías de amenaza: extinta (EX), en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU) (Figura 309). De acuerdo con la información recopilada sobre el estado de amenaza de extinción, en el POMCA se comenta que se identificaron 89 especies amenazadas de plantas, de las cuales *Casearia quinduensis* aún figura como extinta para el presente año en *The IUCN Red List of Threatened Species* (Calderón, 1998), a pesar de esto como se argumenta en el POMCA, la especie fue registrada en un inventario realizado en el parque Arví en límites con el municipio de Medellín, área por fuera de la cuenca Samaná Norte, pero si en las cabeceras de la cuenca Nare de la cual hace parte el río Samaná Norte (Higuita & Álavarez, 2015). En el catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Alford, 2021), reportan a *Casearia quinduensis* como un arbusto arbolito nativo no evaluado, a pesar de estos reportes, no se encontraron registros de esta especie para la cuenca. Las demás especies amenazadas, 16 se encuentran en peligro crítico (CR), 38 en peligro (EN) y 34 en estado vulnerable (VU) (Cornare & Corantioquia, 2017). En lo que respecta a los animales, se encontró en la información revisada que, 62 especies están en condición amenaza de extinción, 7 en peligro crítico (CR), 16 en peligro (EN) y 39 en estado vulnerable (VU).

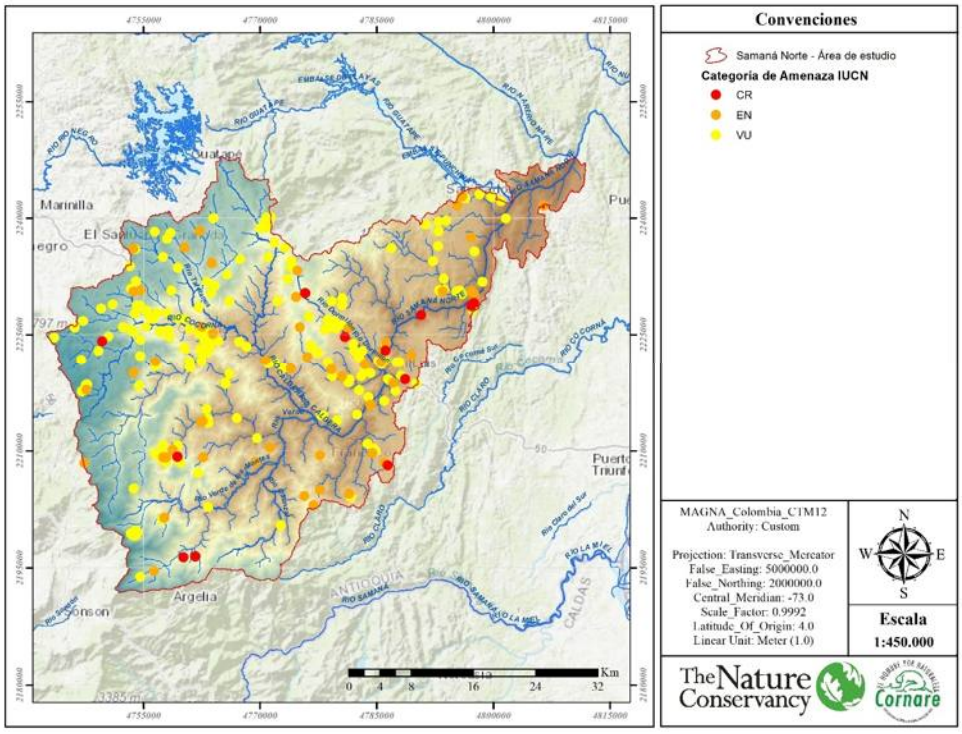
Figura 309. Proporción de las especies en categorías de amenaza extinta (EX), en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información del *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica* - CORNARE & Corantioquia (2017), *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

La distribución de las especies amenazadas se obtuvo de los reportes georreferenciado de GBIF, donde 107 especies presentan reportes para la cuenca, 67 plantas y 42 animales, siendo la categoría vulnerable (VU) la más recurrente con 66 especies, seguido por en peligro (EN) con 35 especies y en peligro crítico (CR) con 6 especies. Las subcuencas NSS 2 con mayor número de registros y de especies amenazadas fueron, el río Cocorná (349 registros con 26 especies), el río Santo Domingo (107 registros con 26 especies) y el río Dormilón (98 registros con 26 especies). La distribución de las especies en peligro crítico (CR) a nivel de subcuenca NSS 3 fue la siguiente: la planta reófila *Aiphanes argos* en el río Samaná Norte, la rana arlequín endémica *Atelopus sonsonensis* en el río Verde de los Montes parte baja, la palama de cera *Ceroxylon sasaimae* en el río Dormilón parte alta, la planta sota *Iryanthera megistocarpa* en las quebradas La Salada y San Pedro, y los río Dormilón y Samaná Norte, la planta *Clidemia ecuadorensis* en el río Melcocho, y el cangrejo *Strengeriana antioquensis* en el río San Lorenzo (Figura 310). Adicionalmente, el pez llamado capaz *Pimelodus grosskopfii,* es la séptima especie que se encuentra en la categoría de peligro crítico (CR), y aunque en GBIF y el POMCA no se menciona su distribución, es un pez que se distribuye en la parte baja de la cuenca, y es reportada por los habitantes del corregimiento de Puerto Garza en el municipio de San Carlos en el cauce principal del río Samaná Norte.

Figura 310. Distribución de las especies en categorías de amenaza peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU) en la cuenca Samaná Norte



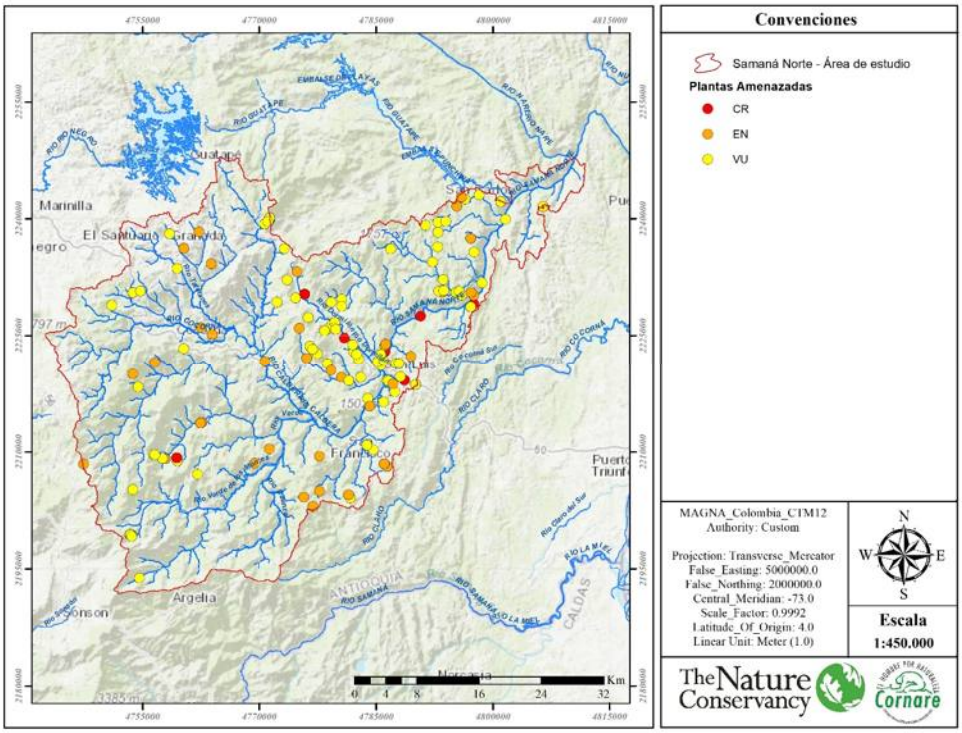
Fuente Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

Flora

Con el fin de observar la distribución de las especies de flora que tienen potencial para ser objetos de conservación de la cuenca del río Samaná Norte, se identificaron aquellas especies reportadas para la cuenca a partir del GBIF y del POMCA, teniendo en cuenta las categorías amenazadas en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU), además de las especies endémica y los usos dados por las comunidades a determinadas especies de flora. Finalmente se identificaron aquellas especies de flora con algunos de estos grados de amenaza o endémicas que han sido reportadas en las áreas protegidas.

En la Figura 311 se encuentran distribuidas las especies de flora amenazadas en las categorías de peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU), que son potencialmente objetos de conservación para la cuenca Samaná Norte. Como se puede observar en esta tabla, se registraron 366 individuos pertenecientes a 68 especies, las cuales podrían llegar a ser objetos de conservación. de esas 68 especies, 40 se encuentran en grado vulnerable (VU), 24 en peligro (EN) y 4 en estado crítico (CR) (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD).

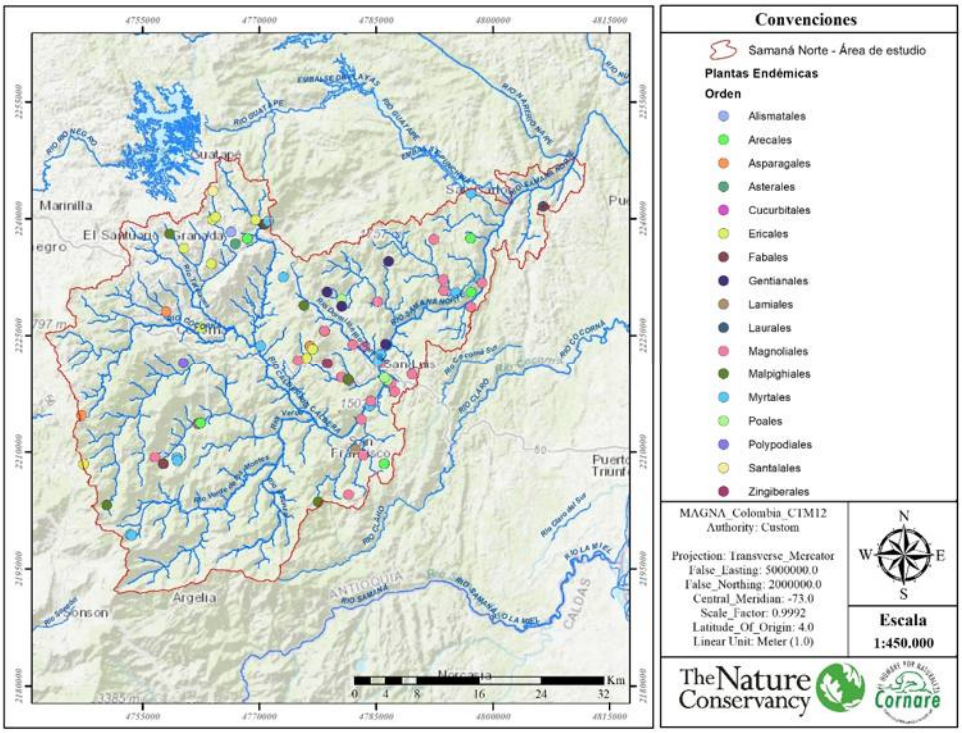
Figura 311. Distribución de las especies de plantas en categorías de amenaza en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), partir de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En tanto que las especies de flora endémicas reportadas para la cuenca Samaná Norte son 38, estas son candidatas a ser objetos de conservación, se encuentran enlistadas en la Figura 312.

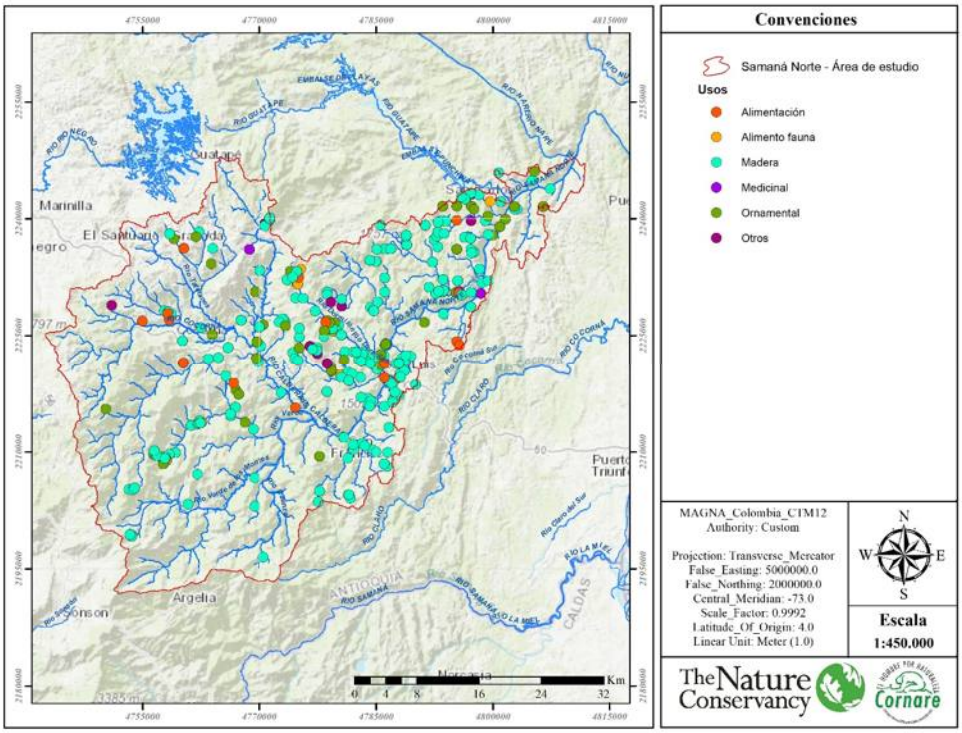
Figura 312. Distribución de las especies de plantas endémicas reportadas para la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

En la Figura 313 se puede observar la distribución de las especies de flora que tienen algún uso por parte de la comunidad, se encontraron registros georreferenciados de 113 especies, donde en su mayoría (78) presentan un uso maderable, seguido por el uso ornamental (20 especies), fuente de alimento para las comunidades (6 especies) y para la fauna (4 especies) (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD).

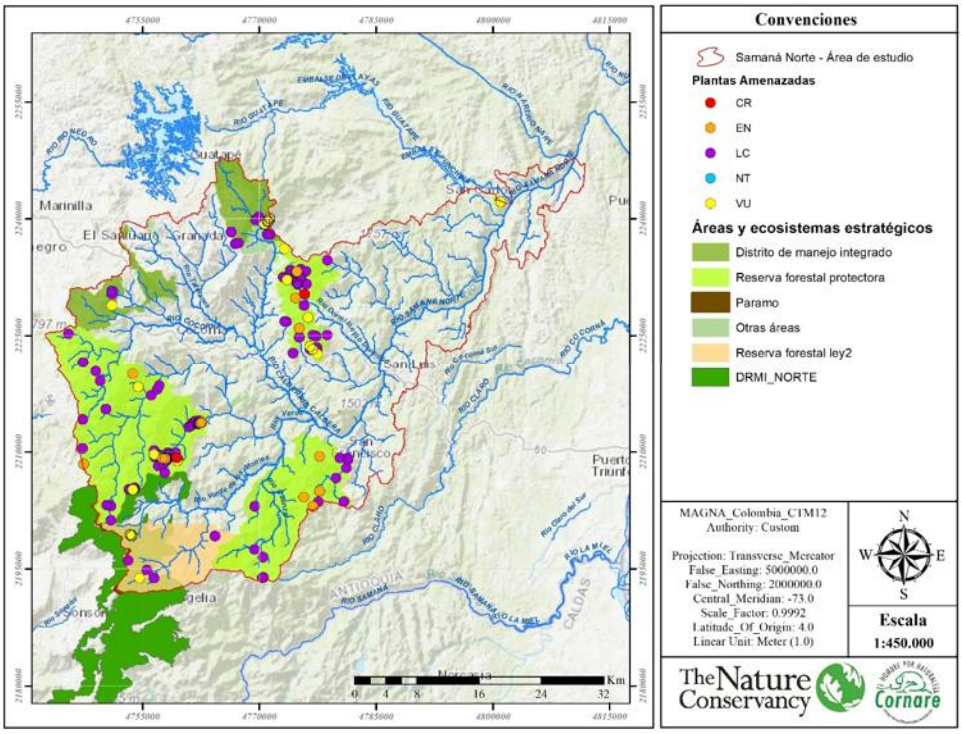
Figura 313. Distribución de las especies de plantas para las cuales se reportan usos la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

En la Figura 314 se puede observar la distribución de las especies de plantas que son potencialmente objetos de conservación que además han sido reportadas en las áreas protegidas y que están en algún grado de amenaza, se destaca la RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo en donde se registraron 12 especies, de las cuales 6 se encuentran en categoría vulnerable (VU) (*Allomaieta hirsuta, Aniba perutilis, Erythroxylum plowmanianum, Miconia blakeifolia, Moquilea cabrerae y Palicourea latifolia*), 5 en peligro (EN) (*Cavendishia longirachis, Coffea arabica, Joosia antioquiana, Meriania barbosae, Wettinia hirsuta*) y 1 en estado crítico (CR) (*Miconia ecuadorensis*). En cantidad de especies con alguno de estos 3 grados de amenaza reportados en las áreas protegidas, se destaca la RFPR La Tebaida con 10 especies, de las cuales 6 se encuentran en categoría vulnerable (VU), 3 en peligro (EN) y 1 en estado crítico (CR). Para el DRMI Las Camelias se registraron 8 especies en categoría de amenaza, todas en Vulnerable (VU) (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD).

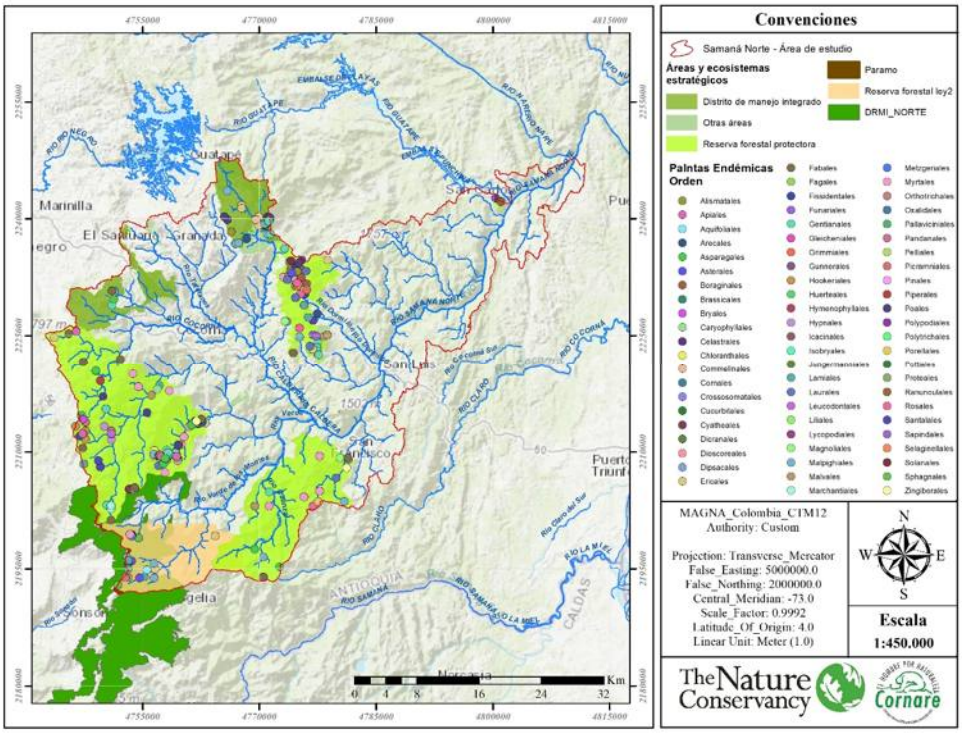
Figura 314. Distribución de las especies de plantas amenazadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En cuanto la distribución de las especies endémicas reportadas en las áreas protegidas (Figura 341), se destacan 17 especies, en donde se reporta la planta *Passiflora arbórea* en 5 de las áreas protegidas presentes en la cuenca del Samaná Norte (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD).

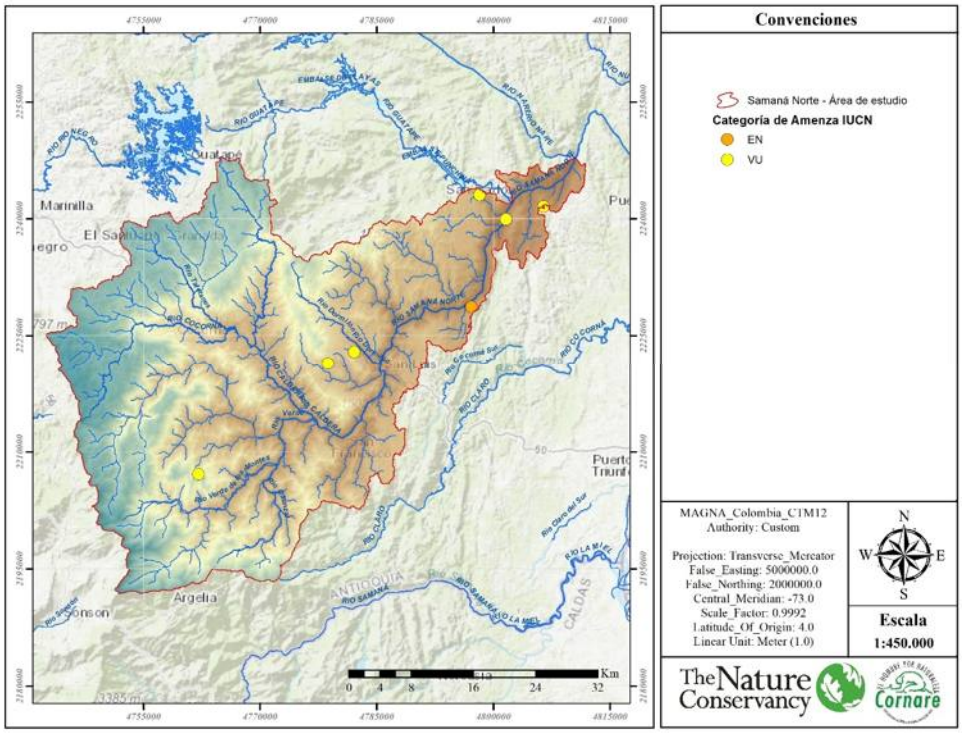
Figura 315. Distribución de las especies de plantas endémicas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

El estado de amenaza en la conservación de las especies de flora asociada a los ecosistemas acuáticos y riparios que se reportan para la cuenca del río Samaná Norte, se basan en dos especies de plantas riparias, árbol de leche o palo de vaca *Brosimum utile* con dos registros en el NSS 3 Samaná Norte, y el cedro *Cedrela odorata* en las quebradas Carrizales, Peñol Grande y Quebradona, y en los ríos Dormilón y Samaná Norte (mi) (Figura 316). Según el reporte de plantas acuáticas del POMCA y el listado de especies introducidas a Colombia (Baptiste et al., 2020), se tienen las plantas herbáceas como *Andropogon bicornis* y *Arundo donax*, la elodea o maleza acuática *Egeria densa*, el jazmín *Hedychium coronarium*, el melón amargo *Momordica charantia* y la lengua de vaca *Rumex obtusifolius.*

Figura 316. Distribución de las especies de flora helófitas, riparia y en categorías de amenaza en peligro (EN y vulnerables (VU) en la cuenca Samaná Norte

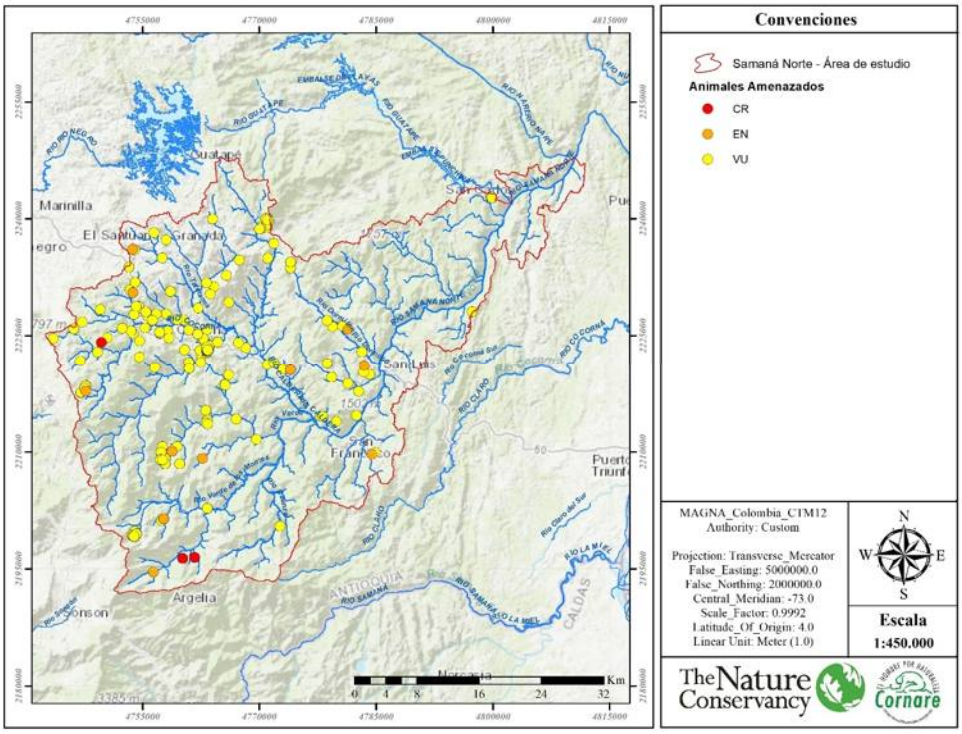


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

Fauna

Los animales objetos de conservación se seleccionaron según las categorías de amenaza (IUCN, 2021), según los criterios de selección para la definición de áreas claves de la conservación de especies dulceacuícolas propuestos por el Instituto Alexander Von Humboldt (C. Lasso & Córdoba, 2017) y lo propuesto en el marco técnico. Se encontró distribución para 24 especies de animales amenazados, de las cuales el cangrejo de agua dulce (*Strengeriana antioquensis*) y la rana arlequín (*Atelopus sonsonensis*) se encuentran en peligro crítico (CR), el insecto comúnmente conocido como libélula o caballito del diablo (*Acanthagrion williamsoni*), los anfibios *Rhinella acrolopha* y *Pristimantis parectatus*, y el conejo tapetí (*Sylvilagus brasiliensis*) se encuentran en peligro (EN); mientras que otras 18 especies se encuentran en estado vulnerable (VU) (ver Figura 317).

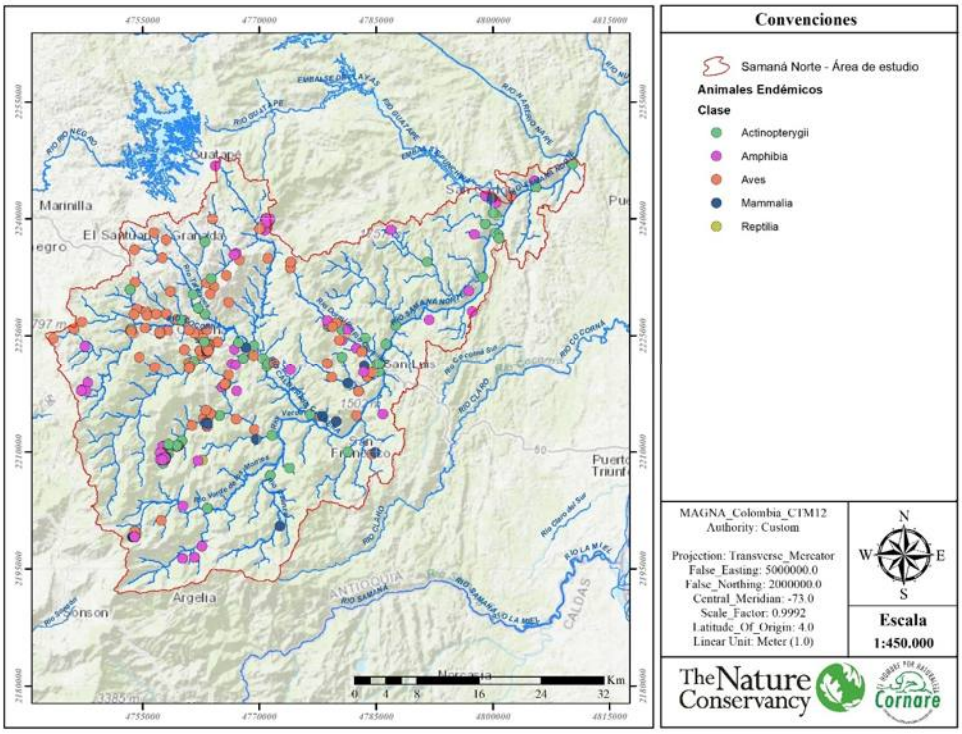
Figura 317. Distribución de las especies de animales en categorías de amenaza en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org (2021) y The IUCN Red List of Threatened Species - IUCN (2021)

En lo referente a la distribución de las especies endémicas en la cuenca Samaná Norte, se encontraron 1.087 registros que representan 67 especies (Figura 318), de las cuales 34 especies son de peces, entre los que se destacan la sabaleta (Brycon henni), la sabaleta paloma (Brycon rubricauda), el comelón (Megaleporinus muyscorum) y el nicuro (Pimelodus yuma) que son especies de importancia en la alimentación de las personas. En cuanto a los anfibios, se reportan 18 especies de las cuales dos son especies de ranas venenosas (Andinobates opisthomelas y Dendrobates truncatus), la rana arlequín (Atelopus sonsonenis), la rana de cristal (Sachatamia punctulata) y dos especies de salamandras (Bolitoglossa lozanoi y Bolitoglossa ramosi). De reptiles se registran 5 especies del género Anolis. Entre las 7 especies de aves se registran la piranga hormiguera (Habia guturalis), la perdiz colorada (Odontophorus hyperythrus) y el torito dorsiblanco (Capito hypoleucus). Y en cuanto a las especies de mamíferos endémicos con registros de distribución para la cuenca se reportan los monos cari blanco y titi gris (Cebus versicolor y Saguinos leucopus). La cuenca NSS 3 con mayor presencia de especies endémicas fue el río Dormilón parte alta con 30 registros de 17 especies, seguido del río Cocorná con 441 registros de 15 especies (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD).

Figura 318. Distribución de las especies de animales endémicos reportadas para la cuenca Samaná Norte

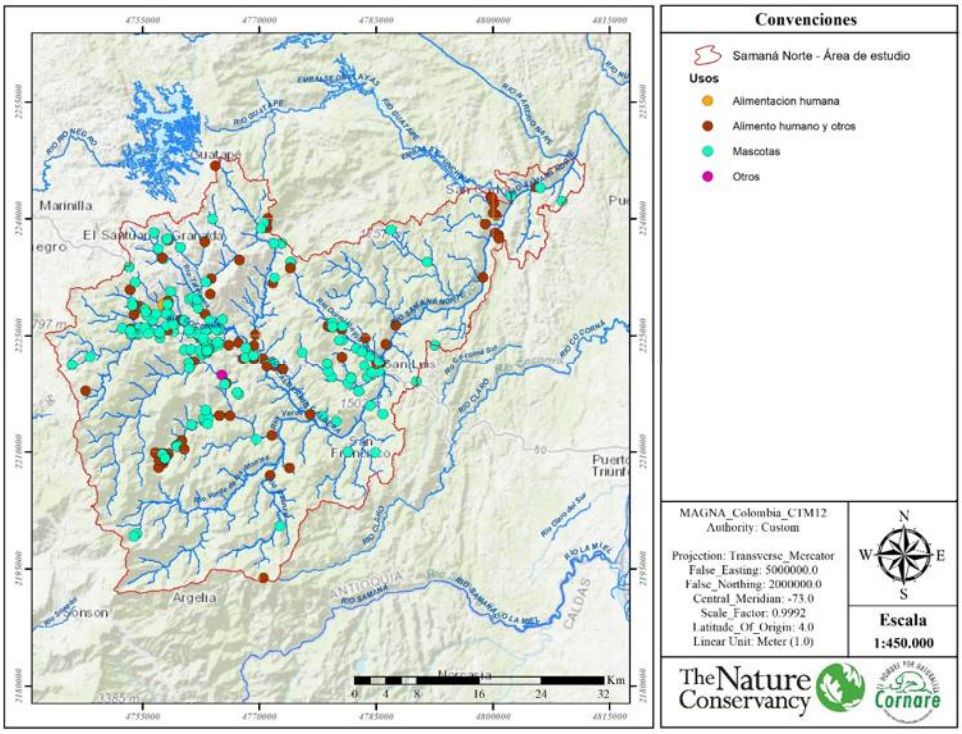


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

De las especies animales de las cuales se benefician las personas, se encontró distribución de 64 especies representadas por 3.088 registros (Figura 319), de las cuales 34 especies son peces entre los que se destacan la sabaleta (Brycon henni), la picuda (Salminus affinis) y el nicuro (Pimeludus yuma) como especies importantes para la alimentación humana y la pesca deportiva, el resto de las especies también son usadas como alimento y potencial ornamental. En cuanto a los anfibios, se reporta la rana dardo flecha (Dendrobates truncatus) que es una especie usada como mascota a nivel mundial, al igual que varios reptiles del grupo de las serpientes como la po (Boa constrictor) para la cual se reportan otros usos entre ellos la medicina, y la víbora común (Cleia cleia); otro reptil con reporte de uso es la babilla (Caiman crocodilus) que se utiliza como alimento y venta de la piel, el cuarto reptil que se encontró en los registros con distribución para la cuenca fue la tortuga morrocoy (Chelonoidis carbonarius) que es usada como mascota. Con respecto a la aves se reportan usos de alimentación humana y como mascotas, entre las que se encuentra la pava aburri (Aburria aburri) y las guacharacas (Ortalis columbiana), y como mascotas esta la lora (Amazona amazónica), el perico de frente escarlata (Aratinga wagleri) y el turpial montañero (Icterus chrysater), en total son 16 aves que presentan usos tradicionales por partes de las comunidades, pero no se pude olvidar que la actividad de avistamiento de aves cada vez toma más fuerza, implicando que todas las especies de aves sean potenciales objetos de conservación. En cuanto a los mamíferos, se reportan 8 especies con usos alimenticios, mascotas y medicinales, tal es el caso del armadillo o gurre (Dasypus novemcinctus) utilizado como alimento y medicinal, como mascotas se reportan el

mono cariblanco (Cebus versicolor) y el titi gris (Saguinus leucopus). Entre los insectos se reportan dos especies como objeto de conservación, la mariposa morfo azul (Morpho helenor) que es comercializada como ornamental y apreciado por su belleza, y las abejas angelitas (Tetragonisca angustula) para el aprovechamiento de la miel. La cuenca NSS 3 donde se reporta la mayor cantidad de especies utilizadas por las personas es el río Dormilón parte alta con 20 especies y 34 registros, seguida por el río Cocorná con 19 especies y 932 registros (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD).

Figura 319. Distribución de las especies de animales para los cuales se reportan usos en la cuenca Samaná Norte

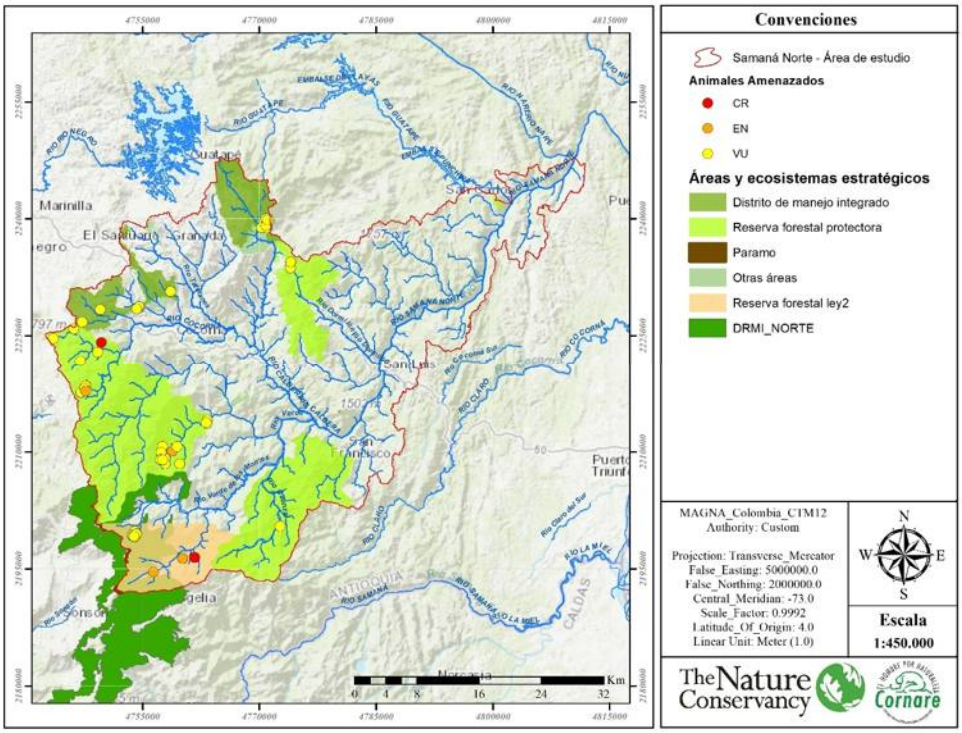


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org (2021)

La distribución de las especies amenazadas en las áreas protegidas, reportan 163 registros para 24 especies (Figura 320), de las cuales 12 especies son de anfibios, entre los que se destacan la rana arlequín (Atelopus sonsonensis) en peligro crítico (CR), la rana diminuta (Pristimantis parectatus) en peligro (EN) y la rana venenosa (Andinobates opisthomelas) que se encuentra en categoría vulnerable (VU). En lo referente a las aves, se reportan 7 especies en categoría de amenaza vulnerable (VU), como el saltarín amarillo (Xenopipo flavicapilla), torito dorsiblanco (Capito hypoleucus) y suelda cejiamarilla (Conopias cinchoneti). Los mamíferos amenazados y que se registran en estas áreas protegidas son, el conejo de campo (Sylvilagus brasiliensis) en peligro (EN) y el titi gris (Saguinus leucopus) en categoría vulnerable (VU). Y por último se registran el cangrejo de agua dulce (Strengeriana antioquensis) en peligro crítico (CR) y la libélula (Philogenia cristalina) en categoría vulnerable (VU), ambas especies distribuidas en la RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo, que a su vez alberga otras tras 12 especies siendo el área protegida con mayor

riqueza de especies amenazadas, seguida por la reserva forestal de la ley 2 con 10 especies (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD).

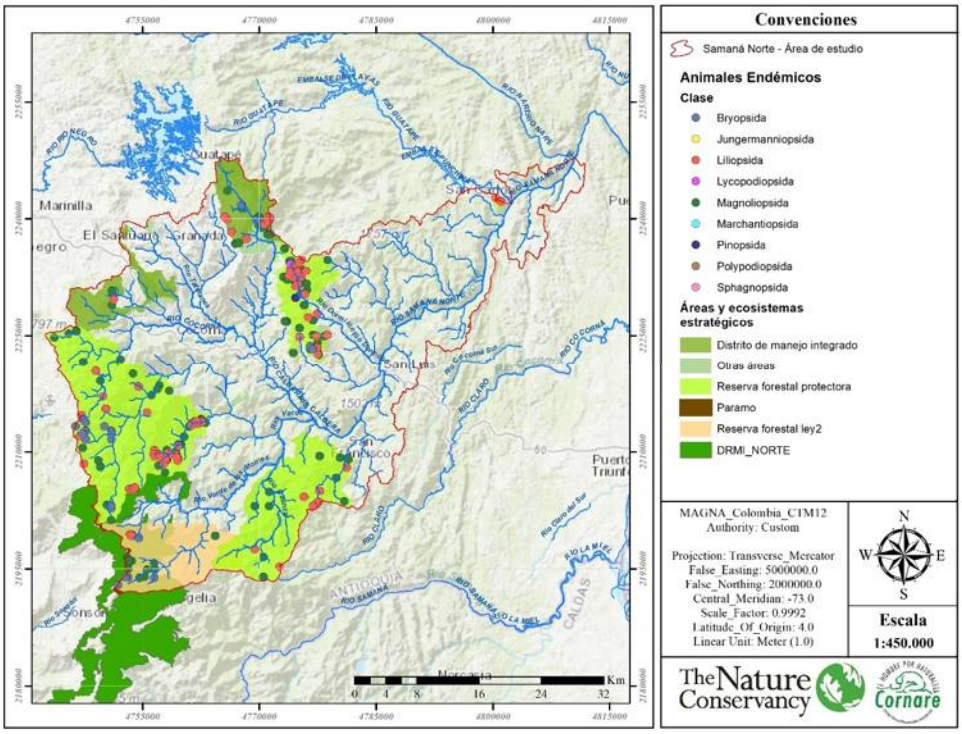
Figura 320. Distribución de las especies de animales amenazadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En cuanto a la presencia de las especies endémicas en las áreas protegidas, se encontraron 33 especies representadas por 255 registros (Figura 321), de las cuales 9 especies son peces entre los que se destaca la sabaleta (Brycon henni), 15 son anfibios con varias especies de Pristimantis y la rana arlequín (Atelopus sonsonensis), dos son reptiles del género Anolis, 5 son aves entre las que se destaca la piranga hormiguera (Habia guturalis), la perdiz colorada (Odontophorus hyperythrus) y el torito dorsiblanco (Capito hypoleucus), y 2 especies de mamíferos que son el titi gris (Saguinus leucopus) y el ratón del arroz (Handleyomys intectus) (Anexo - Fase II - 9 pestaña BD). El área protegida con mayor cantidad de especies endémicas según los registros, RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo con 25 especies y 157 registros, seguida por la reserva forestal de la Ley 2 con 11 especies y 48 registros. Vale la pena recordar que parte RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa se sobrepone con la reserva forestal nacional de la Ley 2.

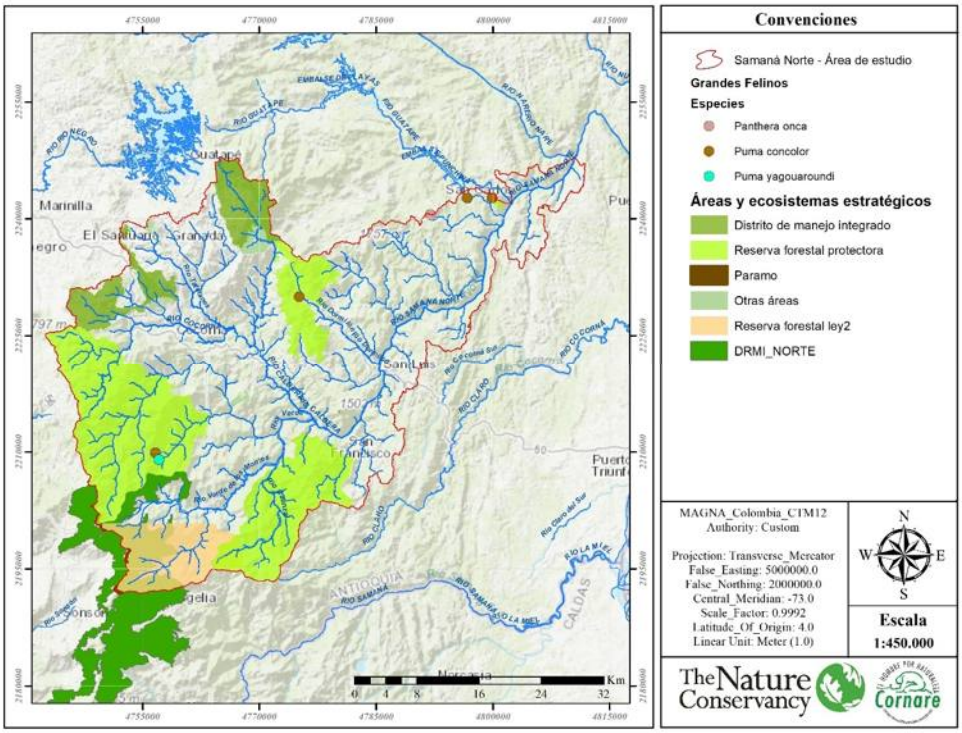
Figura 321. Distribución espacial de las clases taxonómicas de las especies de animales endémicos en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Vale la pena resaltar dos especies de grandes mamíferos para los cuales se encontró distribución reciente en la cuenca reportada por Cornare, que son el puma (*Puma concolor*) en preocupación menor con poblaciones en decrecimiento (LC) y el jaguar (*Panthera onca*) casi amenazado con las poblaciones decreciendo (NT), lo cual pueda cambiar con la actualización de la lista roja de mamíferos de Colombia que está en proceso.

Figura 322. Distribución de Puma concolor y Panthera onca en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y CORNARE (2021)

A continuación, se mencionan las especies de peces que realizan recorridos importantes para la pesca de los pobladores de esta región del Magdalena con distribución en la cunca del río Samaná Norte y las cuales deben ser relevantes para la conservación de la cuenca por su importancia socioeconómica y cultural. Se reportan especies de peces con registro de migraciones cortas es decir que los desplazamientos son locales menores de 100 km de recorrido tales como el comelón *Megaleporinus muyscorum*, la vizcaína *Curimata mivartii*, el viejito *Cyphocharax magdalenae,* y el rollizo *Saccodon dariensis*. Las especies que realizan recorridos medios cuyos desplazamientos están entre 100 - 500 km de recorridos y las cuales se distribuyen en la cuenca del río Samaná Norte son: la dorada *Brycon moorei*, la picuda *Salminus affinis*, el bocachico *Prochilodus magdalenae*, el capaz *Pimelodus grosskopfii*, el nicuro *Pimelodus yuma*, el bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* y el blanquillo *Sorubim cuspicaudus* (Figura 323).

Figura 323. Registro fotográfico de algunas especies de peces que realizan migraciones para su reproducción e importante recurso pesquero con distribución en la cuenca del Samaná Norte



Brycon moorei



Brycon rubricauda



Prochilodus magdalenae



Sorubim cuspicaudus



Pseudoplatystoma magdaleniatum



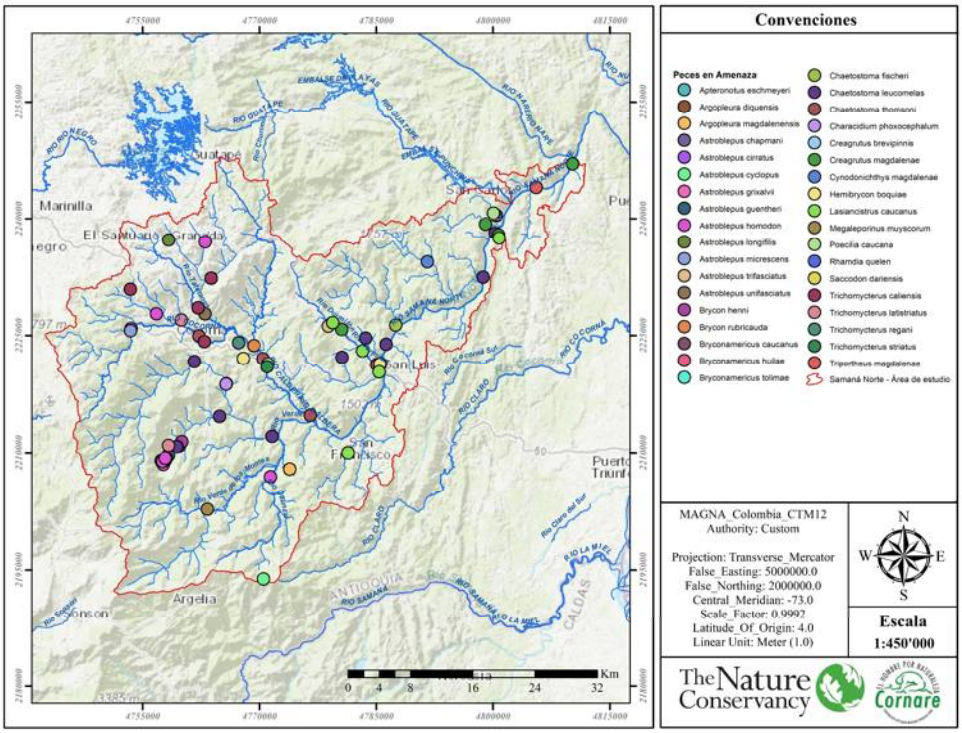
Pimelodus yuma

Fuente: Juan Guillermo Ospina y The Conservancy (2019)

Según las 99 especies de peces reportados para la cuenca Samaná Norte, se reportan 58 en categoría de amenaza de conservación para la cuenca Magdalena Cauca, de las cuales el capaz (*Pimelodus grosskopfii*) está en peligro crítico (CR), el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) en la categoría de peligro de extinción (EN), la raya de río (*Potamotrygon magdalenae*) casi amenazada (NT), la dorada (*Brycon moorei*), la vizcaína (*Curimata mivartii*), la sardina o tota (*Hemibrycon tolimae*), el pataló (*Ichthyoelephas longirostris*) y el comelón (*Megaleporinus muyscorum*)en categoría vulnerables (VU), y 49 especies se encuentran en la categoría preocupación menor.(LC) (Anexo - Fase II - 9 pestaña P4). Los Resultados sugieren que para el 66% de las especies reportadas en la cuenca existe información sobre su estado de conservación, las especies restantes cuentan con datos insuficientes y en general corresponden a especies endémicas, con baja frecuencia de captura, que han sido recientemente descritas o que habitan en sistemas acuáticos poco explorados de esta región. Por lo tanto, son especies con información limitada sobre su distribución, ecología, tendencia poblacional y las amenazas que podrían estar experimentando. Esta situación dificulta la

generación de estrategias para la conservación de los sistemas acuáticos en la región del Magdalena (S López Casas et al., 2016). En cuanto a la distribución de los peces amenazados con los que se cuenta georreferenciación geográfica, se reportan la sardina (*Hemibrycon tolimae*) en los ríos San Matías y Cocorná, mientras que el comelón (*Megaleporinus muyscorum*) se registró en el río Verde de los Henao (Figura 324).

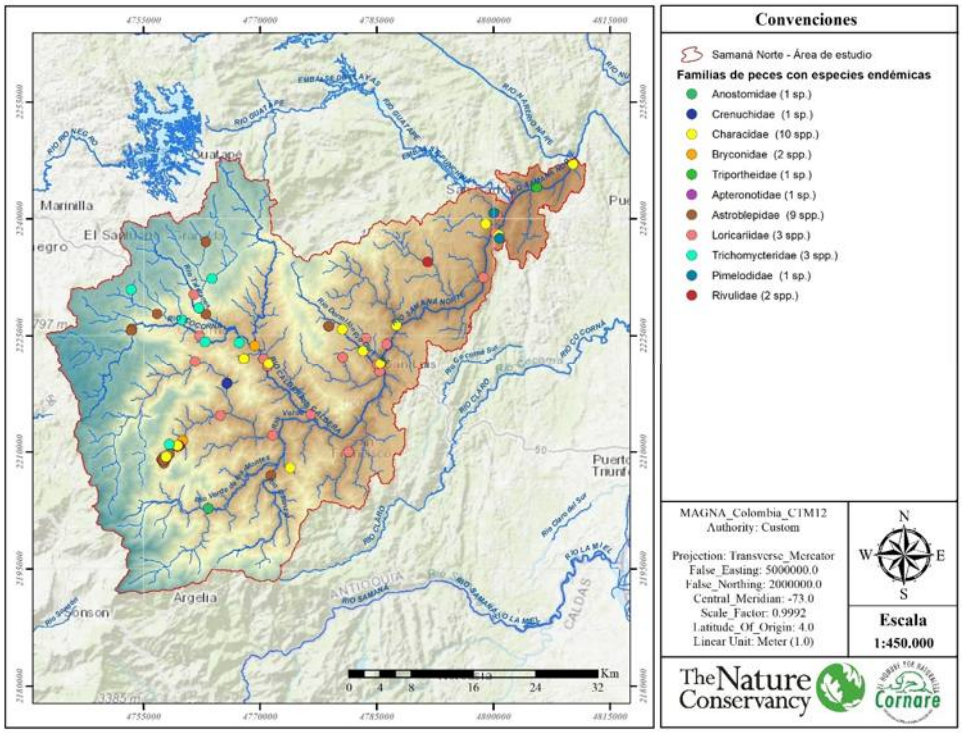
Figura 324. Distribución de las especies de peces en categorías de amenaza en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En la cuenca Samaná Norte se pueden encontrar cerca del 58% de las especies endémicas reportadas con distribución en la cuenca del río Magdalena – Cauca (233 especies, 158 endémicas) (C. García et al., 2020). Indicativo que en esta cuenca del Samaná Norte es de gran importancia para generar estrategias de conservación en el Magdalena medio, ya que las especies que se distribuyen en esta cuenca tienen características biológicas únicas para llevar a cabo su historia natural de vida, las cuales se encuentran en hábitats muy específicos, y con su protección se preservarían todos los servicios ecosistémicos que generan los peces en la región del oriente de Antioquia, que cada vez son más amenazados por las actividades económicas (Valderrama et al., 2020). En cuanto los registros georreferenciados, se encontró distribución para 34 especies pertenecientes a 11 familias, siendo las familias Characidae y Astroblepidae las que mayor endemismo presentaron con 10 y 9 especies respectivamente (Figura 325).

Figura 325. Distribución de las especies endémicas en la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y DoNascimiento et al. (2020)

Culturales

Turismo

Los objetos de conservación asociados al turismo podrían ser aquellos sitios o lugares que fueron reportados en el numeral 8.3.2.11 Economía Local; en el apartado sobre actividades turísticas. Específicamente en la Tabla 106 Sitios turísticos en los municipios de la cuenca del río Samaná Norte, donde se relacionan 93 sitios de interés turístico en los municipios de la cuenca del río Samaná Norte, pero de todos ellos, serían 68 lugares que realmente se encuentran dentro de la cuenca del Samaná Norte y que se asocian a turismo cultural, religioso, de naturaleza, de aventura y en agroturismo.

Recreación

Además, se proponen también como objetos de conservación asociados al turismo, 24 sitios lugares y rutas deportivas que surgieron a partir del conocimiento territorial del equipo técnico, complementado con los resultados del proyecto de conservación basado en comunidades desarrollado por TNC. Esos sitios se encuentran especializados en el mapa de los Sitios turísticos y rutas deportivas Cuenca del río Samaná Norte (ver Figura 165 presentada en el capítulo 3 del Análisis Situacional de la Cuenca), y relacionados en la Tabla 106 Sitios turísticos y rutas deportivas cuenca Samaná Norte.

10.1.2 *Atributos ecológicos clave (KEA)*

La migración de peces es considerada un atributo ecológico clave para los ecosistemas acuáticos de la Cuenca Samaná Norte, esto se debe a la necesidad fisiológica que tienen los peces de remontar los ríos para su reproducción, lo cual es aprovechado por la región como fuente de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de alimento para las personas, como por las demás especies de animales que aprovechan los peces como fuente nutritiva para el sostenimiento de la vida.

Un trabajo de marcaje recaptura realizado en las escaleras de peces de la presa Igarapé en el río Paraopeba de Brasil, reporta una proporción de recaptura de 5,75% durante 5 años, presentando áreas de vida para piau-verdadeiro (*Leporinus obtusidens*) de 15,4 Km, para mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*) de 81,5 Km y para curimatá-pioa (*Prochilodus costatus*) de 232 km (Mascarenahas Alves, 2007). En el río Magdalena Colombia, López Casas et al. (2016)reporta una proporción de recaptura de 2,1% (9299 peces marcados de 13 especies) durante abril del 2010 a febrero del 2011, presentando un promedio de velocidad para todas las especies de 2,9 Km/día y áreas de vida para el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) de 1224 Km (rango de velocidad entre 0 a 55,6 km/día), para comelón (*Megaleporinus muyscorum*) de 198,6 Km (rango de velocidad entre 0,17 a 5,1 Km/día) y para vizcaína (*Curimata mivartii*) de 10,9 km (0,3 Km/día) (Antonio et al., 2007). En otro trabajo llamado, "Bloqueo de rutas de migración por construcción de presas: ¿pueden los peces migratorios encontrar rutas alternativas?", encontraron una proporción de recaptura del 2,85% (6604 peces marcados pertenecientes a 14 especies), los cuales fueron recapturados entre 1994 y 1999, de los cuales 131 (1,98%) fueron recapturados en los primeros 300 días y presentaron una velocidad promedio de 1,01km/día.

Dentro de los rangos de velocidad que pueden alcanzar los peces se tienen tres categorías: la sostenida que consiste en mantener un rango de velocidad durante 200 minutos, otra categoría es la de ráfaga que implica movimientos rápidos de corta duración menores a 20 minutos que involucran procesos anaeróbicos, y por último la categoría llamada prolongada que consiste en un espectro de velocidades entre las categorías de sostenida y ráfaga. En cuanto a las diferencias entre las velocidades de algunas especies de peces, varios estimaron en laboratorio rangos de velocidad prolongada para *Leporinus reinhardti* (4,03 a 6,05 Km/h), *Prochilodus costatus* (4,18 a 5,76 Km/h) y *Pimelodus maculatus* (3,42 a 4,43 Km/h) siendo esta la única especie que siguió con velocidad prolongada después de los 200 minutos investigadores (Andrade et al., 2012).

10.1.3 *Amenazas a los atributos ecológicos clave*

En el documento presentado por parte de The Nature Conservancy (TNC) a la Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA) sobre el piloto de evaluación de impactos acumulativos del sector hidroeléctrico sobre la cueca Magdalena, se comenta que debido a la fragmentación de la red fluvial por 35 proyectos hidroeléctricos en operación, el área de distribución de los peces de interés comercial se redujo en un 8%, siendo notable la pérdida de hábitats para estas especies por la entrada en operación de Betania, El Quimbo y Sogamoso. En términos de riqueza de especies esto implica que los kilómetros de ríos que tenían una riqueza baja y media disminuyeron, generándose un empobrecimiento en el número de especies en diferentes tramos de la cuenca alta y media principalmente, sino que también se ocasionó la pérdida de especies comerciales y migratorias en una parte importante de la red fluvial (TNC, 2017). Esto sumado a la necesidad de ajustar los modelos con la ubicación adecuada de las barreras naturales de distribución de las especies

migratorias y de interés pesquero, amenaza aún servicio ecosistémico que soporta la reproducción de los peces de mayor valor de conservación no en la cuenca macrocuenca del río Magdalena.

La cuenca Samaná Norte hace parte de la cuenca del río Nare junto con la cuenca del río Guatapé, ambos ríos impactados por una serie de embalses y represas. Otro afluente con varias generadoras hidroeléctricas es el río Calderas, no solo en el cauce principal antes confluir con el río Verde formar el al río Samaná Norte, sino también en sus afluentes principales que son los ríos Cocorná, San Matías y Tafetanes; además de otros cuantos proyectos licenciados ambientalmente, y otros en proceso. Esta fragmentación modifica aspectos ambientales para el desarrollo de las historias de vida de las especies de peces locales, así como la irrupción de las rutas migratorias que los peces utilizan para llevar a cabo su reproducción, promoviendo en ambos casos la reducción de las poblaciones naturales de especies endémicas que son importantes como recurso pesquero (Carvajal Quintero et al., 2017), también ejercen disminución de los sedimentos y nutrientes necesarios para el desarrollo de la vida en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados a la cuenca del río Magdalena (H Angarita et al., 2020). Además, estos proyectos dan lugar a un proceso de transformación en los modos de vida de los habitantes, en su economía, en las relaciones sociales y en la cultura (Valderrama et al., 2020).

Las especies de gran tamaño (> 30 cm de longitud) que realizan migraciones para llegar a cabo su reproducción son ejemplo de su importancia en las actividades socioeconómicas de la cuenca, y varias de estas especies se encuentran en alguna categoría de amenaza de extinción por diferentes factores que enfrentan los peces en los ecosistemas acuáticos de la cuenca del río Magdalena, debido a que múltiples cuerpos de agua están enfrentando procesos de transformación como resultado de las actividades humanas que se desarrollan alrededor, tales como, las economías basadas en ganadería extensiva y agricultura, extracción de minerales sin regulaciones, generación de energía hidroeléctrica, así como el uso de los peces como recurso proteico (incluyendo el cultivo de especies introducidas) (S López Casas et al., 2016). Los efectos de estas actividades sobre los ecosistemas acuáticos de la región del Magdalena son diversos, lo que no solo afecta de forma negativa la calidad del agua para el consumo humano, sino también la dinámica natural del río y con ello la pérdida de la biota natural asociada al ecosistema (H Angarita et al., 2020). Estos efectos son producto del desconocimiento de la importancia ambiental y los servicios socioeconómicos que prestan los ecosistemas acuáticos (Valderrama et al., 2020).

Las migraciones de peces en la cuenca Samaná Norte se han tratado de describir con los estudios realizados por empresas consultoras para los proyectos hidroeléctricos y definen las metodologías según los requerimientos ambientales que en la mayoría de los casos se enfocan hacia las áreas de influencias directa, aislando esa zona del sistema hídrico sin una correcta distribución y metodologías de muestreo, en lo que refiere a la periodicidad, la distribución de los puntos de muestreo y a la identificación del ictioplancton. En el caso de los recorridos realizados por los peces, el uso de marcas externas para el estudio de las migraciones de peces presenta la ventaja de que son económicas, fáciles y rápidas para sujetar al pez, también permiten individualizar los peces, fáciles de detectar y permiten ser reportadas por cualquier persona ya que no se necesita de equipos de detección (Thorsteinsson, 2002); pero también tiene grandes desventajas como la subestimación de los movimientos que realizan los peces, los cuales se ven influenciados por los bajos reportes de recaptura, llevando a inferir los patrones migratorios con la información de los peces recapturados y no se tienen en cuenta los peces faltantes que: pudieron haber muerto, perdido la marca, o migrado más allá de los límites de muestreo, o que simplemente no fueron reportados por los

pescadores (Lucas & Baras, 2001). recomiendan aprovechar las ventajas de la información genómica y morfológica, como en los trabajos de genética en poblaciones de las especies donde se puede encontrar estructuración genética en las poblaciones de peces que migran en la cuenca del río Magdalena como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (Fontalvo et al., 2018), deduciendo áreas de vida para la vizcaína (*Curimata mivartii*) de 350 Km (Landinez García & Márquez, 2018), proponiéndola como una especie de migración mediana (MM).

La Cuenca del río Samaná fue seleccionada para ejecutar el proyecto de conservación basado en comunidades, ya que posee alta biodiversidad relacionada con sus ecosistemas de agua dulce y alberga comunidades locales campesinas con un manejo activo del territorio y uso de biodiversidad acuática. Los talleres de diagnóstico con los pobladores de algunas de las veredas que hacen parte de la cuenca permitió identificar los objetos de conservación (Tabla 150), información que consintió en caracterizar las condiciones particulares que singularizan el territorio y que ofrecen servicios ecosistémicos, en los que se destacan los sistemas acuáticos y el componente cultural, todos estos como criterios para la toma de decisiones en torno a la conservación, manejo y protección de los recursos naturales.

Tabla 150. Estado de salud global de los objetos de conservación agrupados por categorías de ecosistemas acuáticos y relacionados con el bienestar sociocultural identificados en el proyecto de conservación basado en comunidades de la cuenca Samaná Norte

Categorías que abarcan a los objetos de conservación	Estado de salud	Problemas	Causas
Nacimientos	Regular	Erosión, deslizamientos de laderas y contaminación del agua.	La pérdida de cobertura vegetal ocasiona deslizamientos y erosión. Las malas prácticas de recolección de basuras, los vertimientos domésticos, la falta de mantenimiento de los pozos sépticos y la falta de tratamiento de aguas residuales ejercen un efecto acumulativo negativo en la calidad del recurso hídrico poniendo en un mayor riesgo la conservación de los nacimientos importantes por el abastecimiento de los pobladores, huertas y granjas.
Quebradas	Regular	Erosión, deslizamientos de laderas y contaminación del agua.	La tala de bosques para llevar a cabo actividades económicas como ganadería agricultura, lo que ocasiona la perdida de vegetación asociadas a las laderas y su posible detrimento de los sistemas acuáticos y fauna asociada. Malas prácticas de recolección de basuras, los vertimientos domésticos, la falta de mantenimiento de los pozos sépticos y la falta de tratamiento de aguas residuales.
Ríos	Regular	Desarrollo de proyectos hidroeléctricos, sobrepesca, minería, extensión agropecuaria, contaminación del agua	La fragmentación del curso del río con proyectos para la construcción de embalses y el desarrollo hidroeléctrico produciría un impacto ambiental, social y cultural donde no solo se pierda diversidad biológica, si no también disminuye cambios actividades socioeconómico. También el efecto acumulativo de la contaminación del agua vertimientos domésticos y expansión agropecuaria de la cuenca. Malas prácticas en la pesca como sustento y comercio

Categorías que abarcan a los objetos de conservación	Estado de salud	Problemas	Causas
			Estación de minerales sin reglamentación y uso sostenible del recurso
Bosques de ribera	Regular	Deforestación, perdida de conectividad y diversidad biológica para fauna y flora	Falta de conocimiento y capacitación en un uso racional y sostenible para el desarrollo agropecuario como la ganadería y agricultura extensiva, la cual provoca la tala de bosques para llevar a cabo dichas actividades económicas, lo que ocasiona la perdida de vegetación asociadas a las laderas y su posible erosión y detrimento de los bosques de las riberas y de los sistemas acuáticos.
Sociocultural	Regular	La falta de gestión y capacitación en la búsqueda de alterativas económicas	La falta de gestión en la búsqueda de alterativas económicas influye en la falta de oportunidades para el desarrollo social y lo puede causar el desfavoreciendo la conservación de los sistemas acuáticos circundantes de la vereda. La falta de capacitación del manejo ambiental ejerce sobre los pobladores conflictos en la búsqueda de alterativas económicas, e indican que la falta de oportunidades para el desarrollo social causa un uso poco sustentable de los recursos naturales, como por ejemplo las malas prácticas en la pesca como sustento y comercio

Las actividades socioeconómicas como la ganadería y agricultura extensiva son llevadas a cabo en la Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los Talleres de Conservación Basada en las Comunidades (TNC, 2021)

cuenca, además se evidencia la tala de bosques para llevar a cabo dichas actividades económicas, lo que ocasiona la perdida de vegetación asociadas a las laderas y su posible erosión, además de los vertimientos agroquímicos para una mayor producción y llegando estos a los ríos por medio de escorrentía. Estas actividades económicas sumadas a los vertimientos domésticos e industriales de los asentamientos humanos que se registran en la cuenca ejercen un efecto acumulativo en la calidad, diversidad de hábitat y en el recurso agua, poniendo en un mayor riesgo la dinámica natural del río y con ello la pérdida de la biota natural asociada al ecosistema (Gutiérrez Moreno & De la Parra Guerra, 2020).

En la cuenca del Magdalena se ha evidenciado que la sobrepesca de las especies nativas comerciales particularmente durante su migración ha provocado descenso de sus poblaciones, sin tener un control sobre el ordenamiento pesquero y el cumplimiento de las regulaciones (S. Hernández et al., 2020) (Valderrama et al., 2020). Estas actividades influyen en las poblaciones de peces que se distribuyen en la cuenca del Samaná Norte, y por ende en las actividades socioeconómicas y culturales alrededor de las especies que son utilizadas como recurso pesquero. Se ha reportado que en algunos casos las especies nativas no cumplen con las demandas e intereses socioeconómicos para el sostenimiento de las pesquerías, donde el uso y cultivo de especies no nativas que son

importantes comercialmente son más llamativas y está en aumento llevando a cambios culturales y económicas en la región del Magdalena , como es el caso de las tilapias (C. *rendalli*, y especies del género *Orechromis*), y en las zonas mayores a 2000 m de elevación la trucha arcoíris y trucha Bass (*Oncorhynchus mykiss* y *Micropterus salmoides*) esto parece suplir la demanda de proteína para algunos pobladores de la región. Las actividades de introducción de especies no nativas aún no tienen un control efectivo, es posible que en los sistemas de granjas se lleve a cabo con toda la reglamentación, pero en los sistemas naturales muchas veces se desconocen las interacciones de los ejemplares de las especies introducidas en el ecosistema (C. A. Lasso et al., 2020) .

La introducción de las especies de peces no nativas en la cuenca del Magdalena-Cauca, es cada vez más reconocida como un importante contribuyente a la amenaza de extinción de especies (C. A. Lasso et al., 2020). Son cinco las especies no nativas reportadas en la cuenca del Samaná norte, algunas de ellas usadas como recurso pesquero como el caso de las tilapias y la trucha arcoíris). En cuanto a las especies del género *Amatitlania* y *Poecilia* con ocurrencia en la cuenca, se ha documentado que su introducción es producto de escapes de estanques asociados a acuariofilia y de introducciones para el control de larvas de mosquitos (Gutiérrez et al., 2012). La introducción de especies de carácter invasor es un factor que se une y combina con la pérdida y fragmentación del hábitat, alteración hidrológica, el cambio climático, la sobreexplotación y la contaminación (Cucherousset & Olden, 2011), esta situación aumenta el gran interés de conocer los aspectos ecológicos de estas especies, que permitan proponer recomendaciones y oportunidades para el control y manejo de estas en los sistemas acuáticos de la cuenca.

La actividad de extracción de oro en los ríos y quebradas es también recurrente en la cuenca del Samaná Norte, tanto artesanal como con el uso de dragas y motobombas. Actividad que en la cuenca el Magdalena ha ocasionado una problemática ambiental, en un complejo de discusiones sociales, económicas, políticas y de salud, además de estar también en un contexto de conflicto armado del país. En la mayoría de las ocasiones en la cuenca del Samaná Norte quienes realizan la extracción son los pobladores ribereños quienes lo hacen de forma artesanal y han utilizado dicha actividad para la manutención de sus familias, donde las actividades económicas son limitadas (Güiza & Aristizábal, 2013). Aunque la extracción es de forma artesanal, en algunas ocasiones trae consigo la mayor fuente intencional de desechos tóxicos al ecosistema por el uso indebido del mercurio (Cordy et al., 2011). Se ha reportado que los ejemplares de peces en el Magdalena tienen la capacidad de almacenar en su organismo una concentración mayor de estos compuestos tóxicos (Mancera Rodríguez & Álvarez León, 2006)esto implica que su consumo se puede convertir en un problema de salud para las poblaciones humanas que se alimentan de este recurso (O. García et al., 2015). La adopción de nuevas tecnologías para la extracción de oro aún es incipiente, y esta debe de estar acompañada de una administración estatal para que promueva la minimización de los efectos hacia los ecosistemas acuáticos, su biota asociada y en la interacción con la sociedad.

10.2 Cuenca del río Samaná Sur

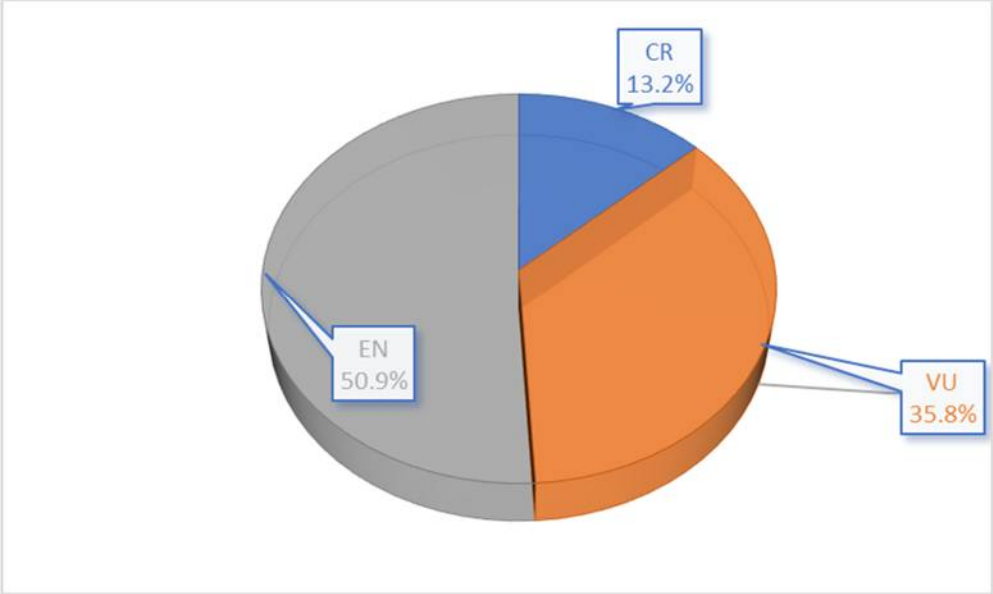
A continuación, se presenta la propuesta de objetos de conservación de orden biológico y cultural, los atributos ecológicos clave en torno a los objetos de conservación y las amenazas identificadas de la Cuenca del río Samaná Sur.

10.2.1 *Objetos de Conservación*

Biológicos

Entre los atributos que permiten seleccionar las especies objeto de conservación, se tiene el estatus de amenaza de extinción, en especial las siguientes categorías: peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerable (VU). En cuanto a las categorías de amenaza para todas las especies reportadas en la cuenca Samaná Sur, se presentan 106 especies (4.49 % de las reportadas a nivel nacional) de las 2357 especies lista pata la cuenca (Anexo - Fase II - 10 pestaña P2), las cuales se encuentra agrupadas en las siguientes categorías de amenaza: en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU) (Figura 18). De acuerdo con la información recopilada sobre el estado de amenaza de extinción, se identificaron 43 especies amenazadas de plantas, de las cuales cinco especies se encuentran en peligro crítico (CR), 22 especies están en peligro (EN) y 16 especies se encuentran en estado vulnerable (VU). En cuanto a los animales, 64 especies se reportan como amenazadas, 9 en peligro crítico (CR), 15 se encuentran en peligro (EN) y 10 especies se encuentran amenazadas (Figura 326).

Figura 326. Proporción de las especies en categorías de amenaza extinta (EX), en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU)

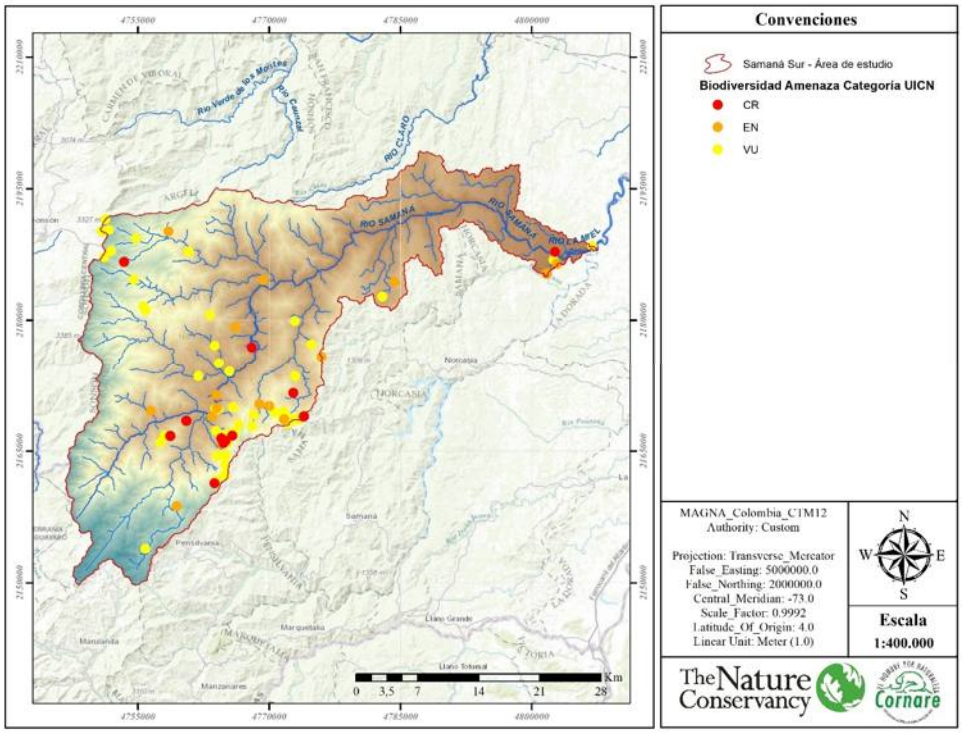


Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Corpocaldas-Cornare, 2017), Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org (2021) y The IUCN Red List of Threatened Species - IUCN (2021)

La distribución de las especies amenazadas se obtuvo con los reportes georreferenciados de GBIF, donde 53 especies se distribuyen la cuenca, 14 plantas y 39 animales, siendo la categoría vulnerable (VU) la más recurrente con 30 especies, seguido de las que están en peligro (EN) con 15 especies y en peligro crítico (CR) se encontraron 8 especies. Las subcuencas NSS 2 con mayor número de registros y de especies amenazadas fueron, las áreas Directos al Río Samaná Sur 21 (91 registros, 13 especies) y el río Claro (49 registros con 13 especies). La distribución de las especies en peligro crítico (CR) a nivel de subcuenca NSS 3 fue la siguiente: el primate *Ateles hybridus* con distribución en la quebrada las Mercedes, los anfibios *Pristimantis bernali, Pristimantis lichenoides, Pristimantis*

torrenticola, Pristimantis tribulosus, Pristimantis veletis con mayores registros en las áreas Directos al Río Samaná Sur 21 (mi), pero con distribución en quebrada el Caney, Q. el Rosario, Q. Las Mercedes, Q. San Pablo y Río Calro. Adicionalmente, el pez llamado capaz *Pimelodus grosskopfii,* se encuentra en la categoría de peligro crítico (CR), en el área NN3 Directos al Río Samaná Sur (md) (*SiB Colombia*, 2021) (Figura 327).

Figura 327. Distribución de las especies en categorías de amenaza peligro crítico (CR), en peligro (EN y vulnerables (VU) en la cuenca Samaná Sur



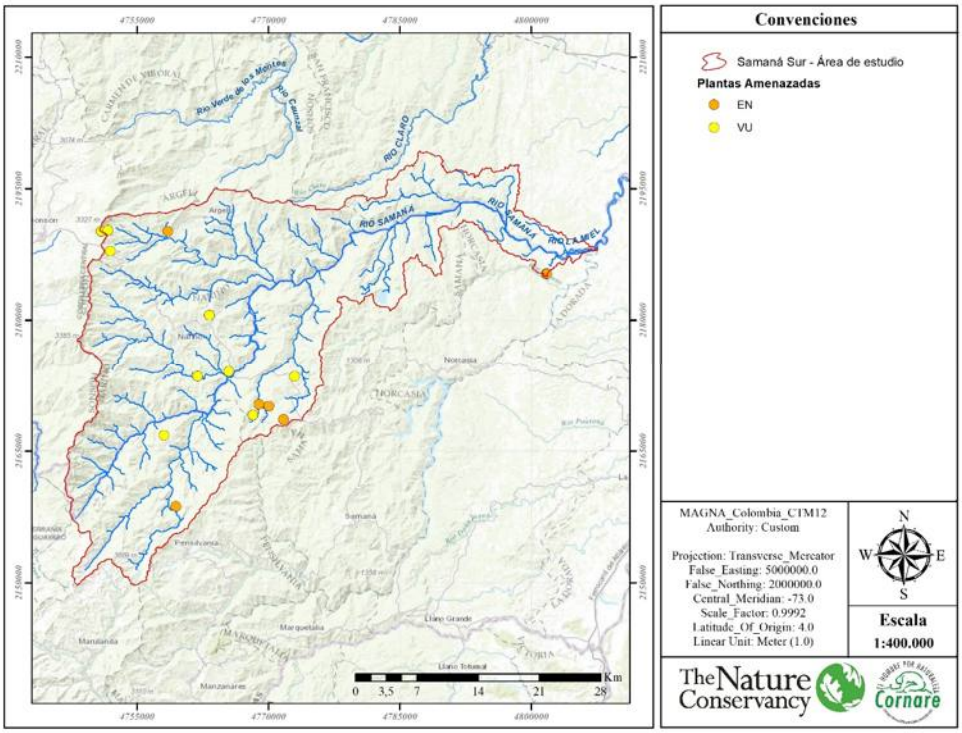
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

Flora

Con el fin de seleccionar las especies de flora con potencial de ser objetos de Conservación para la cuenca del río Samaná Norte, se identificaron aquellas especies de flora reportadas para la cuenca a partir de la base de datos que consolidó la información del GBIF y del POMCA, teniendo en cuenta las categorías ene amenaza de peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU), además de las especies endémica y los usos dado por las comunidades a determinadas especies de flora. Finalmente se identificaron aquellas especies de flora con alguno de estos grados de amenaza o endémicas que han sido reportadas en las áreas protegidas.

En la Figura 328 se puede observar la distribución de las especies de flora en las siguientes categorías de amenaza: en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerables (VU). En toral se identificaron 14 especies representadas por 28 registros, de las cuales 7 se encuentran en categoría vulnerable (VU) y 7 en peligro (EN) (Anexo - Fase II - 10 pestaña BD).

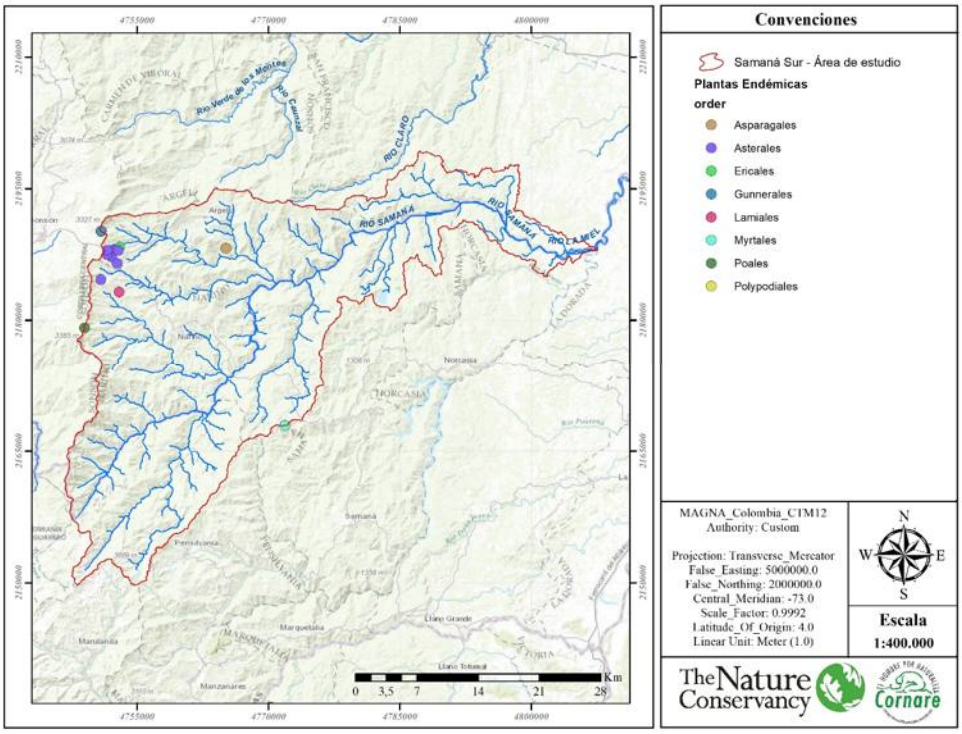
Figura 328. Distribución de las especies de flora en categoría de amenaza en peligro (EN) y vulnerables (VU), propuestas como objetos de conservación en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En cuanto a las especies endémicas reportadas para la cuenca de Samaná Sur, en la Figura 329 se puede observar la distribución de los órdenes a los que pertenecen las 12 especies de plantas objeto de conservación (Anexo - Fase II - 10 pestaña BD).

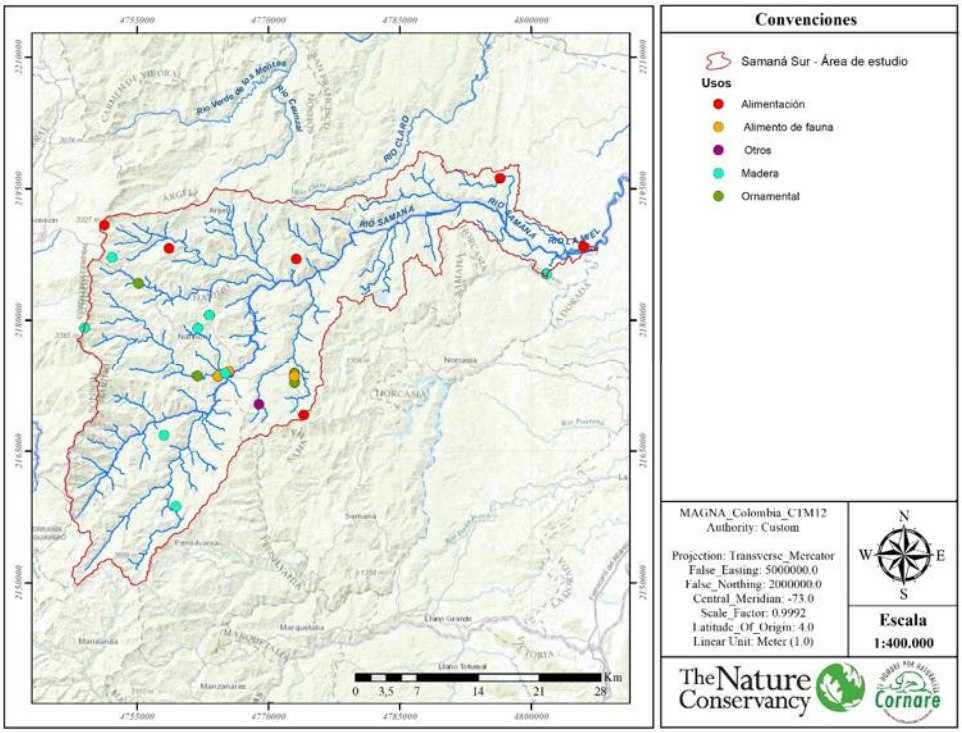
Figura 329. Distribución de las especies de flora endémicas en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

Referente a la distribución de las especies de flora que tienen algún uso por parte de la comunidad (Figura 330), se registran 37 en que en su mayoría (18 especies) presentan uso maderable, y en menor medida como fuente de alimento para las comunidades (10 especies), seguido por el uso ornamental (5 especies) (Anexo - Fase II - 10 pestaña BD).

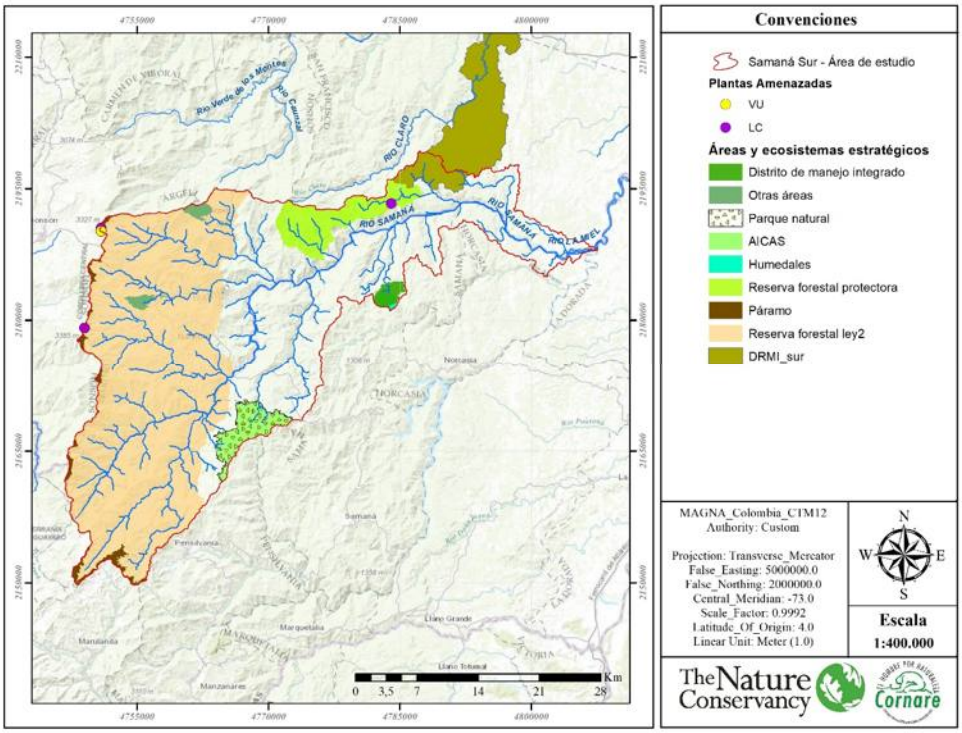
Figura 330. Distribución de las especies de flora endémicas en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

En cuanto a las especies potencialmente a ser objetos de conservación que han sido reportadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Sur y tienen algún grado de amenaza, se destaca el Páramo de Sonsón con la especie Greigia danielii, que se encuentra en categoría de Vulnerable (VU) (Figura 331).

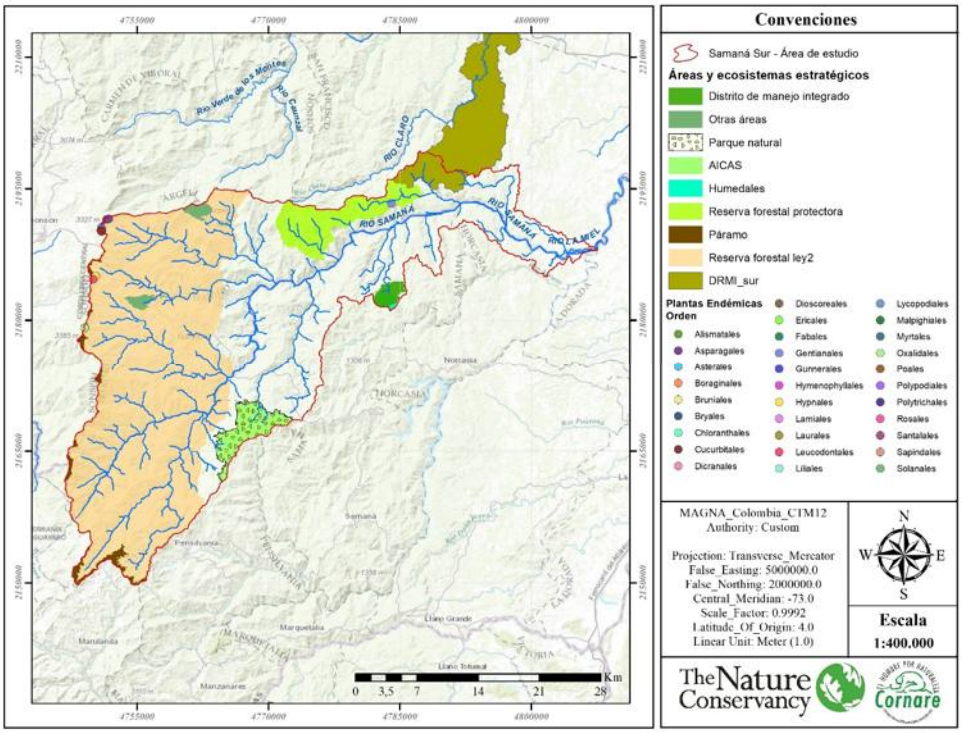
Figura 331. Distribución de las especies de flora en categorías de amenaza en las áreas de protegidas de la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En lo referente a la distribución de las especies de plantas endémicas reportadas en las áreas protegidas (Figura 332), se destacan 6 que son: Centropogon vittariifolius, Greigia danielii, Gunnera antioquensis, Guzmania danielii, Lellingeria militaris, Miconia antioquiensis, que se encuentran en el Páramo de Sonsón (Ver Anexo - Fase II - 10).

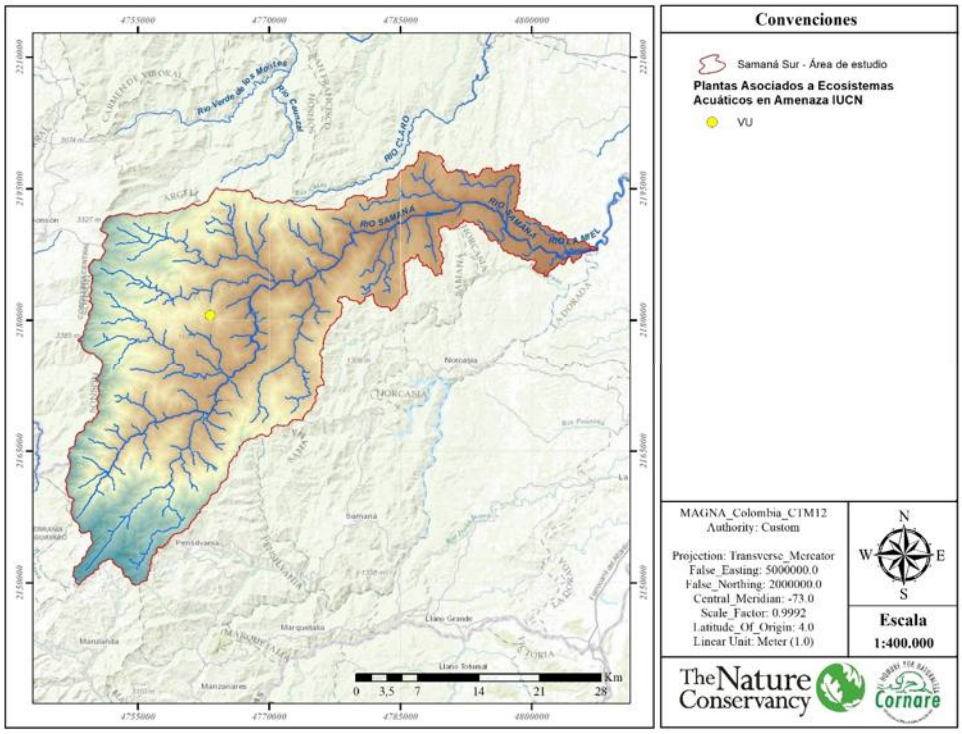
Figura 332. Distribución de las especies de flora endémicas en las áreas de protegidas de la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

El estado de amenaza en la conservación de las especies de plantas asociada a los ecosistemas acuáticos y riparia solo se encontró distribución para el cedro *Cedrela odorata* en la cuenca Samaná Sur en las quebradas La Paradera y en la quebrada Espíritu Santo (mi) (Figura 333). Según el reporte de plantas acuáticas del POMCA y el listado de especies introducidas a Colombia (Baptiste et al., 2020), se tienen las plantas riparias *Rumex obtusifolius, Gynerium sagittatum, Holcus lanatus, Hedychium coronarium, Momordica charantia*, además de plantas herbáceas tales como *Pteridium arachnoideum, Elaeis guineensis, Hyparrhenia rufa, Melinis minutiflora, "Taraxacum officinale, Leucaena leucocephala, Thunbergia alata, Ricinus communis, Eichhornia crassipes, Pteridium arachnoideum.* Según estos resultados, se debe evaluar la asociación de estas especies introducidas con las plantas de origen local, y su efecto en los ecosistemas riparios y acuáticos.

Figura 333. Distribución de las especies de las plantas asociadas a ecosistemas acuáticos en estado de amenaza vulnerables (VU) en la cuenca Samaná Sur

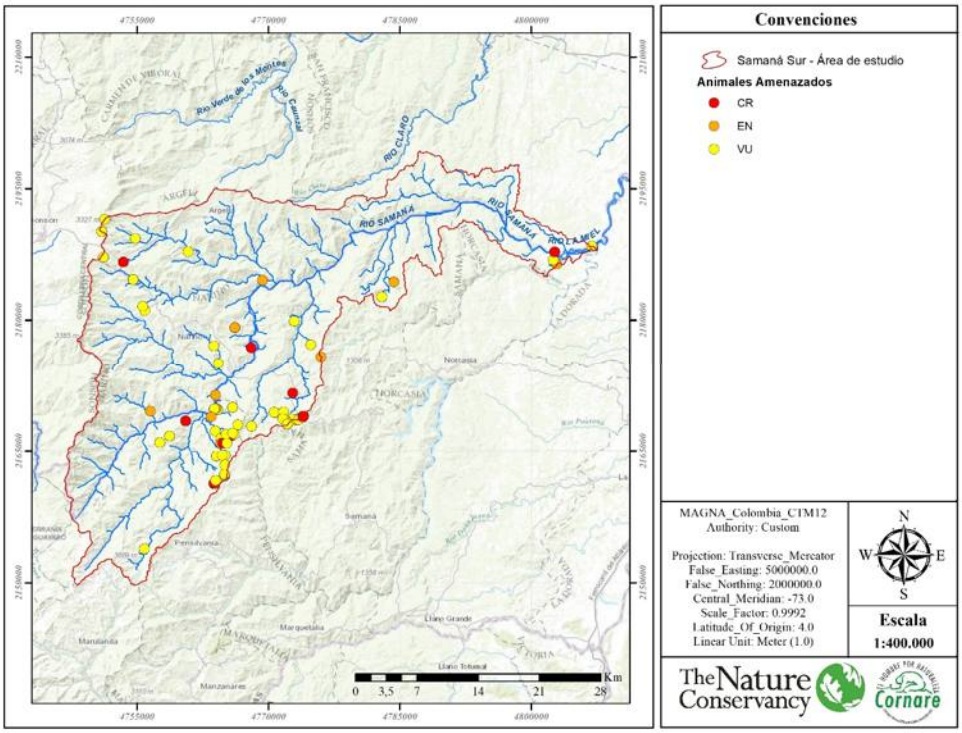


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

Fauna

Los animales objetos de conservación se seleccionaron según las categorías de (IUCN, 2021), según los criterios de selección para la definición de áreas claves de la conservación de especies dulceacuícolas propuestos por el Instituto Alexander Von Humboldt (C. Lasso & Córdoba, 2017) y lo propuesto en el marco técnico. Se encontró distribución para 40 especies de animales amenazados (Figura 334), de las cuales el pez capaz (Pimelodus grosskopfii), la rana de cristal (Centrolene geckoideum), 5 especies de ranas del género Pristimantis y el mono araña o marimonda (Ateles hybridus), se encuentran en peligro crítico. Entre las 7 especies en peligro (EN), se destacan la culebra andina (Synophis bicolor), la lagartija bombilla colombiana (Riama columbiana), la rana marsupial (Gastrotheca dendronastes) y el murciélago antioqueño (Saccopteryx antioquensis); y en estado vulnerable (VU) se registran 25 especies, entre las que se destacan los peces la dorada (Brycon moorei) y el pataló (Ichthyoelephas longirostris), la rana de chocolate antioqueña (Hyloscirtus antioquia), como también la guagua loba (Dinomys branickii), el tigrillo (Leopardus tigrinus) y el tití gris (Saguinus leucopus) (Anexo - Fase II - 10 pestaña BD).

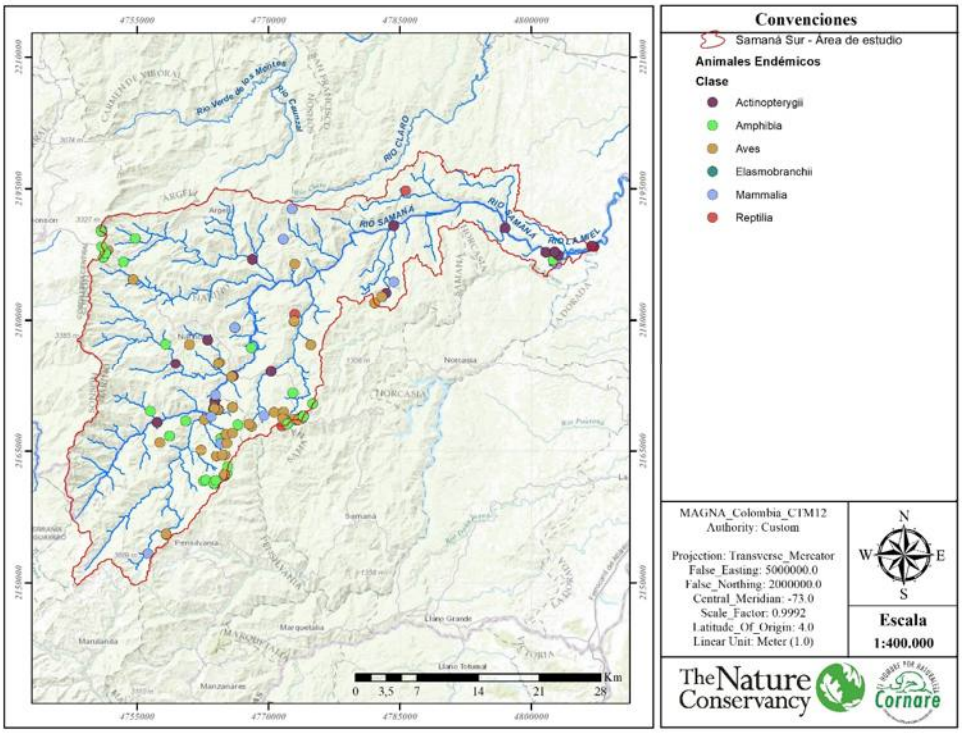
Figura 334. Distribución de las especies de animales en categorías de amenaza en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En lo referente a la distribución de las especies endémicas en la cuenca Samaná Sur, se encontraron 454 registros que representan 70 especies (Figura 335), de las cuales 27 especies son de peces, entre los que se destacan la sabaleta (Brycon henni), la sabaleta paloma (Brycon rubricauda), el comelón (Megaleporinus muyscorum), el nicuro (Pimelodus yuma) que son especies de importancia en la alimentación de las personas, y la raya de río (Potamotrygon magdalenae). En cuanto a los anfibios, se reportan 26 especies de las cuales una hace parte de las ranas venenosas (Andinobates daleswansoni) y la rana de cristal (Centrolene savagei)). De reptiles se registran 2 especies lagartijos (Anolis antonii y Anolis sulcifrons); en cuanto a las aves se reportan 9 especies endémicas entre las que se encuentran: la piranga hormiguera (Habia guturalis), el hormiguero (Cercomacra parkeri) y el tapaculo (Scytalopus stilesi). Y en cuanto a las especies de mamíferos endémicos, se registran 6 especies con distribución para la cuenca, de los cuales se destacan la musaraña (Cryptotis colombiana), la ardilla (Sciurus pucheranii) y el titi gris (Cebus versicolor y Saguinos leucopus). La cuenca NSS 3 con mayor presencia de especies endémicas fue Directos al Río Samaná Sur (md) con 20 especies representadas por 38 registros, seguido del Río Claro con 16 especies representadas por 68 registros (Anexo - Fase II - 10 pestaña BD).

Figura 335. Distribución espacial de las clases taxonómicas de las especies de animales endémicos reportadas para la cuenca Samaná Sur

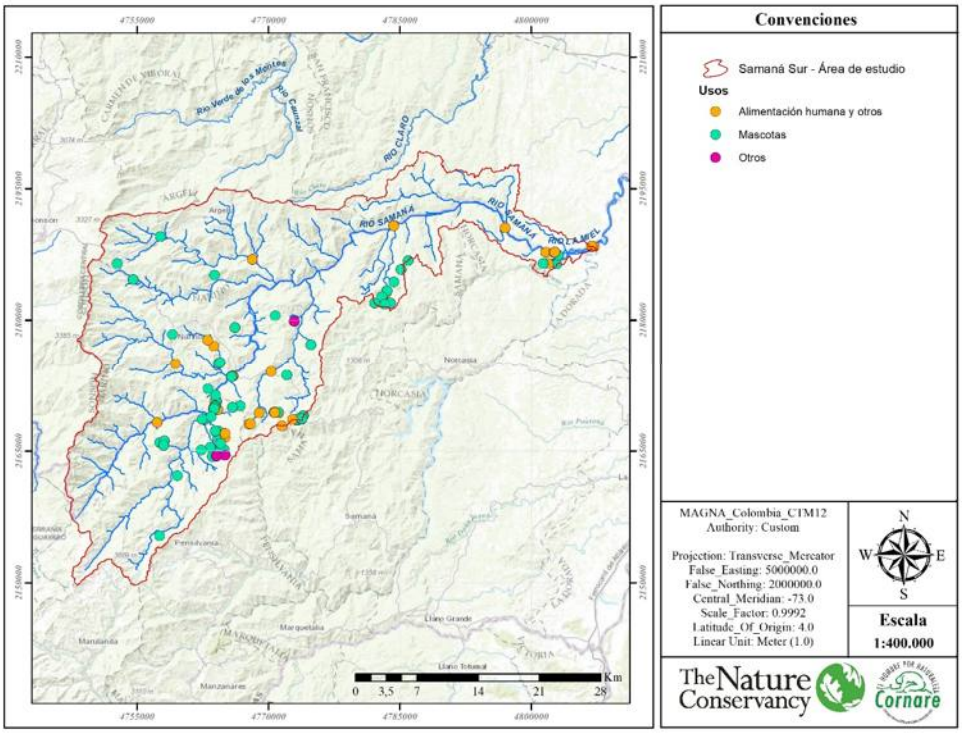


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

De las especies animales de las cuales se benefician las personas, se encontró distribución de 47 especies representadas por 653 registros (Figura 336), de las cuales 26 especies son peces entre los que se destacan el comelón (Megaleporinus muyscorum), la dorada (Brycon moorei), la picuda (Salminus affinis), el pataló (Ichthyoelephas longirostris), el nicuro (Pimeludus yuma) y el capaz (Pimelodus grosskopfii) como especies importantes para la alimentación humana y la pesca deportiva, el resto de las especies también son usadas como alimento y potencial ornamental. En cuanto a los reptiles, se reporta la víbora común (Cleia cleia) como mascota; entre las aves se encuentra la pava aburri (Aburria aburri) y las guacharacas (Ortalis guttata) aprovechadas para alimentación humana, y como mascotas esta la lora (Amazona amazónica) y el turpial montañero (Icterus chrysater), en total son 12 especies de aves que presentan usos tradicionales por partes de las comunidades, pero no se pude olvidar que la actividad de avistamiento de aves cada vez toma más fuerza, implicando que todas las especies de aves sean potenciales objetos de conservación. En cuanto a los mamíferos, se reportan especies con aprovechamiento pata alimentos, mascotas y medicinas, tal es el caso del armadillo o gurre (Dasypus novemcinctus) utilizado como alimento y medicinal, la guagua (Cuniculus paca) como recurso alimenticio, al igual que la tatabra (Pecari tajacu), el ñeque (Dasyprocta punctata) y la guagua loba (Dinomys branickii), como mascotas se reportan el titi gris (Saguinus leucopus); otro mamífero llamativo para las personas en la nutria (Lontra longicaudis), la cual ha sido aprovechada como alimento, pieles y mascotas. La cuenca NSS 3 donde se reporta la mayor cantidad de especies aprovechadas por las personas es el Directos al

Río Samaná Sur (md) con 22 especies y 59 registros, seguida por la quebrada La Laguna con 18 especies y 107 registros (Anexo - Fase II - 10 pestaña BD).

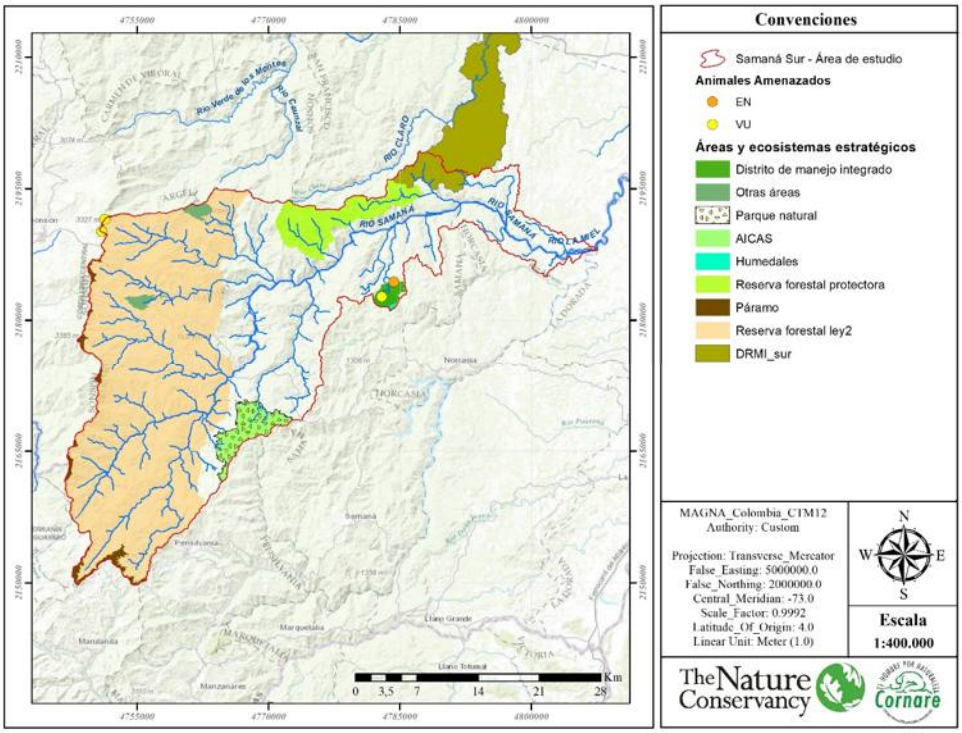
Figura 336. Distribución de las especies de animales para los cuales se reportan usos en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org (2021)

La distribución de las especies amenazadas en las áreas protegidas, reportan 4 especies en estado vulnerable (VU) representadas por 15 registros. En el DRMI Laguna de San Diego se reportó el ave torito dorsiblanco (Capito hypoleucus) y el titi gris (Saguinos leucopus), mientras que en el páramo de Sonsón se registró a la rana de cristal (Centrolene buckleyi) y la rana ladrona de boquerón (Niceforonia latens) (Anexo - Fase II - 10 pestaña BD).

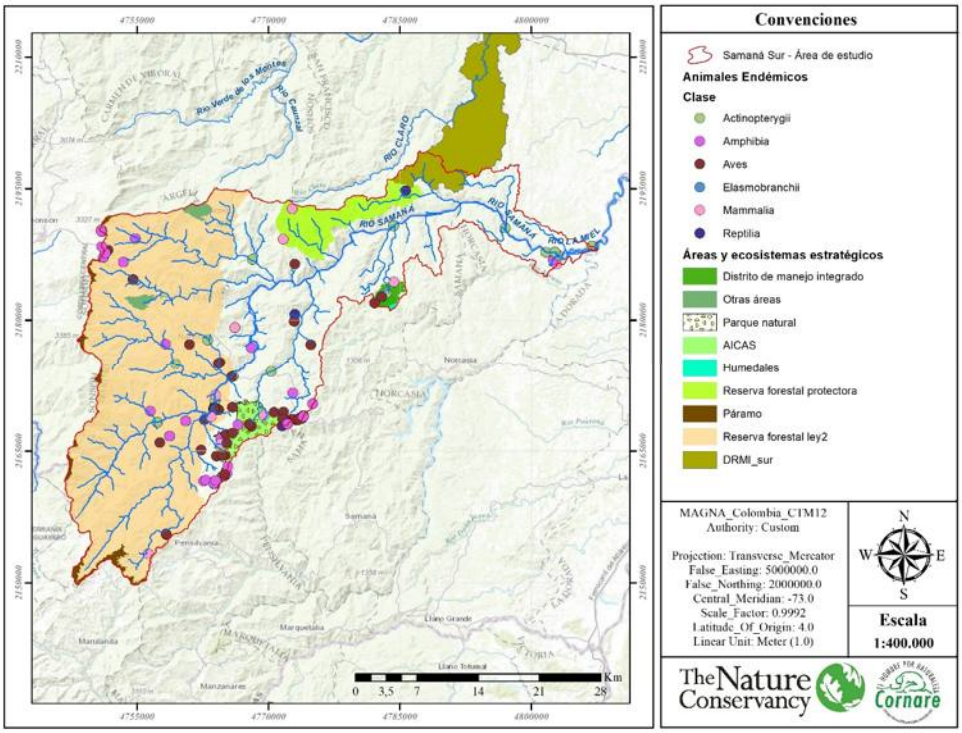
Figura 337. Distribución de las especies de animales amenazadas en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En cuanto a la distribución de las especies endémicas en las áreas protegidas, se encontró distribución de 12 especies representadas por 24 registros (Figura 338), de las cuales una es un pez llamado capitán o negro (Astroblepus homodon), 3 son anfibios con varias especies del género Pristimantis, 3 son aves como el torito dorsiblanco (Capito hypoleucus), la había ceniza (Habia gutturalis) y el carpintero bonito (Melanerpes pulcher), una especie de lagartija (Anolis antonii), y 4 especies de mamíferos entre los que se destaca el titi gris (Saguinos leucopus), la musaraña colombiana (Cryptotis colombiana) y la ardilla andina (Sciurus pucheranii). La mayor cantidad de registros se distribuyen en la reserva forestal propuesta en la ley 2, donde el páramo de Sonsón se sobrepone y para el cual registran 4 especies.

Figura 338. Distribución de las especies de animales endémicos en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021)

A continuación, se mencionan las especies de peces que realizan recorridos importantes para la pesca de los pobladores de esta región del Magdalena con distribución en la cunca del río Samaná Sur y las cuales deben ser relevantes para la conservación de la cuenca por su importancia socioeconómica y cultural. Se reportan especies de peces con registro de migraciones cortas es decir que los desplazamientos son locales menores de 100 km de recorrido tales como el comelón *Megaleporinus muyscorum*, la vizcaína *Curimata mivartii*. Las especies que realizan recorridos medios cuyos desplazamientos están entre 100 - 500 km de recorridos y las cuales se distribuyen en la cuenca del río Samaná Sur son: la dorada *Brycon moorei*, la picuda *Salminus affinis*, el bocachico *Prochilodus magdalenae*, el capaz *Pimelodus grosskopfii*, el nicuro *Pimelodus yuma* (Figura 339)

Figura 339. Registro fotográfico de algunas especies de peces que realizan migraciones para su reproducción e importante recurso pesquero con distribución en la cuenca del Samaná Sur



Brycon moorei



Brycon rubricauda



Prochilodus magdalenae

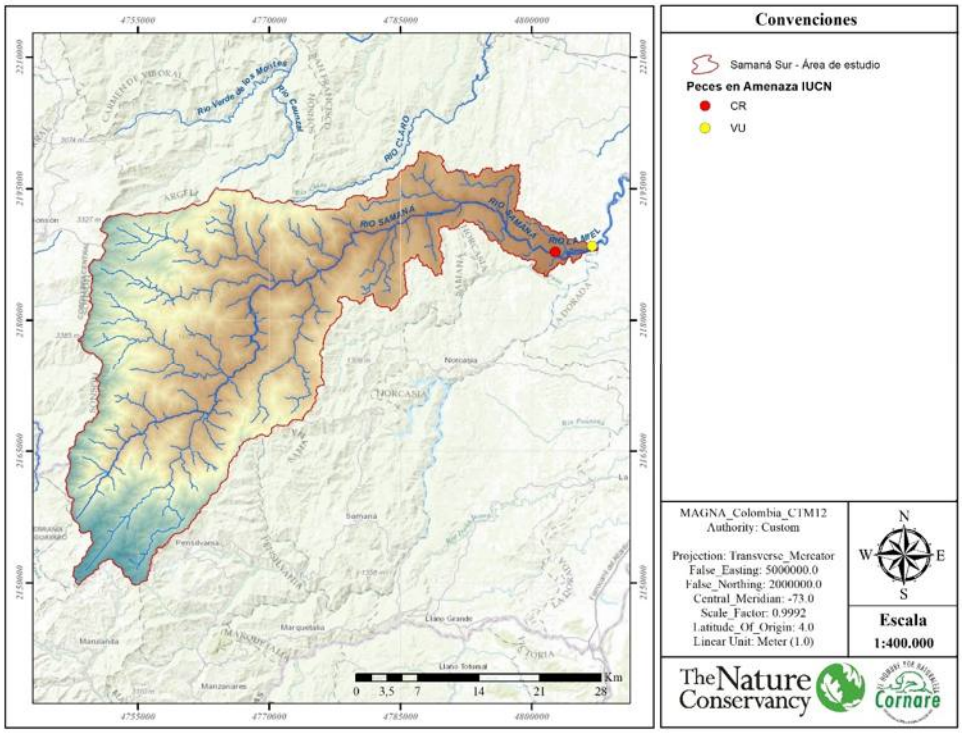


Pimelodus yuma

Fuente: Juan Guillermo Ospina y The Conservancy (2019)

Según las 65 especies de peces reportados para la cuenca Samaná Sur, se reportan 55 en categoría de amenaza de conservación para la cuenca Magdalena Cauca, de las cuales el capaz (*Pimelodus grosskopfii*) está en peligro crítico (CR), las especies *Cynopotamus magdalenae, Curimata mivartii y Panaque cochliodon* como así amenazadas (NT), la dorada (*Brycon moorei*), y el pataló (*Ichthyoelephas longirostris*) y el comelón (*Megaleporinus muyscorum*)en categoría vulnerables (VU), y 48 especies se encuentran en la categoría preocupación menor (LC) (Anexo - Fase II - 10 pestaña P4). Resultados que sugieren que para la mayoría de las especies reportadas en la cuenca existe información sobre su estado de conservación, las especies restantes cuentan con datos insuficientes y en general corresponden a especies endémicas, con baja frecuencia de captura, que han sido recientemente descritas o que habitan en sistemas acuáticos poco explorados de esta región. Por lo tanto, son especies con información limitada sobre su distribución, ecología, tendencia poblacional y las amenazas que podrían estar experimentando. Esta situación dificulta la generación de estrategias para la conservación de los sistemas acuáticos en la región del Magdalena (S López Casas et al., 2016). En cuanto a la distribución de los peces amenazados con los que se cuenta georreferenciación geográfica, se reportan en categoría de amenaza vulnerable (VU) a la dorada (*Brycon moorei*) y pataló (*Ichthyoelephas longirostris*), y en peligro crítico (CR) al capaz (*Pimelodus grosskopfii*) las tres especies con distribución en la subcuenca NSS 3 directos al Río Samaná Sur (md) (Figura 340).

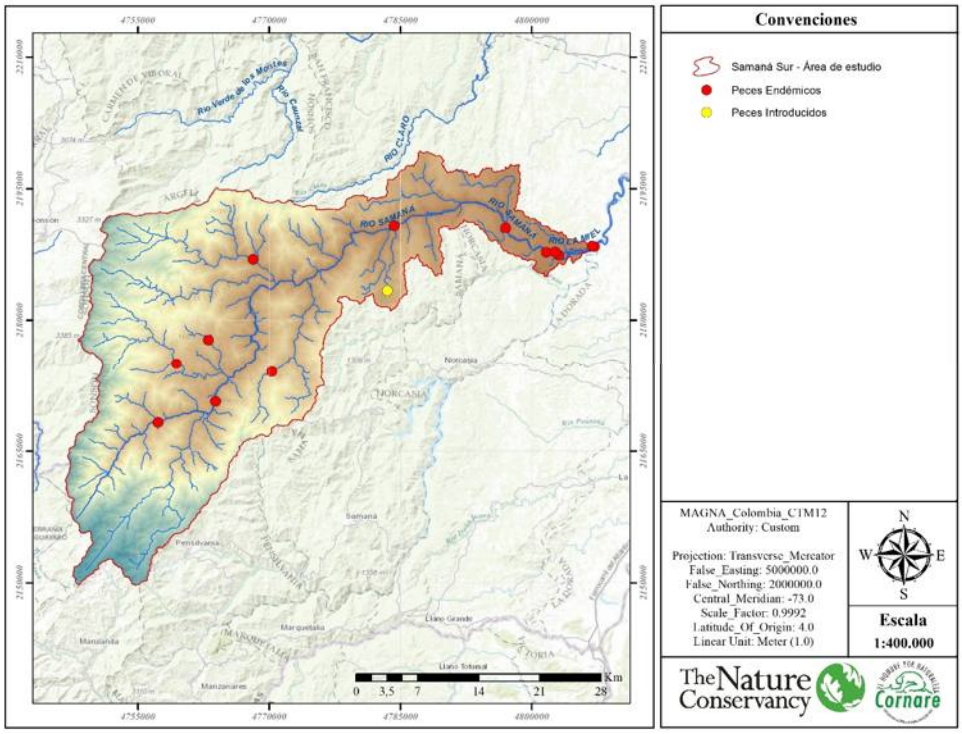
Figura 340. Distribución de las especies de peces en categorías de amenaza en vulnerables (VU y (CR) en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* - IUCN (2021)

En la cuenca Samaná Sur se pueden encontrar cerca del 17,8% de las especies de peces endémicas reportadas con distribución en la cuenca del río Magdalena – Cauca (233 especies, 158 endémicas) (C. A. Lasso et al., 2020). Indicativo que en esta cuenca del Samaná Sur es de gran importancia para generar estrategias de conservación en el Magdalena medio, ya que las especies que se distribuyen en esta cuenca tienen características biológicas únicas para llevar a cabo su historia natural de vida, las cuales se encuentran en hábitats muy específicos, y con su protección se preservarían todos los servicios ecosistémicos que generan los peces en la región del oriente de Antioquia, que cada vez son más amenazados por las actividades económicas (Valderrama et al., 2020). En cuanto los registros georreferenciados, se encontró distribución para 27 especies pertenecientes a 15 familias, siendo las familias Characidae y Loricariidae las que mayor endemismo presentaron con 7 y 3 especies respectivamente (Figura 325).

Figura 341. Distribución de las especies endémicas e introducidas en la cuenca Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), de la información de *Global Biodiversity Facility Information - GBIF.Org* (2021) y DoNascimiento et al. (2020)

Asimismo, se presenta la información obtenida en los talleres realizados en la salida de campo de la semana del 4 al 6 de mayo de 2021, en las veredas El Recreo y Puente Linda del municipio de Nariño y en la cabecera municipal de Argelia en jurisdicción de la Cuenca del río Samaná Sur, se identificaron algunos objetos de conservación con los participantes de los talleres, asimismo, fue posible entender la importancia de dichos objetos y las amenazas para su conservación y protección. A continuación, se presenta la información recolectada en la vereda El Recreo.

Tabla 151. Identificación de los objetos de conservación vereda El Recreo

Objeto de conservación	Nombre del Objeto	Estado de salud	Servicios ecosistémicos	Amenaza
Quebrada	La Aguada		Aprovisionamiento	Recibe vertimientos por actividad ganadera (heces)
Quebrada	El Oso			
Quebrada	El Espíritu Santo		Recreativo Paisajística	Microcentrales hidroeléctricas Que grandes empresas lleguen a explotar los recursos a futuro
Caverna	Indígena	Bueno	Cultural Atractivo turístico	
Nacimientos	Sin nombre	Buena	Aprovisionamiento	No conservar

Objeto de conservación	Nombre del Objeto	Estado de salud	Servicios ecosistémicos	Amenaza
Cerro	Sin nombre – Nacimiento de La aguada	Buena		No hay un instrumento obligatorio para su protección
Árbol	Espadero	Malo		Plaga - hongo

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 152 se presenta la recolección de información del taller realizado con los habitantes de Puente Linda del municipio de Nariño, con la identificación de objetos de conservación, estado de salud, servicios ecosistémicos asociados y las amenazas frente a la conservación y protección.

Tabla 152. Identificación de los objetos de conservación vereda Puente Linda

Objeto de conservación	Nombre del Objeto	Estado de salud	Servicios ecosistémicos	Amenazas
Quebrada	Sin Nombre	Regular	Aprovisionamiento. Surte el acueducto	Alta intervención en la cobertura Contaminación/presencia de ganado Fumigación de rastrojos Inadecuado manejo de pozos sépticos
Quebrada	Marmato		Aprovisionamiento. Surte el acueducto	Inadecuado manejo de pozos sépticos
Nacimientos	Sin nombre		Aprovisionamiento	Inadecuado manejo de pozos sépticos
Cerro	Morro Azul		Nace el agua de la quebrada sin nombre que surte el acueducto	
Rio	Samaná Sur		Aprovisionamiento para comunidades aguas abajo	Tala en las riveras para potrerizar Inadecuado manejo de pozos sépticos Piscícolas en Pueblo Nuevo sin sistemas de tratamiento de aguas
Fauna	Terrestre y acuática			Caza indiscriminada Arponeo

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 153 se presenta la recolección de información del taller realizado con los habitantes de Puente Linda del municipio de Nariño, con la identificación de objetos de conservación, estado de salud, servicios ecosistémicos asociados y las amenazas frente a la conservación y protección.

Tabla 153. Identificación de los objetos de conservación municipio de Argelia

Objeto de conservación	Nombre del Objeto	Estado de salud	Servicios ecosistémicos	Amenaza
Cuchillas	El Tigre, El Calón y La Osa	Regular	Aprovisionamiento de agua Oferta paisajística	Tala- establecimiento de potreros (consecuencia de presencia de ganado) y explotación de maderables Minería en vereda Guadualito Cultivos ilícitos
Quebrada	La Pique	Malo	Aprovisionamiento de agua Oferta turística	Contaminación de la fuente por minería ilegal
Zona de Páramo	Vereda Primavera, San Pablo, San Luis, Guamaral, La Plata, El Oro, San Juan	Regular	Regulación y soporte de ecosistemas. Oferta turística Aprovisionamiento de Agua	Tala de árboles y minería de oro Quema de cobertura vegetal
Fauna	Tigrillo, Juaguar, Oso perezoso, armadillo,	Regular	Regulación y soporte de los ecosistemas.	Cacería, tala de árboles, fragmentación del bosque

Objeto de conservación	Nombre del Objeto	Estado de salud	Servicios ecosistémicos	Amenaza
	Zarigüeya, ardilla, Guatín			
Río	La Paloma	Buena	Aprovisionamiento de agua Oferta turística. Minería de subsistencia. Pesca de autoconsumo	Prospectiva de Micro centrales eléctricas que amenazan la provisión y sostenimiento del agua. Minería ilegal
Río	Negrito	Buena	Aprovisionamiento de agua Oferta turística. Minería de subsistencia. Pesca de autoconsumo	Prospectiva de Micro centrales eléctricas que amenazan la provisión y sostenimiento del agua. Minería ilegal
Quebrada	La Narvaez	Regular	Aprovisionamiento de agua Oferta turística.	Minería Ilegal
Quebrada	Llanadas	Buena	cuenca abastecedora del acueducto municipal	A partir de la vereda Tabanelas hay contaminación de la fuente por disposición de aguas residuales
Quebrada	La Arenosa	Malo		Descarga de aguas residuales
Quebrada	San Andrés	Regular	Oferta turística	Contaminación de las fuentes por minería ilegal contaminación por turismo irregular Descarga de Aguas Residuales
Río	La Mina	Regular	Oferta turística	Contaminación de las fuentes por minería ilegal contaminación por turismo irregular Descarga de Aguas Residuales

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Culturales

<u>Turismo</u>

Los Objetos de Conservación asociados al turismo podrían ser aquellos sitios o lugares que fueron reportados en el numeral 8.4.2.10 Economía Local; en el apartado sobre Actividades Turísticas para la cuenca de Samaná Sur; allí se referencian 5 sitios turísticos en el municipio de Argelia que podrían ser Objetos de Conservación. Para el municipio de Nariño se identificaron 81 sitios turísticos que se encuentran identificados en la Tabla 130 Puntos turísticos Cuenca del río Samaná Sur y que se asocian a turismo cultural, religioso, de naturaleza, de aventura y en agroturismo. Estos últimos sitios se encuentran referenciados en el mapa de la Figura 234 Sitios turísticos Cuenca Samaná Sur (se presenta en el capítulo de Análisis Situacional de la Cuenca del río Samaná Sur).

Además, se proponen también como Objetos de Conservación asociados al turismo, 6 sitios turísticos y rutas deportivas en la margen derecha del río Samaná Sur, correspondiente a los municipios de Pensilvania, Samaná y Norcasia del Departamento de Caldas.

10.2.2 *Atributos ecológicos clave (KEA)*

La migración de peces es considerada un atributo ecológico clave para los ecosistemas acuáticos de la Cuenca Samaná Sur, esto se debe a la necesidad fisiológica que tienen los peces de remontar los ríos para su reproducción, lo cual es aprovechado por la región como fuente de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de alimento para las personas, como por las demás especies de animales que aprovechan los peces como fuente nutritiva para el sostenimiento de la vida.

Un trabajo de marcaje recaptura realizado en las escaleras de peces de la presa Igarapé en el río Paraopeba de Brasil, reporta una proporción de recaptura de 5,75% durante 5 años, presentando áreas de vida para piau-verdadeiro (*Leporinus obtusidens*) de 15,4 Km, para mandi-amarelo

(*Pimelodus maculatus*) de 81,5 Km y para curimatá-pioa (*Prochilodus costatus*) de 232 km (Mascarenahas Alves, 2007). En el río Magdalena Colombia, López Casas et al. (2016) reporta una proporción de recaptura de 2,1% (9299 peces marcados de 13 especies) durante abril del 2010 a febrero del 2011, presentando un promedio de velocidad para todas las especies de 2,9 Km/día y áreas de vida para el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) de 1224 Km (rango de velocidad entre 0 a 55,6 km/día), para comelón (*Megaleporinus muyscorum*) de 198,6 Km (rango de velocidad entre 0,17 a 5,1 Km/día) y para vizcaína (*Curimata mivartii*) de 10,9 km (0,3 Km/día) (Antonio et al., 2007). En otro trabajo llamado, "Bloqueo de rutas de migración por construcción de presas: ¿pueden los peces migratorios encontrar rutas alternativas?", encontraron una proporción de recaptura del 2,85% (6604 peces marcados pertenecientes a 14 especies), los cuales fueron recapturados entre 1994 y 1999, de los cuales 131 (1,98%) fueron recapturados en los primeros 300 días y presentaron una velocidad promedio de 1,01km/día.

Dentro de los rangos de velocidad que pueden alcanzar los peces se tienen tres categorías: la sostenida que consiste en mantener un rango de velocidad durante 200 minutos, otra categoría es la de ráfaga que implica movimientos rápidos de corta duración menores a 20 minutos que involucran procesos anaeróbicos, y por último la categoría llamada prolongada que consiste en un espectro de velocidades entre las categorías de sostenida y ráfaga. En cuanto a las diferencias entre las velocidades de algunas especies de peces, varios estimaron en laboratorio rangos de velocidad prolongada para *Leporinus reinhardti* (4,03 a 6,05 Km/h), *Prochilodus costatus* (4,18 a 5,76 Km/h) y *Pimelodus maculatus* (3,42 a 4,43 Km/h) siendo esta la única especie que siguió con velocidad prolongada después de los 200 minutos investigadores (Andrade et al., 2012).

10.2.3 *Amenazas a los atributos ecológicos clave*

En el documento presentado por parte de The Nature Conservancy (TNC) a la Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA) sobre el piloto de evaluación de impactos acumulativos del sector hidroeléctrico sobre la cueca Magdalena, se comenta que debido a la fragmentación de la red fluvial por 35 proyectos hidroeléctricos en operación, el área de distribución de los peces de interés comercial se redujo en un 8%, siendo notable la pérdida de hábitats para estas especies por la entrada en operación de Betania, El Quimbo y Sogamoso. En términos de riqueza de especies esto implica que los kilómetros de ríos que tenían una riqueza baja y media disminuyeron, generándose un empobrecimiento en el número de especies en diferentes tramos de la cuenca alta y media principalmente, sino que también se ocasionó la pérdida de especies comerciales y migratorias en una parte importante de la red fluvial (TNC, 2017). Esto sumado a la necesidad de ajustar los modelos con la ubicación adecuada de las barreras naturales de distribución de las especies migratorias y de interés pesquero, amenaza aún servicio ecosistémico que soporta la reproducción de los peces de mayor valor de conservación no en la cuenca macrocuenca del río Magdalena (López et al., 2018).

La cuenca Samaná Sur hace parte de la cuenca del río Miel, en la cual existen obras de infraestructura como los trasvases del río Guarnió y el trasvase del río Manso que aportan caudal al río la Miel para ser embalsado con fines hidroeléctricos (embalse Amani). Se conocen también estudios de impacto ambiental para el desarrollo hidroeléctrico de pequeñas centrales hidroeléctricas (potencia instalada menor a 10 MW), sobre el río Paloma (PCH Paloma III y PCH Paloma IV) y el río Sirgua (PCH Sirgua Alto, PCH Sirgua Bajo), ambos ríos importantes afluentes del Samaná Sur Si estas fragmentaciones fluviales se llevaran a cabo traería consigo la modificación de

aspectos ambientales que influyen en el desarrollo de las historias de vida de las especies de peces locales, así como la irrupción de las rutas migratorias que los peces utilizan para llevar a cabo su reproducción, promoviendo en ambos casos la reducción de las poblaciones naturales de especies endémicas que son importantes como recurso pesquero (Carvajal Quintero et al., 2017), también ejercen disminución de los sedimentos y nutrientes necesarios para el desarrollo de la vida en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados a la cuenca del río Magdalena (H Angarita et al., 2020). Además, estos proyectos dan lugar a un proceso de transformación en los modos de vida de los habitantes, en su economía, en las relaciones sociales y en la cultura (Valderrama et al., 2020).

Las especies de gran tamaño (> 30 cm de longitud) que realizan migraciones para llegar a cabo su reproducción son ejemplo de su importancia en las actividades socioeconómicas de la cuenca, y varias de estas especies se encuentran en alguna categoría de amenaza de extinción por diferentes factores que enfrentan los peces en los ecosistemas acuáticos de la cuenca del río Magdalena, debido a que múltiples cuerpos de agua están enfrentando procesos de transformación como resultado de las actividades humanas que se desarrollan alrededor, tales como, las economías basadas en ganadería extensiva y agricultura, extracción de minerales sin regulaciones, generación de energía hidroeléctrica, así como el uso de los peces como recurso proteico (incluyendo el cultivo de especies introducidas) (S López Casas et al., 2016). Los efectos de estas actividades sobre los ecosistemas acuáticos de la región del Magdalena son diversos, lo que no solo afecta de forma negativa la calidad del agua para el consumo humano, sino también la dinámica natural del río y con ello la pérdida de la biota natural asociada al ecosistema (H Angarita et al., 2020). Estos efectos son producto del desconocimiento de la importancia ambiental y los servicios socioeconómicos que prestan los ecosistemas acuáticos (Valderrama et al., 2020).

Las migraciones de peces en la cuenca Samaná Sur se han tratado de describir con los estudios realizados por empresas consultoras para los proyectos hidroeléctricos y definen las metodologías según los requerimientos ambientales que en la mayoría de los casos se enfocan hacia las áreas de influencias directa, aislando esa zona del sistema hídrico sin una correcta distribución y metodologías de muestreo, en lo que refiere a la periodicidad, la distribución de los puntos de muestreo y a la identificación del ictioplancton. En el caso de los recorridos realizados por los peces, el uso de marcas externas para el estudio de las migraciones de peces presenta la ventaja de que son económicas, fáciles y rápidas para sujetar al pez, también permiten individualizar los peces, fáciles de detectar y permiten ser reportadas por cualquier persona ya que no se necesita de equipos de detección (Thorsteinsson, 2002); pero también tiene grandes desventajas como la subestimación de los movimientos que realizan los peces, los cuales se ven influenciados por los bajos reportes de recaptura, llevando a inferir los patrones migratorios con la información de los peces recapturados y no se tienen en cuenta los peces faltantes que: pudieron haber muerto, perdido la marca, o migrado más allá de los límites de muestreo, o que simplemente no fueron reportados por los pescadores (Lucas & Baras, 2001)recomiendan aprovechar las ventajas de la información genómica y morfológica, como en los trabajos de genética en poblaciones de las especies donde se puede encontrar estructuración genética en las poblaciones de peces que migran en la cuenca del río Magdalena como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (Fontalvo et al., 2018), deduciendo áreas de vida para la vizcaína (*Curimata mivartii*) de 350 Km (Landinez García & Márquez, 2018), proponiéndola como una especie de migración mediana (MM).

Las actividades socioeconómicas como la ganadería y agricultura extensiva son llevadas a cabo en la cuenca, además se evidencia la tala de bosques para llevar a cabo dichas actividades económicas,

lo que ocasiona la perdida de vegetación asociadas a las laderas y su posible erosión, además de los vertimientos agroquímicos para una mayor producción y llegando estos a los ríos por medio de escorrentía. Estas actividades económicas sumadas a los vertimientos domésticos e industriales de los asentamientos humanos que se registran en la cuenca ejercen un efecto acumulativo en la calidad, diversidad de hábitat y en el recurso agua, poniendo en un mayor riesgo la dinámica natural del río y con ello la pérdida de la biota natural asociada al ecosistema (Gutiérrez Moreno & De la Parra Guerra, 2020).

En la cuenca del Magdalena se ha evidenciado que la sobrepesca de las especies nativas comerciales particularmente durante su migración ha provocado descenso de sus poblaciones, sin tener un control sobre el ordenamiento pesquero y el cumplimiento de las regulaciones (S. Hernández et al., 2020) (Valderrama et al., 2020). Estas actividades influyen en las poblaciones de peces que se distribuyen en la cuenca del Samaná Norte, y por ende en las actividades socioeconómicas y culturales alrededor de las especies que son utilizadas como recurso pesquero. Se ha reportado que en algunos casos las especies nativas no cumplen con las demandas e intereses socioeconómicos para el sostenimiento de las pesquerías, donde el uso y cultivo de especies no nativas que son importantes comercialmente son más llamativas y está en aumento llevando a cambios culturales y económicas en la región del Magdalena , como es el caso de las tilapias (C. *rendalli*, y especies del género *Orechromis*), y en las zonas mayores a 2000 m de elevación la trucha arcoíris y trucha Bass (*Oncorhynchus mykiss* y *Micropterus salmoides*) esto parece suplir la demanda de proteína para algunos pobladores de la región. Las actividades de introducción de especies no nativas aún no tienen un control efectivo, es posible que en los sistemas de granjas se lleve a cabo con toda la reglamentación, pero en los sistemas naturales muchas veces se desconocen las interacciones de los ejemplares de las especies introducidas en el ecosistema (C. A. Lasso et al., 2020) .

La introducción de las especies de peces no nativas en la cuenca del Magdalena-Cauca, es cada vez más reconocida como un importante contribuyente a la amenaza de extinción de especies (Lasso, y otros, 2020). Son dos las especies no nativas reportadas en la cuenca del Samaná sur, algunas de ellas usadas como recurso pesquero como el caso de las tilapias *Coptodon rendalli*, y especies del género *Orechromis.* La introducción de especies de carácter invasor es un factor que se une y combina con la pérdida y fragmentación del hábitat, alteración hidrológica, el cambio climático, la sobreexplotación y la contaminación (Cucherousset & Olden, 2011), esta situación aumenta el gran interés de conocer los aspectos ecológicos de estas especies, que permitan proponer recomendaciones y oportunidades para el control y manejo de estas en los sistemas acuáticos de la cuenca.

La actividad de extracción de oro en los ríos y quebradas es también recurrente en la cuenca del Samaná Sur, tanto artesanal como con el uso de dragas y motobombas. Actividad que en la cuenca el Magdalena ha ocasionado una problemática ambiental, en un complejo de discusiones sociales, económicas, políticas y de salud, además de estar también en un contexto de conflicto armado del país. En la mayoría de las ocasiones en la cuenca del Samaná Sur quienes realizan la extracción son los pobladores ribereños quienes lo hacen de forma artesanal y han utilizado dicha actividad para la manutención de sus familias, donde las actividades económicas son limitadas (Güiza & Aristizábal, 2013). Aunque la extracción se da forma artesanal, en algunas ocasiones trae consigo la mayor fuente intencional de desechos tóxicos al ecosistema por el uso indebido del mercurio (Cordy et al., 2011). Se ha reportado que los ejemplares de peces en el Magdalena tienen la capacidad de

almacenar en su organismo una concentración mayor de estos compuestos tóxicos (Mancera Rodríguez & Álvarez León, 2006) esto implica que su consumo se puede convertir en un problema de salud para las poblaciones humanas que se alimentan de este recurso (O. García et al., 2015). La adopción de nuevas tecnologías para la extracción de oro aún es incipiente, y esta debe de estar acompañada de una administración estatal para que promueva la minimización de los efectos hacia los ecosistemas acuáticos, su biota asociada y en la interacción con la sociedad (S. Hernández et al., 2020).

Capítulo 11. Descripción de proyectos hidroeléctricos identificados para la evaluación de sostenibilidad

En este capítulo se presenta la descripción de los proyectos hidroeléctricos identificados para las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, los cuales se encuentran en diferentes estados de desarrollo, tales como, en operación, en construcción, con licencia ambiental y concesión, en trámite de licencia ambiental, con Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) aprobada y/o en solicitud y las que se encuentra en solicitud de estudio. La identificación de los proyectos hidroeléctricos fue posible de acuerdo con la información suministrada por las Corporaciones Ambientales Regionales CORANARE y CORPOCALDAS y de acuerdo con información disponible de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-.

La identificación y descripción de los proyectos hace parte de los escenarios de análisis para la evaluación del índice de Sostenibilidad de acuerdo con los indicadores de las dimensiones ambiental, económica y social descritos anteriormente. Es importante tener en cuenta que el objetivo describir los escenarios es generar una orientación con respecto a un desarrollo futuro través de una observación de ciertos factores clave relevantes en un sistema (Kosow & Gaßner, 2008).

Es de resaltar que un escenario constituye una secuencia hipotética de eventos construidos con el propósito de centrar la atención en los procesos causales y las decisiones puntuales (Moore, 1968), por lo que el objetivo detrás de los escenarios es generar una orientación con respecto a un desarrollo futuro través de una observación de ciertos factores clave relevantes en un sistemas (Kosow & Gaßner, 2008).

En el proceso de construcción de un escenario, se debe prestar atención al hecho de que los escenarios no tienen que reclamar la realidad y, por lo tanto, no necesariamente deben proporcionar un conocimiento "verdadero" del futuro; más bien, simplemente un escenario debe proporcionar una construcción **hipotética** de futuros posibles sobre la base del conocimiento adquirido en el presente y el pasado (Kosow & Gaßner, 2008).

En este sentido, se identificaron un total de 54 proyectos hidroeléctricos en diferentes estados de desarrollo al interior de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, los cuales se describen a continuación (ver Anexo - Fase II - 12 y Anexo - Fase II - 13).

11.1 Cuenca del río Samaná Norte

Los escenarios planteados en el marco del actual proyecto consideran proyectos hidroenergéticos en diferentes estados legales ante la autoridad ambiental como lo son proyectos en operación, en construcción, (licencia ambiental o Concesión de agua), (Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o Tramite de licencia) y (Diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes), potenciales solicitudes (Licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos). De acuerdo con lo anterior, en el siguiente numeral se describen los 8 escenarios definidos para la cuenca del río Samaná Norte.

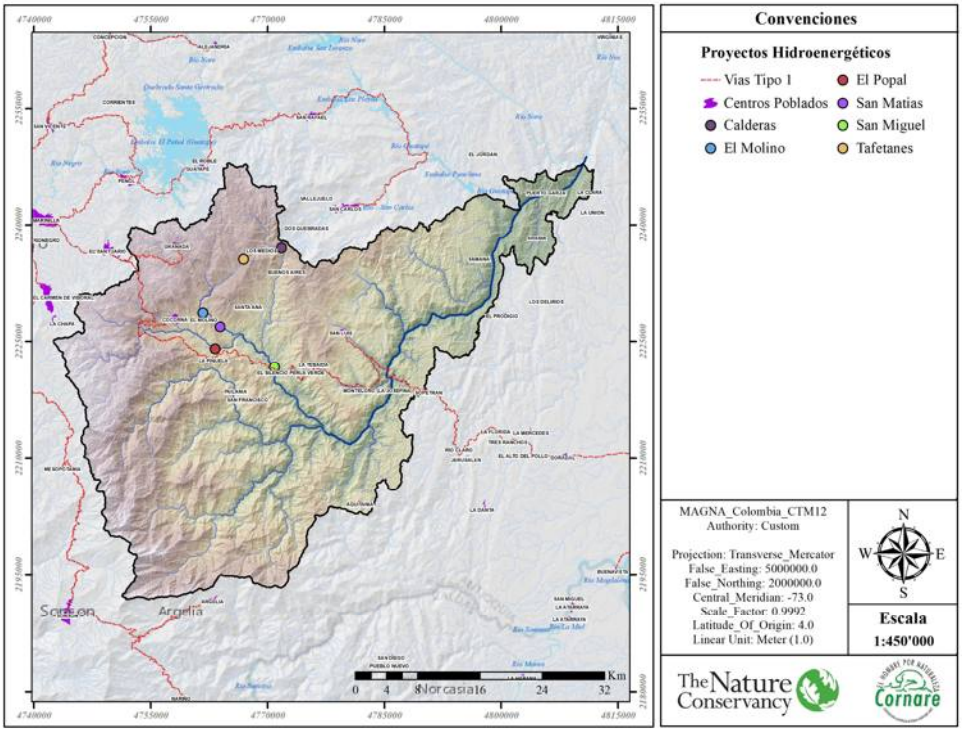
11.1.1 *Escenario 1*

En la Cuenca del río Samaná Norte se encuentran en operación centrales hidroeléctricas (CH) y pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH). Una central hidroeléctrica se caracteriza por la generación de más de 10MW de potencia eléctrica, es una instalación que permite el aprovechamiento de las masas de agua en movimiento que circulan por los ríos, para transformarlas en energía eléctrica, utilizando turbinas acopladas a generadores (Ingfocol Ltda, 2015), las cuales se construyen en los cauces de los ríos, creando un embalse para retener el agua. Para ello se construye un muro grueso de piedra, hormigón u otros materiales, apoyado generalmente en alguna montaña. La masa de agua embalsada se conduce a través de una tubería hacia los álabes de una turbina que suele estar a pie de presa, la cual está conectada al generador. Así, el agua transforma su energía potencial en energía cinética, que hace mover los álabes de la turbina (Foro Nuclear, 2021).

Las PCH es el conjunto de obras civiles y equipos electromecánicos e hidráulicos cuyo objetivo es transformar la energía potencial y cinética de un curso de agua en energía eléctrica útil, cuyo destino es, su autoconsumo en el mismo lugar de producción, o bien, su venta a la red eléctrica comercial con el fin de obtener una ganancia económica (Ortiz Flórez, 2011; Purohit, 2008). Según la normatividad, en la ley 697 de 2001 (El Congreso de la República de Colombia, 2001) se define a los pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, como “la energía potencial de un caudal hidráulico en un salto determinado que no supere el equivalente a los 10 MW”.

En la Figura 342 se presenta los proyectos hidroeléctricos en operación de la Cuenca del río Samaná Norte, se identificaron Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías.

Figura 342. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 1 de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

- **Central Hidroeléctrica Calderas:** está localizada en el departamento de Antioquia, cerca de la carretera que conecta a Medellín con los municipios de Santuario, Granada y San Carlos. La población más cercana a la Central es el municipio de San Carlos. La casa de máquinas se ubica en la cuenca de la quebrada La Arenosa, afluente del río San Carlos y el embalse, en la cuenca alta del río Calderas. Se construyó entre 1982 y 1986, en 1987 culminó la desviación del río Tafetanes y entró en operación en 1988, años más tarde, por causas naturales y de orden público, quedó fuera de servicio. Sin embargo, en 2005 ISAGEN inició los trabajos para su recuperación, entrando en operación comercial en 2006 (EAFIT, 2014).

La Central tiene una Capacidad Efectiva Neta de 19,9 MW y aprovecha las aguas de los ríos Calderas y Tafetanes, las cuales son descargadas al río San Carlos que alimenta el embalse Punchiná, incrementando la producción de la central San Carlos en 269 GWh-año. La presa construida sobre el río Calderas tiene 25 m de altura, formando un embalse con una capacidad de almacenamiento de 330 mil m3 (ISAGEN, 2021).

De acuerdo con la Resolución 01329 de 2018 (ANLA, 2018), el área de influencia de la Central la integran las siguientes veredas: (a) en el municipio de San Carlos, veredas La Arenosa, Dosquebradas, La Tupiada, Dinamarca, La Hondita, Pabellón, El Porvenir, El Chocó, El Vergel, Betulia y Palmichal y; (b) en el municipio de Granada, las veredas La Quiebra, La Aguada, Tafetanes, Los Medios y La Merced.

El Plan de Manejo Ambiental lo integran las dimensiones Social con los programas enfocadas a la información y participación comunitaria, el apoyo a la capacidad de gestión municipal, el manejo del empleo local, la prevención y atención a los daños a la propiedad, mantenimiento, señalización y mejoramiento de vías; dimensión de Educación Ambienta con los programas de educación ambiental para trabajadores, contratistas y personal del ejército, educación ambiental a comunidades; dimensión Física con los programas de manejo de sustancias químicas, manejo integral de residuos sólidos comunes, líquidos peligrosos y especiales, maneo de aguas residuales, prevención y mitigación de procesos erosivos y movimientos en masa sobre las laderas y taludes en la zona del embalse calderas, trasvase tafetanes y vías internas, manejo de agua para uso doméstico, entre otros; dimensión Biótica con los programas de monitorio limnológico y seguimiento de las comunidades hidrobiológicas, monitorio de la cobertura vegetal y usos del suelo, vigilancia y control para la conservación de la biodiversidad (ISAGEN, 2013).

Durante la salida del campo realizada entre el lunes 12 y el miércoles 14 de abril de 2021, fue posible observar la zona de la central hidroeléctrica Calderas, en donde en la presa se encontraban algunos bancos de arena debido al arrastre de sedimentos esto puede deberse a que el agua circula a muy baja velocidad, quedando depositadas las partículas en la presa, se encuentra ubicado en un área de influencia de ecosistemas estratégicos como el Distrito de Manejo Integrado Calderas, en donde se observa la presencia de áreas de bosque, sin embargo, se evidencia la presión de actividades agropecuarias como pastos y cultivos en dichas áreas de importancia ambiental. Asimismo, se evidencia puntos de movimientos en masa debido a las condiciones del suelo y lo que puede representar una amenaza (ver Foto 24).

Foto 24. Bancos de arena y movimientos en masa Central Hidroeléctrica Calderas



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En este punto se describe el contraste del Río Calderas aguas arriba (ver Foto 39) y en la zona de presa de la central hidroeléctrica Calderas (ver Foto 26), se puede observar las

diferencias de caudales del río Calderas antes y después de la presa, lo que altera la dinámica del cauce y afecta la provisión de los servicios ecosistémicos implicados directa e indirectamente en el ecosistema.

Foto 25. Río Calderas aguas arriba de la PCH Calderas



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Foto 26. Zona de presa PCH Calderas



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- **Proyecto Hidroeléctrico Tafetanes:** Desde el año 2016, la empresa ISAGEN S.A E.S.P viene adelantando estudios técnicos, económicos y ambientales para el aprovechamiento hidroeléctrico del trasvase del río Tafetanes que opera desde 1988. Dicho trasvase entrega un caudal medio de 1,6 m3/s a la quebrada Los Medios, afluente del río Calderas, que es aprovechado hidroeléctricamente en la central del mismo nombre y posteriormente en la Central Hidroeléctrica San Carlos. El Proyecto Hidroeléctrico Tafetanes prolongar la tubería de presión del trasvase en una longitud de aproximadamente 2338 m y la construcción de una nueva casa de máquinas que albergaría una turbina tipo Pelton con una capacidad instalada de 4,3 MW y un caudal de diseño de 1,6 m3/s. Para el acceso al área del proyecto se cuenta con la vía que comunica los municipios de Granada a San Carlos tomando el desvío que conduce a la población de Los Medios que tiene una longitud de 3,45 km. El área del Proyecto dista aproximadamente 20 km de la cabecera municipal de Granada. El Proyecto se extiende sobre la margen izquierda de la quebrada Los Medios, iniciando en la cota 1670 m.s.n.m y prolongándose hasta la confluencia de esta quebrada con el río Calderas en la cota 1387,00 msnm (ISAGEN & Integral, 2017).

De acuerdo con el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Tafetanes (ISAGEN & Integral, 2017), hará uso del agua del trasvase existente del río Tafetanes, la reducción del caudal de la quebrada los medios será únicamente el asociado a la descarga del trasvase y por tanto conservará su caudal natural. Por lo tanto, no se requiere el cálculo del caudal ambiental. Sin embargo, durante la salida de campo entre el 15 y 18 de marzo del 2021, no se observó presencia de caudal ambiental en el momento de tomarse la fotografía, alterando la dinámica del cauce y afectando la provisión de los servicios ecosistémicos implicados directa e indirectamente en el

ecosistema. En este punto el río Tafetanes es trasvasado en su totalidad hacía el río Calderas, en el cual se encuentra la del proyecto Calderas el cual descarga en el río San Carlos (ver Foto 27).

Foto 27. Zona de presa del río Tafetanes



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

De acuerdo con la zonificación ambiental del POMCA del Río Samaná Norte, la presa se encuentra en un área de influencia de áreas complementarias para la conservación y áreas de importancia ambiental para la conservación y protección ambiental.

- **Proyecto Hidroeléctrico El Molino:** Se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 95 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción de los municipios de Cocorná y Granada, en las veredas El Molino, Campo Alegre, Los Mangos, La Inmaculada y San Lorenzo del primer municipio; y en las veredas Quebradona Abajo y las Faldas de Granada. El proyecto Hidroeléctrico El Molino es parte de un sistema en cadena junto con el proyecto Hidroeléctrico San Matías (denominado antes El Molino II), por tal razón, las aguas turbinadas provenientes del proyecto El Molino serán entregadas a un tanque de aquietamiento, el cual en condiciones normales conduce el agua hacia el proyecto Hidroeléctrico San Matías (HMV INGENIEROS, 2012).

  Durante la salida de campo entre el 15 y 18 de marzo del 2021, se observó la descarga del proyecto El Molino, aguas arriba de la captación del proyecto San Matías, al igual que el río Cocorná, en donde se presenta gran capacidad de transporte.

  El área de influencia del proyecto se caracteriza por veredas paneleras y ganaderas. También se observa un cultivo grande de naranja, con producción más tecnificación, rasgo que la diferencia de la ruralidad tradicional. En general se observan pocas viviendas, excepto en la vereda La Inmaculada donde se evidencia actividad constructiva de viviendas nucleadas, con miras a la consolidación de un asentamiento humano tipo centro poblado.

Foto 28. Punto de levantamiento en campo 24, descarga proyecto El Molino



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- **Proyecto Hidroeléctrico San Matías:** El Proyecto Hidroeléctrico San Matías (antes denominado El Molino II) se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 95 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción de los municipios de Cocorná y Granada, en las veredas Los Mangos y la Inmaculada del primer municipio; y en las veredas La Arenosa y Las Faldas de Granada. Se ubica inmediatamente después del proyecto hidroeléctrico El Molino (antes denominado El Molino I); ambos hacen parte de un sistema en cadena sobre el río San Matías, este se abastece con el agua turbinada del proyecto hidroeléctrico El Molino, la cual capta un porcentaje del caudal del río San Matías para la generación de energía eléctrica; con una capacidad de 21 MW, para un caudal de diseño de 10 m^3/s y un salto neto de 239,2 m. Las obras de conducción tienen aproximadamente 3,4 km de longitud total (HMV INGENIEROS & SAG, 2012).

- **Proyecto Hidroeléctrico El Popal:** El proyecto se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 95 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción del municipio de Cocorná, en las veredas La Aurora, La Inmaculada, La Piñuela y San Lorenzo. Cuenta con una capacidad instalada de 21,0 MW y una capacidad efectiva de 19,9 MW, para un caudal de diseño de 16,0 m^3/s y un salto neto de 146,9 m. Las obras de conducción tienen aproximadamente 3,2 km de longitud total, su operación es de filo de agua, es decir, aprovecha justamente los caudales en el río, luego de descontar el caudal de garantía ambiental (HMV INGENIEROS & SAG, 2009a).

Durante la salida de campo entre el 15 y 18 de marzo del 2021, se presenta la captación del proyecto el Popal sobre el río Cocorná. Aguas arriba de la presa el río presenta morfología de lecho plano, aguas abajo del mismo presenta morfología de rápidas y saltos y pozos. Se encontraba vertiendo en el momento de la salida de campo.

Se observa fragmentos de bosque y el uso del suelo para actividades agropecuarias entre pequeños cultivos y pocas extensiones de pasto.

Foto 29. Punto de levantamiento en campo 25, proyecto El Popal



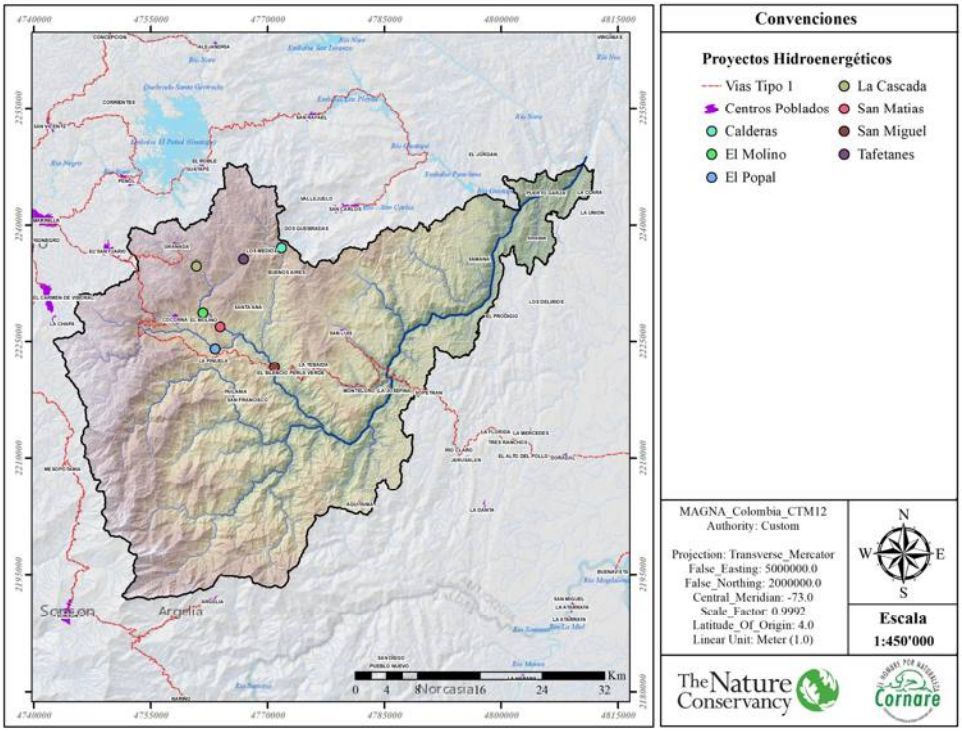
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- **Proyecto Hidroeléctrico San Miguel:** El proyecto San Miguel se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 101 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción de los municipios de San Francisco y San Luis, en las veredas La Veta, La Lora y el Tagual del primer municipio y El Pescado del segundo. Se determinó un caudal medio multianual en el sitio de captación de 45,7 m3/s. Igualmente se estableció la serie de caudales a nivel diario para obtener la curva de duración de caudales, y con el salto disponible, determinar para varios caudales de diseño la capacidad instalada, la energía media anual y el costo para determinar la potencia óptima del proyecto (HMV INGENIEROS & SAG, 2009b).

11.1.2 *Escenario 2*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos en operación descritos en la sección anterior y los proyectos en construcción al interior de la Cuenca del río Samaná Norte, el cual corresponde a uno identificado como La Cascada (ver Figura 343).

Figura 343. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 2 de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

El Proyecto Hidroeléctrico La Cascada se encuentra en construcción, está ubicado en el municipio de Granada, ubicado a 77 Km de distancia de la ciudad de Medellín, entre las cuencas de los ríos San Matías, Cocorná y Calderas, afluentes de los embalses hidroeléctricos, sistemas denominados Tafetanes, Calderas y San Carlos. El área de influencia del proyecto se caracteriza por tener un relieve que pertenece al sistema montañoso de la cordillera central, con numerosas ramificaciones que separan las cuencas hidrográficas, la economía del área de influencia se centra en el sector primario, donde predomina la producción agropecuaria con el café, caña de azúcar, la mora de castilla, el frijol y la ganadería. El proyecto de generación eléctrica será por filo de agua; en este tipo de generación una porción del cauce es desviada a través de un sistema de captación (Azud, Desarenador canal de aducción y Tanque de carga) y, conducida a través de tubería con características de alta presión hasta la Casa de Maquinas, dónde el agua es retornada a la quebrada para continuar su tránsito natural; allí la fuerza del recurso hídrico por medio de una turbina tipo pelton, permite la generación de energía y su posterior transmisión a una Subestación para ser comercializada a través del sistema de interconexión eléctrico nacional (INMAQ S.A.S. E.S.P., 2021).

En la Figura 344 se observa las zonas de proyección de las obras de la pequeña central hidroeléctrica sobre el río

Figura 344. Proyección obras de la PCH La Cascada



Fuente: INMAQ S.A.S. E.S.P. (2021)

Durante la salida de campo entre el 15 y 18 de marzo del 2021, se observa en general la parte alta de la cuenca de la quebrada Santa Barbara, en la cual está proyectado el proyecto la cascada 1, se observa alta intervención en la cuenca, con procesos erosivos de gran magnitud y presencia de cárcavas (Foto 44).

Asimismo, se observa el uso del suelo tanto para áreas urbanas, áreas para la producción agrícola, ganadera con pequeños fragmentos de bosque, lo que evidencia la presión de las actividades antrópicas sobre las coberturas de bosque, predominando la actividad ganadera en pastos de gran extensión.

Foto 30. Punto de levantamiento en campo 1, visualización de la parte alta de la cuenca de la quebrada Santa Bárbara

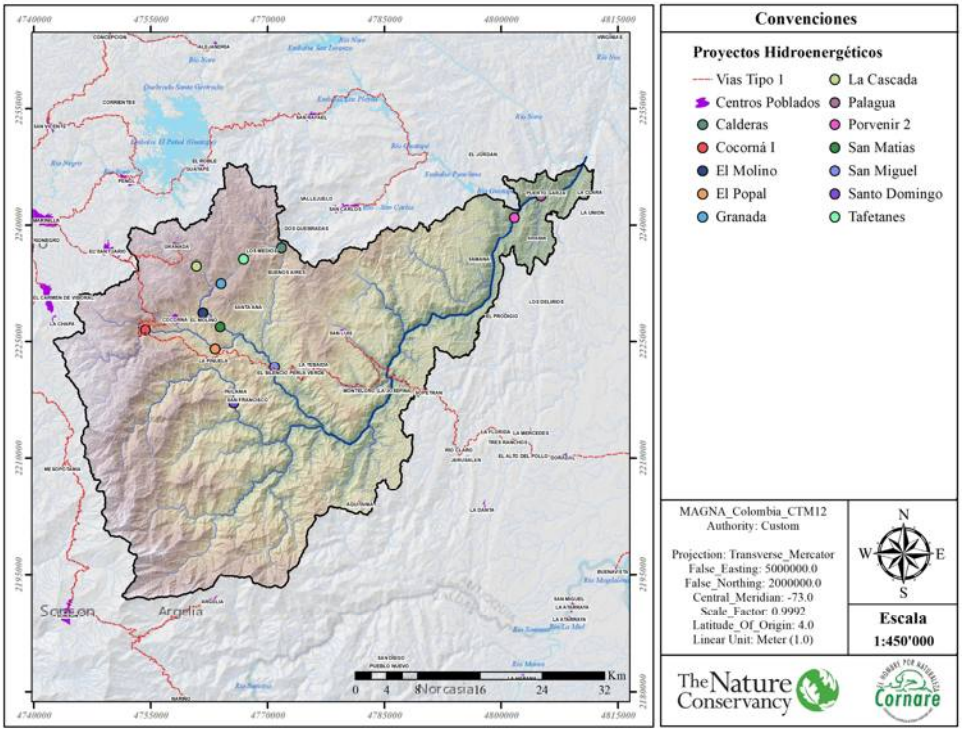


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

11.1.3 *Escenario 3*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos en operación, los proyectos en construcción descritos en las secciones anteriores, asimismo se presenta la identificación de los proyectos con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, al interior de la Cuenca del río Samaná Norte (ver Figura 345).

Figura 345. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Los proyectos que cuentan con licencia ambiental se describen a continuación:

- **Proyecto Hidroeléctrico Granada:** Se ubica en el Oriente antioqueño, en la cuenca del río Tafetanes, con influencia sobre las veredas El Roble, El Edén, El Tabor, Malpaso, Galilea, Quebradona Arriba, Los Planes, Quebradona Abajo y Las Playas en jurisdicción de los municipios de Granada y Cocorná. Geológicamente, la zona corresponde principalmente al Batolito Antioqueño, se identifican cuatro unidades geomorfologías correspondientes a la planicie aluvial confinada, lomo denudado, escarpe de erosión mayor y la unidad de espolones. Predomina la cobertura de pastos limpios y cultivos, la vegetación boscosa o de rastrojo se limita a las franjas de retiro de fuentes hídricas, siendo más amplia en espacios de alta pendiente. Consiste en la construcción de una pequeña central aprovechando un caudal de 6,33m3/s como máximo derivado del cauce del río Tafetanes a la altura de la vereda Malpaso, en jurisdicción del municipio Granada, las aguas turbinadas serán

entregadas al río Tafetanes (San Matías) por medio de canales de descarga a cielo abierto (SIB, 2017a).

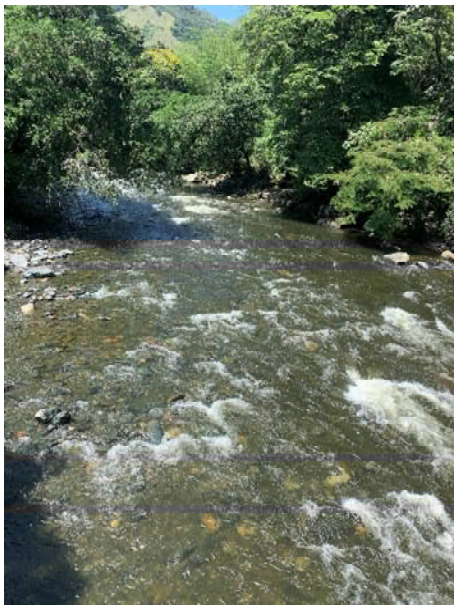
- **Proyecto Hidroeléctrico Santo Domingo:** Se encuentra localizado en jurisdicción de los municipios de Cocorná y San Francisco, en el oriente del departamento de Antioquia a 97 km de la ciudad de Medellín, por la vía que comunica a la capital antioqueña con la ciudad de Bogotá, en donde se aprovechará a filo de agua (sin embalse de regulación) el cauce del río Santo Domingo y tendrá una capacidad instalada de 56 MW (Ministerio de Minas y Energía, 2017).

En la Resolución 112-5891 de 2013 y la Resolución 1125315 de 2015 expedidas por CORNARE el proyecto tiene el nombre de "Proyecto Hidroeléctrico San Francisco", sin embargo, de acuerdo con la Resolución 119 de 2019 del Ministerio de Minas y Energía se establece con el nombre de "Proyecto Hidroeléctrico San Domingo", haciendo referencia l mismo proyecto.

Durante la salida de campo entre el 15 y 18 de marzo del 2021, se observó el río Santo Domingo a su paso por el asentamiento Pailania. En esta zona aguas abajo del puente sobre dicho asentamiento se construirá el proyecto Santo Domingo (ver Foto 31).

De acuerdo con las observaciones en campo, se evidencia actividad ganadera principalmente porque no se observan cultivos de otro tipo. Los bosques también son representativos en el paisaje. Desde aquí se ve de frente la cabecera municipal de San Francisco y el río Santo Domingo. Asimismo, se evidencias actividades turísticas como senderismos y camping, potenciando las actividades al aire libre y la conservación de ecosistemas.

Foto 31. río Santo Domingo



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- **Proyecto Hidroeléctrico Porvenir 2:** Con el proyecto Porvenir II, se pretenden utilizar los caudales del río Samaná Norte, aguas arriba de la confluencia con el río Guatapé, para la generación de energía eléctrica, con capacidad de 352 MW, con lo cual se incrementa la producción energética del país y se aprovechan las bondades hídricas, topográficas y geológicas de la zona, además de garantizar la eficiencia y despacho a nivel nacional. Las obras principales del proyecto Desarrollo Hidroeléctrico del Río Samaná Norte - Proyecto PORVENIR II están localizadas al oriente del departamento de Antioquia, en la parte baja de la cuenca del río Samaná Norte, en jurisdicción de los municipios de San Luis, San Carlos y Puerto Nare, y Caracolí (para el componente socioeconómico) en el departamento de Antioquia; con intervención directa por la construcción de obras principales en las veredas el Paraíso, Santa Bárbara, los Limones, Corregimiento el Prodigio y La Garrucha (ANLA, 2017).

Durante la salida de campo entre el 15 y 18 de marzo del 2021, se observó el punto de descarga del proyecto San Carlos en el río Samaná, aguas arriba del mismo a 1 km, aproximadamente, se encuentra el posible punto de presa del proyecto Porvenir II, en esta zona el río Samaná Norte presenta algunas rápidas (ver Foto 32). Durante el recorrido se observó que no hay viviendas aledañas, vía de acceso en proceso de deterioro. Se observa infraestructura sin vigilancia, con rastrojo creciente y puerta de acceso a túnel sin seguridad.

Foto 32. Descarga proyecto San Carlos a río Samaná Norte, área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Porvenir II



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- **Proyecto Hidroeléctrico Palagua:** tiene prevista la construcción de las siguientes obras principales: Una Presa de Concreto (vertedero sumergido, vertedero de excesos, obras de toma, casa de máquinas y canal de restitución), localizado en las coordenadas 924.193,24

N y 1.177.691,83 E. Un túnel de desvío de 235,67 m de longitud, localizado en la margen derecha del río, en las coordenadas 924.233,21 N y 1.177.623,27 E, una ataguía (coordenadas 924.197,89 N y 1.177.696,95) y una contrataguía (coordenadas 924.344,90 N y 1.177.770,98 E).La central hidroeléctrica es a filo de agua, es decir, no genera regulación de caudales en el río Samaná Norte, por lo que se mantiene el nivel de operación en la elevación 185 msnm, lo que permite que el caudal que entra sea igual al descargado, con una capacidad instalada de 98 MW. El embalse actuará básicamente como tanque de carga y, por lo tanto, el agua que no pueda ser aprovechada para generación pasa por los vererederos de excesos y el sumergido, definidos para tal fin. Los caudales mayores al de diseño y los inferiores al caudal mínimo de operación seguirán hacia aguas abajo sin ser utilizados para generación (INGETEC & ISAGEN, 2017).

Durante la salida de campo entre el 15 y 18 de marzo del 2021, se observó el río Samaná Norte en el corregimiento de Puerto Garza, que aguas arriba del mismo a unos 800 m de distancia se pretende construir el proyecto Palagua (ver Foto 33), en esta zona el río presenta morfología de lecho plano, pero aguas abajo del mismo presenta rápidas. Se observa, la conservación de la ribera del río y la presencia de bosques densos, de acuerdo con la zonificación ambiental del POMCA del Río Samaná Norte, son zonas de áreas para la producción agropecuaria con actividades silvopastoriles, así como áreas de restauración ecológica y la proyección de licenciamiento ambiental para el sector hidro energético.

El área de influencia del proyecto se caracteriza por asentamiento nucleado en categoría de corregimiento. Actividades relacionadas con cultivos de cacao, yuca, plátano. Actividad de pesca en río durante todo el año y con pico en la temporada de subienda de bocachico. La actividad turística está directamente relacionada con la actividad de pesca, la cual se desarrolla mayoritariamente en modalidad de camping en torno al río (sendero); también existe oferta de alojamiento (hoteles, cabañas y apartamentos) y servicios de alimentación.

Foto 33. Referencia del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los proyectos en trámite de licencia ambiental se describen a continuación:

- **Proyecto Hidroeléctrico Cocorná III:** Consiste en una pequeña central generadora de energía con base en la utilización de una porción de la oferta hídrica del río Cocorná, localizado en la región del Oriente Antioqueño. Su polígono de intervención pertenece completamente en términos de jurisdicción geográfica y política al municipio de Cocorná, el cual tiene una extensión de 210km2 y pertenece al departamento de Antioquia. El proyecto se formula como una pequeña central a filo de agua, sin embalse y sin regulación de caudales. Aprovecha una caída o desnivel del río Cocorná entre las cotas 1345 msnm y 1122,55 msnm (elevación de captación y casa de máquinas respectivamente), para una potencia nominal instalada de 19,56 MW, con una generación anual de energía de 112,76 GWh (PRAMING & Taborda Velez & Cia, 2020).

- **Proyecto Hidroeléctrico Cocorná I**: El esquema de generación planteado del Proyecto Hidroeléctrico Cocorná I considera la construcción y operación de un proyecto de 7,72MW de capacidad instalada. El esquema trazado presenta en general, en su etapa de estudios, construcción y operación, un esquema a filo de agua con obras civiles que no requieren embalse. Se ubica en el oriente del departamento de Antioquia, república de Colombia, en jurisdicción del municipio de El Carmen de Viboral.

  Se compone de una presa de derivación, una estructura de captación, desarenador, túnel de conducción a presión, trampa de gravas, caverna de máquinas con dos turbinas tipo Pelton y un canal de descarga para retornar las aguas turbinadas al río Cocorná (PRAMING & Taborda Velez & Cia, 2020).

  Durante la salida de campo entre el 15 y 18 de marzo del 2021, se muestra una panorámica de la cuenca del río Cocorná desde la autopista Medellín Bogotá, la zona tiene un gran potencial turístico donde se practican diversos deportes y actividades como el parapentismo, y en donde se encuentra el proyecto de central hidroeléctrica Cocorná III (ver Foto 34).

  Se observa el uso del suelo múltiple, entre actividades ganaderas y de pequeños cultivos lo que corresponde con la zonificación ambiental de acuerdo con el POMCA del río Samaná Norte, sin embargo, se observa la presencia de bosque en las zonas altas que conservan y protegen los recursos hídricos y el sostenimiento de la provisión de los servicios ecosistémicos.

Foto 34. Visualización de la proyección de los proyectos hidroeléctricos sobre el río Cocorná

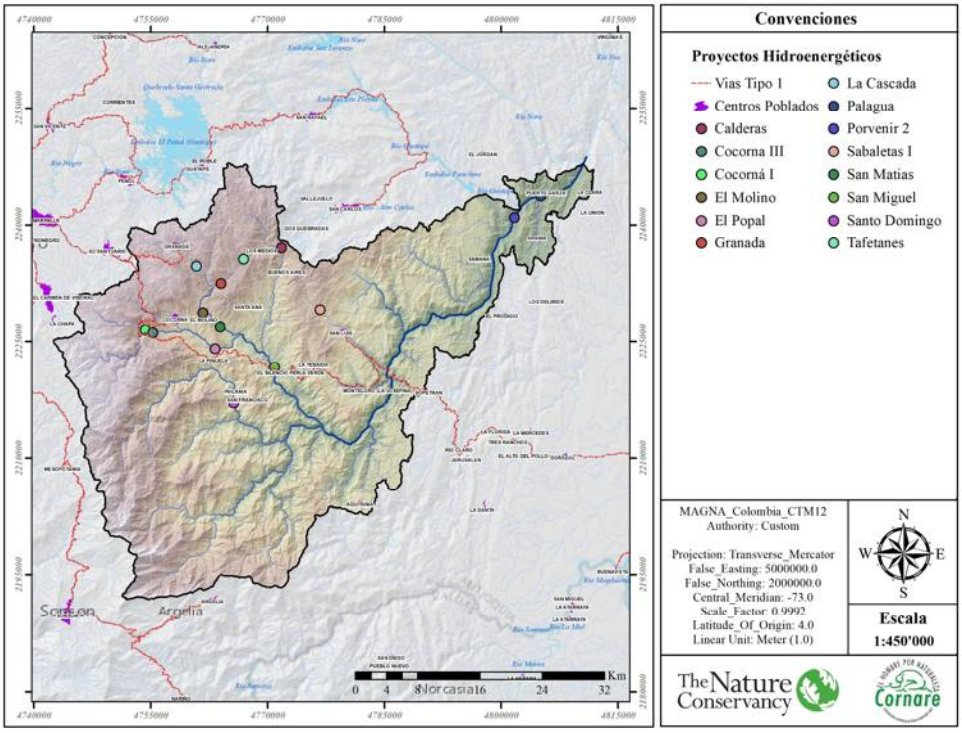


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

11.1.4 *Escenario 4*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos en operación, los proyectos en construcción, los proyectos con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua descritos en las secciones anteriores, asimismo los que se identificaron con DAA aprobado y en solicitud al interior de la Cuenca del río Samaná Norte (Figura 346).

Figura 346. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 4 de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Los proyectos que cuentan con Diagnóstico Ambiental de Alternativas aprobado se describen a continuación:

- **Proyecto Hidroeléctrico Sabaletas I:** El proyecto hidroeléctrico PCH Sabaletas I propone usar el caudal adecuado del río Dormilón que permita un aprovechamiento para generación de energía eléctrica, se pretende aprovechar las aguas del río Dormilón en su cuenca media baja, entre las cotas 1220y 1006msnm. El río desemboca en el río Samaná Norte a una altura de 350 msnm, unos metros aguas arriba del puente que sirve de cruce de la carretera Medellín –Bogotá sobre este último. Para la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto hidroeléctrico PCH Sabaletas I a desarrollarse entre las cotas 1220 y 1006 msnm, se han planteado tres alternativas a filo de agua en las que se analizan las condiciones topográficas, geológicas, geotécnicas, infraestructura vial (necesidad de nuevos accesos o aprovechamiento de vías existentes), trazado y longitud de la conducción, tipo y número de predios que se cruzan, características de la comunidad asentada en la zona, entre otros factores, en superposición con la demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales de cada alternativa, pasando por el análisis de la posible población afectada, existencia o no de comunidades negras e indígenas, afectación de áreas protegidas y presencia de potencial arqueológico; todos esto, para la selección de la opción que menos afectaciones ocasione al sistema ambiental donde se circunscribirá el proyecto (PRAMING, 2018).

Los proyectos que se encuentran en solicitud de Diagnóstico Ambiental de Alternativas se describen a continuación:

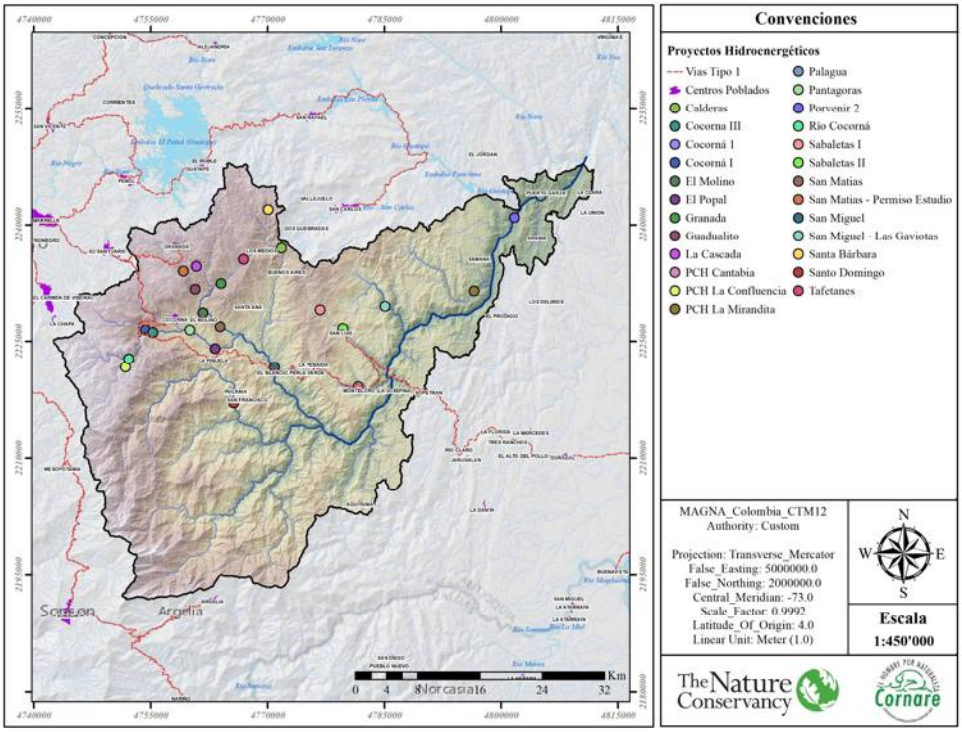
- **Proyecto Hidroeléctrico Guadualito:** La PCH Guadalito está ubicada al oriente del departamento de Antioquia en los municipios de El Santuario y Cocorná, aprovechando las aguas del río San Matías. En el caso particular de la PCH Guadalito, todas las alternativas evaluadas poseen la misma estructura de Pequeña Central Hidroeléctrica a filo de agua(run off river),compuesta por una obra de captación con una estructura de desarenación, un tanque de carga y una conducción, ya sea a presión o a flujo libre, que conducen el caudal a una casa de máquinas superficial donde se ubicarían los equipos de generación y, por último, un canal de descarga que retorna las aguas turbinadas nuevamente al río San Matías.

La alternativa 1 aprovecha 2,65m3/s de las aguas del río San Matías mediante un esquema a filo de agua, compuesto por un azud en concreto con toma de fondo tipo Tirolesa como estructura de captación, un desarenador, un tanque de carga adosado al desarenador, una conducción a presión mediante tubería en GRP por la margen derecha del río y una casa de máquinas superficial donde se alojará un Grupo Turbo generador con una turbina tipo Pelton. La alternativa 2 aprovecha igualmente un caudal de 2,65m3/s mediante un esquema a filo de agua compuesto por un azud en concreto con toma de fondo tipo Tirolesa como estructura de captación, un desarenador, un primer tramo de la conducción a flujo libre mediante canal rectangular en concreto hasta el tanque de carga, un segundo tramo de la conducción a presión en tubería GRP y una casa de máquinas superficial donde se alojará un Grupo Turbogenerador con una turbina tipo Pelton (I-consult, 2020).

11.1.5 *Escenario 5*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos en operación, los proyectos en construcción, los proyectos con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado y en solicitud descritos en las secciones anteriores, asimismo los que se identificaron con solicitudes de estudio al interior de la Cuenca del río Samaná Norte (ver Figura 347).

Figura 347. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 5 de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

11.1.6 *Escenario 6*

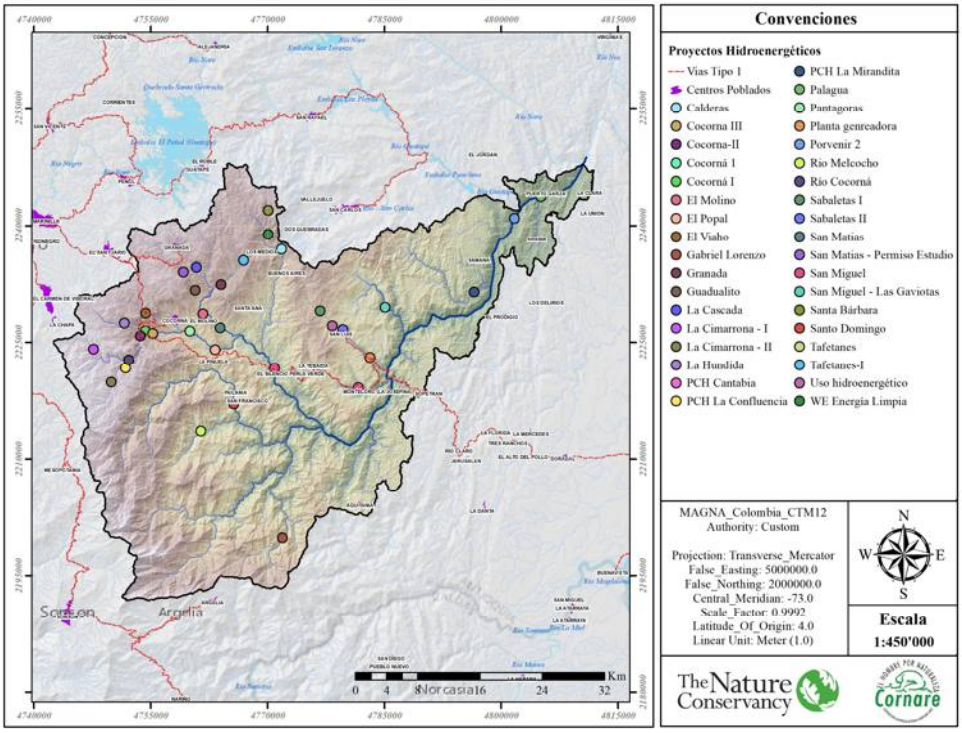
En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 6 de la cuenca del río Samaná Norte (ver Figura 348). A continuación, se describen los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos que definen este escenario.

Componente abiótico

- Superposición de proyectos. Las áreas de influencia de los proyectos que se superponen en cadena, creando zonas de especial interés y manejo relativo. Los tramos con un caudal reducido durante un trayecto significativamente largo con afectación acumulativa en los medios abiótico, biótico y socioeconómico, de tal forma que dentro de una futura zonificación se deban considerar como excluidas para el desarrollo de otros proyectos.
- Acumulación de sedimentos que alteran la dinámica de nutrientes por los proyectos en cadena. Entre más cercanos los proyectos, más crítica la situación. La acumulación de sedimentos elevaría la eutrofización (cantidad de sedimentos por unidad de volumen), disminuiría la diversidad de microhábitats en la columna de agua (afecta la velocidad de flujo que varía entre la frontera terrestre y el medio acuoso) y afectará otros factores limnológicos (Turbidez, alcalinidad, Ph, etc.), cuya consecuencia final es la disminución de la riqueza de especies en todos los niveles taxonómicos.

- Modificación del paisaje con el desarrollo de los proyectos, como obras de infraestructura, en especial la apertura de vías, reducción del caudal, aprovechamiento forestal, pérdida del valor cultural y ambiental, incremento de zonas ganaderas y de agricultura, afectando las fuentes de agua y las coberturas boscosas, por la desaparición de componentes naturales que regulan los procesos hidrogeológicos e hidrobiológicos que mantienen las corrientes hídricas dentro de sus estados geológicamente naturales.
- Incremento en la contaminación del agua por los sedimentos de los zodme, túnel y en general, vertimientos en la fase constructiva y operativa.
- Contaminación atmosférica, acústica, del agua y del suelo
- Ocurrencia de fenómenos macroclimáticos (Niño) y análisis de Gestión del Riesgo.
- Incremento acelerado en el número de solicitudes de permisos de estudio, DAA, y licencias ambientales sobre las cuencas del Samaná Norte y Sur, que pueden ser determinantes para simular escenarios que indiquen la ruptura del balance hídrico (demanda supere la oferta) y en general alteraciones a los tres componentes: biótico, abiótico y socioeconómico.

Figura 348. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 6 de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Componente biótico

- Pérdida de tramos de alto valor ecosistémico en ríos no intervenidos o con poca intervención con proyectos. Estos tramos se caracterizan por estar interconectados con

otras zonas biogeográficas (corredores ecológicos) y tener coberturas vegetales correspondientes a bosques naturales de galería secundarios y/o primarios con poca intervención antrópica (debido en muchos casos por ser zonas de alta pendiente), donde la fauna lleva a cabo sus procesos ecosistémicos. Y es precisamente por el delta altitudinal relativamente alto que son objeto de proyectos de generación de energía.

- Afectación de la hidrobiota. Las riqueza de la hidrobiota en general puede disminuir significativamente, al punto que puedan llegar a existir extinciones locales de especies de alta sensibilidad como lo son los peces (Ej: Brycon henni), anfibios (Ej: Dendrobatidae) y mamíferos (Ej: Lontra longicaudis), por la disminución del caudal y aumento de sedimentos, toda vez que el ciclo biológico de muchas especies está asociado a la variación de los caudales históricos en el tramo de interés, el cual no volverá a ser igual debido a una disminución de caudal que podrá reducir el flujo a un mínimo ecológico.
- Sobre explotación de recursos naturales al implementar varios proyectos en la zona, donde estos sean consumidos a una velocidad mayor a la de su regeneración natural. En este escenario, se esperaría que la construcción de proyectos disminuyera la oferta de recursos biológicos en términos de riqueza y abundancia lo que se sumaría de forma acumulativa con otros proyectos de generación y con las actividades antrópicas (Cultivos, ganadería, vivienda).
- Desplazamiento de fauna por fragmentación de las coberturas boscosas. En este aspecto, es el parámetro de distribución geográfica que se vería afectado, disminuyendo el área de distribución natural o “Home range” de los diferentes grupos taxonómicos creando nuevas barreras artificiales (Vías y estructuras terrestre y acuáticas) que impedirían el desplazamiento a zonas utilizadas para percha, alimentación y reproducción.
- Incremento de la huella ecológica, huella hídrica y huella de carbono. Para el componente fauna dentro del medio biótico, la huella ecológica estaría enmarcada en la afectación de los parámetros de biodiversidad tales como riqueza, abundancia, distribución, ya que los proyectos podrían llegar a impactar la fauna cambiando la magnitud de los parámetros esperados para la zona, y finalmente incurriendo en la desaparición local y desplazamiento de especies endémicas.
- Incremento acelerado en el número de solicitudes de permisos de estudio, DAA, y licencias ambientales sobre las cuencas del Samaná Norte y Sur, que pueden ser determinantes para simular escenarios que indiquen la ruptura del balance hídrico (demanda supere la oferta) y en general alteraciones a los tres componentes: biótico. biótico, abiótico, socioeconómico, teniendo en cuenta los impactos.

Componente socioeconómico

- Cambios en la percepción del paisaje, dada la alta intervención antrópica en el territorio.
- Actividades turísticas deterioradas en el territorio por la sobrecarga de los proyectos que pueden afectar las costumbres de las comunidades habitantes y turistas de las regiones aledañas.
- Presencia de proyectos en predios con conflicto de usos: los planes de ordenamiento territorial, al ser el instrumento normativo que ordena los usos de suelo, no presenta una correcta zonificación de usos de suelo y esta ambigüedad conlleva a presentarse una

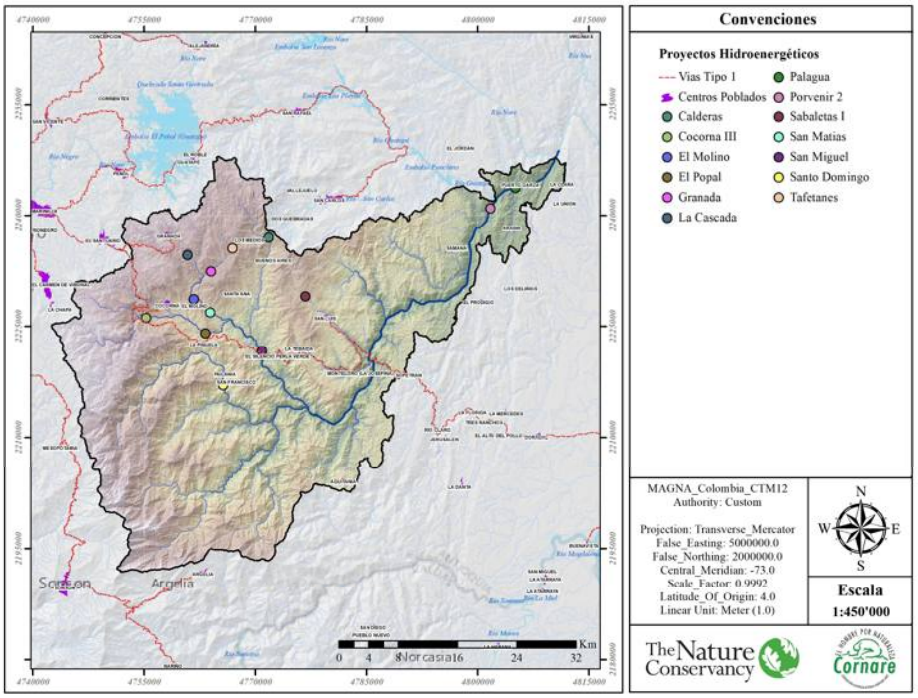
subexplotación o sobreexplotación de actividades no compatibles o no complementarias entre ellas.

- Pérdida de actividades tradicionales en el territorio (Pesca, minería artesanal): se prioriza la generación de energía como única actividad sin tener en cuenta la presencia de otras actividades que pueden ser compatibles o complementarias con ésta y que, a su vez, garantizan la seguridad alimentaria de la población y la permanencia de actividades tradicionales en el territorio.
- Pérdida de los referentes naturales de la zona y el río (charcos, infraestructura turística), los cuales se constituyen en elementos determinantes de la cosmovisión y cosmogonía de las comunidades habitantes de los territorios.
- Incremento acelerado en el número de solicitudes de permisos de estudio, DAA, y licencias ambientales sobre las cuencas del Samaná Norte y Sur, afecta significativamente la oferta hídrica de ambas cuencas y generando impactos acumulativos en cada uno de los tres componentes: abiótico, biótico y socioeconómico.

11.1.7 *Escenario 7*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 7 de la cuenca del río Samaná Norte (ver Figura 349). A continuación, se describen los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos que definen este escenario.

Figura 349. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 7 de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Componente abiótico

- En este escenario el componente abiótico no se afecta de manera negativa, ya que se mantiene el equilibrio entre las dimensiones social, económica y ecológica, considerando una distribución equitativa de proyectos que actualmente hacen parte de la Corporación.
- Distribución más equilibrada de los proyectos en las cuencas y en tramos de cuencas.
- Una mayor viabilidad de proyectos en tramos de ríos más contaminados.
- Proyectos amigables en sus diseños civiles que no afecten los tramos de las fuentes de agua.

Componente biótico

- Los proyectos se distribuyen de forma equilibrada en las cuencas y en tramos de cuencas. Para el componente fauna se esperaría que unas especies con mayor grado de resiliencia permanecieran a pesar de la construcción de los proyectos con impactos acumulativos y/o sinérgicos, de tal forma que los parámetros de biodiversidad se verían afectados aumentando la dominancia de las especies más resilientes y por consiguiente disminuyendo la riqueza. Y para el componente flora, sin bien se generan impactos puntuales, se esperaría que se establezca la compensación por pérdida del componente biótico, así como el manejo ambiental adecuado para las especies con valor de importancia ambiental en la zona.
- La superposición de proyectos podría ser asimilada por las especies de fauna resilientes, de tal forma que en las zonas de intercepción de áreas de influencia se podrán desarrollar especies con adaptaciones que les permita afrontar las nuevas condiciones ecosistémicas que plantea la construcción de los proyectos. Como ya se indicó, los parámetros de biodiversidad cambiarían hacia una alta dominancia y baja riqueza.
- Los ecosistemas se afectarían de forma parcial, toda vez que, así como la fauna también cuentan con un nivel de resiliencia, de tal forma que se esperaría que los ecosistemas naturales tendrían cierto nivel de homogenización vertical y longitudinal, predominando coberturas en un proceso de regeneración natural temprano con baja diversidad donde se dominarán las especies vegetales pioneras.
- La fragmentación ecosistémica seria parcial, disminuyendo la cantidad y magnitud de corredores ecológicos, pero sin ser la fragmentación de forma completa, creando cuellos de botella espaciales que beneficiarían a unas pocas especies con alta resiliencia.
- Planificación del proyecto teniendo en cuenta zonas de alto valor ecosistémico (restricciones ambientales). Con base en lo establecido por la Corporación, la zonificación ambiental del proyecto debe ajustarse a los determinantes ambientales.
- Compensación por pérdida de biodiversidad sea aplicada acorde con los lineamientos normativos.

Componente socioeconómico

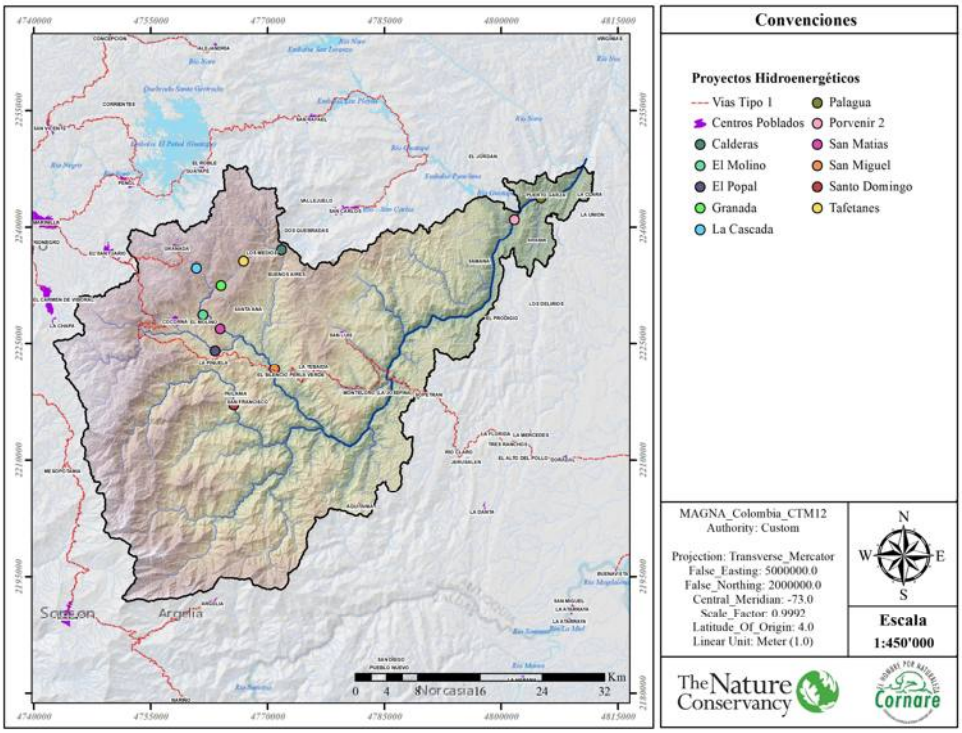
- Se presentan los mismos parámetros descritos en el escenario pesimista, aunque en una menor magnitud.
- Distribución de los proyectos existentes y que vienen reconociendo y dándoles el mismo peso a los componentes biótico, abiótico y socioeconómico.

- Establecer el desarrollo de los proyectos en tramos que correspondan más con los usos establecidos en los planes de ordenamiento territorial, es decir, garantizar que la presencia de proyectos en e territorio, se presenten acorde con los usos de suelo previamente establecidos y que puedan ser compatibles o complementarios con otros usos que se presenten en el territorio.
- Priorizar proyectos cuyos impactos ambientales sean mayoritariamente internalizables, es decir, proyectos que cumplan con al menos tres criterios como son: primero, la predictibilidad temporal y espacial del cambio biofísico (en cualquiera de sus tres componentes: abiótico, biótico y socioeconómico), segundo, la alta certeza y exactitud en las medidas de prevención o corrección de dichos impactos y por último, los programas o medidas contempladas para realizar la corrección, las cuales deben tener una efectividad cercana al 100%.

11.1.8 *Escenario 8*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 8 de la cuenca del río Samaná Norte (ver Figura 350). A continuación, se describen los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos que definen este escenario.

Figura 350. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 8 de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Componente abiótico

- Priorizar tramos de subcuencas poco intervenidos (por lo menos 1 PCH) con proyectos en cadena, definiendo la cantidad de los proyectos en cadena.
- Definir en las cuencas que ya están intervenidas un tope máximo de proyectos en cadena.
- Analizar tramos para conservar, así como una posible definición de ríos libres en las cuencas.
- Proyectos más lejanos entre sí con mayor capacidad de generación.
- Nuevas tecnologías que permitan la continuidad de la red hídrica sin ocupar todo el cauce de la fuente.

Componente biótico

- Proyectos más lejanos entre sí. En este escenario se esperaría que no exista superposición de las áreas de influencia de los proyectos, de tal forma que no existirían áreas donde se presenten impactos acumulativos y/o sinérgicos, y por lo tanto, los impactos sobre la fauna silvestre serian ocasionados por un solo proyecto y no por varios. En este escenario se esperaría que la riqueza de flora y fauna se mantuviera cercana al máximo esperado para la zona sin proyectos (esto no excluye las presiones antrópicas existentes).
- Priorizar tramos de ríos para la conservación, donde existan áreas protegidas. Estos tramos no serían abarcados por el área de influencia de ningún proyecto, conservándose en sus condiciones actuales, los cuales deben estar reglamentados por la Corporación. Afectación mínima de la biodiversidad ya que no se afectan áreas de conservación y se respetan los corredores ecológicos permitiendo el desplazamiento de las especies sin afectar su riqueza y abundancia actuales. Esto se debe a que los proyectos se formularían sin abarcar el área de influencia de otros proyectos y respetando las coberturas naturales existentes, como ya se ha descrito.
- Proyectos que logren la sostenibilidad mediante el equilibrio de las dimensiones ambiental, social y económica, implementando medidas que reduzcan el impacto ambiental, teniendo como base las proyecciones del territorio, determinantes ambientales y las medidas de manejo establecidas en los E.I.A.
- Proyectos que contemplen estrategias y programas para las comunidades previamente concertados con estos antes de iniciar el proceso de licenciamiento ambiental, para que no se genere conflicto.
- Que se ejecute en áreas equivalentes que permitan la ganancia de biodiversidad, conforme a lo establecido en la normatividad, con respecto a las opciones, entre las cuales están BanCO2, que permite a su vez establecer proyectos productivos para la comunidad y que sean sostenibles en el tiempo.

Componente socioeconómico.

- Se presentan los mismos criterios descritos en el escenario pesimista, aunque en una menor magnitud.
- Diseño de obras hidráulicas que permita el paso continuo del caudal ecológico y remanente, para futuros proyectos.

- Compensación con ecosistemas equivalentes asociados a los cuerpos de agua.
- Instrumento normativo que restrinja o prohíba los usos de los cuerpos de agua en algunos tramos.
- Proyectos licenciados en articulación con las metas del gobierno nacional respecto a la generación de energía y las respectivas autoridades frente al licenciamiento en el territorio como la UPME, ANM, la ANLA, entre otros.
- Conservar tramos de río con potencial turístico y puntos ya identificados por la Comunidad donde se realizan actividades de esparcimiento.
- Escenario en el cual no se prolonga las vigencias de los proyectos que actualmente se encuentran en operación y en el cual se licencie únicamente los proyectos que se encuentran en trámite de licenciamiento.

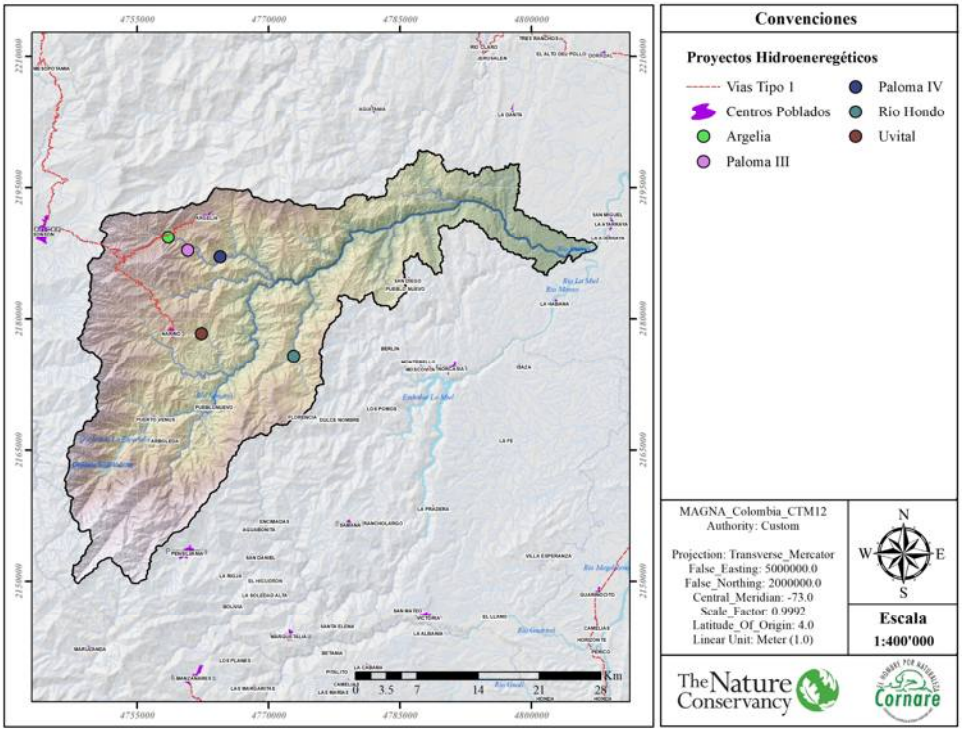
11.2 Cuenca del río Samaná Sur

Los escenarios planteados en el marco del actual proyecto consideran proyectos hidroenergéticos en diferentes estados legales ante la autoridad ambiental como lo son proyectos en operación, en construcción, (licencia ambiental o Concesión de agua), (Diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o Tramite de licencia) y (Diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes), potenciales solicitudes (Licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos). De acuerdo con lo anterior, en el siguiente numeral se describen los 8 escenarios definidos para la cuenca del río Samaná Sur.

11.2.1 *Escenario 3*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos identificados con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, al interior de la Cuenca del río Samaná Sur (ver Figura 351).

Figura 351. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Los proyectos que cuentan con licencia ambiental se describen a continuación:

- **Proyecto Hidroeléctrico Argelia:** El Proyecto Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) Argelia está localizado en Colombia, en el suroriente del departamento de Antioquia, en jurisdicción de los municipios de Sonsón y Argelia de María, con intervención directa por la construcción de obras principales en las veredas San Pablo, El oro, El Zancudo y San Luis (municipio de Argelia) y La Paloma, en jurisdicción de Sonsón (SIB, 2018). Con una capacidad instalada de 10 MW.

- **Proyecto Hidroeléctrico Paloma III:** está localizado en Colombia, en el suroriente del departamento de Antioquia, en jurisdicción del municipio de Argelia de María, con intervención directa por la construcción de obras principales en las veredas El Zancudo, San Luis, La Plata y La Arboleda (SIB, 2017c).

- **Proyecto Hidroeléctrico Paloma IV:** con una capacidad energética de 11,4 MW, La definición del área de influencia directa para el medio socioeconómico consideró como unidad de análisis las localidades de La Arboleda, La Quiebra, Villeta Florida, El Plan y Yarumal (todas pertenecientes al municipio de Argelia), las cuales se verán directamente intervenidas por el Proyecto (GEN+, 2016).

Durante la salida de campo entre los días 15 y 18 de marzo del 2021, se observó la zona donde se ubicarán Los proyectos Argelia, Paloma III y IV, en esta zona se observa alta intervención del bosque y la quebrada presenta gran capacidad de transporte mostrando como morfología dominante la de saltos y pozos (ver Foto 35).

Se observa, la transición de coberturas de bosques a coberturas de pastos y cultivos, lo que genera presión sobre el ecosistema. De acuerdo con la zonificación ambiental del POMCA río Samaná Sur, corresponden a áreas entre de restauración ecológica, áreas de importancia ambiental y áreas protegidas para la conservación y protección de los recursos.

Actividades económicas de orden agropecuario, con cultivos de café y plátano, y algunos transitorios. Se observan viviendas en fincas de pequeño y mediano tamaño. En cuanto a actividades turísticas es posible que sea una zona de referencia para avistamiento de aves y miradores naturales.

Foto 35. Panorámica a los proyectos Argelia y Paloma III y IV



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los proyectos que cuentan con concesión de aguas se describen a continuación:

- **Proyecto Hidroeléctrico Uvital:** No se encuentra información disponible sobre este proyecto hidroeléctrico.

  Sin embargo, durante la salida de campo entre los días 15 y 18 de marzo del 2021, se observó la panorámica de la cuenca que contiene el proyecto Uvital. Con el retorno de las comunidades a la zona se han iniciado procesos de tala para cultivos y para establecer potreros para el ganado, el río en esta zona es torrentoso (ver Foto 36).

  De acuerdo con la zonificación ambiental del POMCA río Samaná Sur, corresponden a áreas entre de restauración ecológica, áreas de importancia ambiental y áreas protegidas para la conservación y protección de los recursos.

Foto 36. Panorámica al proyecto Uvital



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- **Proyecto Hidroeléctrico Río Hondo:** La PCH Río Hondo es un proyecto a filo de agua con obras superficiales y conducción a flujo libre, cuenta con una tubería de carga aérea y casa de máquinas superficial, con una capacidad energética de 19,9 MW; igualmente se construirán alrededor de 12 kilómetros de vías de acceso a las principales obras del proyecto, las cuales estarán ubicadas sobre la margen izquierda del río Hondo aguas abajo de la confluencia del río Claro, ambos ríos nacen el Parque Nacional Natural Selva de Florencia. Este proyecto rehabilitará puntualmente la vía de acceso Corregimiento Florencia Vereda Cristales con una longitud aproximada de 20 kilómetros y rehabilitará completamente una vía de unos 3 kilómetros de la vereda Cristales a la vereda Las Mercedes (GENSA, 2021b).

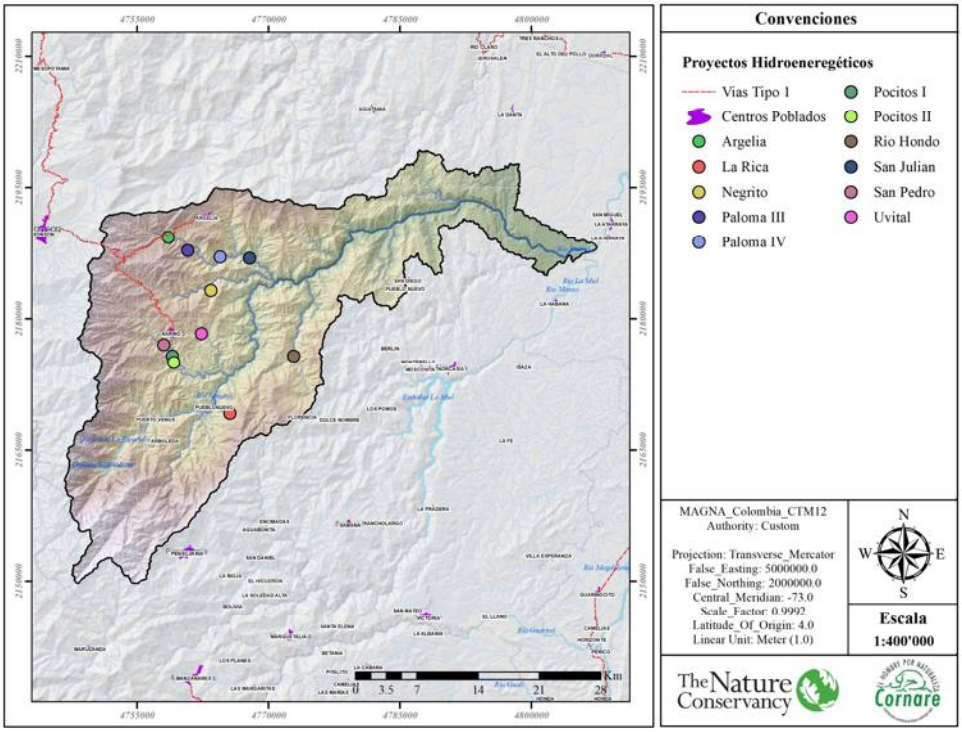
Los proyectos en trámite de licencia ambiental se describen a continuación:

- **Proyecto Hidroeléctrico La Rica:** Se encuentra ubicada en el costado Oriental de la Cordillera Central, en el Oriente del Departamento de Caldas en el municipio de Pensilvania, corregimiento de Pueblo Nuevo en la Microcuenca quebrada La Rica, subcuenta del río Samaná Sur, a unos 174,4 kilómetros de distancia de la capital del departamento, la ciudad de Manizales. La Pequeña Central Hidroeléctrica La Rica, es un proyecto hidroeléctrico a filo de agua, el cual tiene proyectada la construcción de las principales obras en la margen derecha de la quebrada La Rica la cual nace en Parque Nacional Natural Selva de Florencia. Las obras de infraestructura del proyecto están compuestas por el área de captación, posteriormente el agua es dirigida por una tubería de conducción hasta el Tanque de Carga, para posteriormente ser dirigido por la tubería de carga hasta las turbinas generadoras de Energía ubicadas en la Casa de Maquinas superficial, posteriormente el agua es retornada a través de un canal de descarga hacia la quebrada La Rica (SIB, 2017b).

11.2.2 *Escenario 4*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua descritos en las secciones anteriores, asimismo los que se identificaron con DAA aprobado y en solicitud al interior de la Cuenca del río Samaná Sur (ver Figura 352).

Figura 352. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 4 de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Los proyectos que cuentan con Diagnóstico Ambiental de Alternativas aprobado se describen a continuación:

- **Proyecto Hidroeléctrico San Julián:** No hay información disponible sobre este proyecto hidroeléctrico.
- **Proyecto Hidroeléctrico San Pedro:** El proyecto PCH San Pedro considera la construcción de una central de tipo de operación a filo de agua sobre el río San Pedro y la quebrada Damas. en el oriente del departamento de Antioquía, en jurisdicción del municipio de Nariño, específicamente en la vereda el Carmelo (Ministerio del Interior, 2016).
- **Proyecto Hidroeléctrico Pocitos I y II:** Se localizan en jurisdicción del territorio de Nariño, al sur y suroeste de la cabecera municipal respectivamente, subregión oriente del departamento de Antioquia, el cual pretende aprovechar el caudal del río San Pedro; las

obras del proyecto tendrán lugar en las veredas El Carmelo, La Iguana, San Pedro Abajo, Los Naranjos y Puente Linda del municipio de Nariño. Se proyecta aprovechar un caudal de 10,72m3/s y un salto bruto de 170 m para una capacidad instalada de 14,45 MW aguas debajo de Pocitos I, por su parte para Pocitos II se plantea un salto bruto de 160 m, un caudal de 12,35m3/s y una potencia instalada de 15,67 MW (MinAmbiente, 2016).

Los proyectos que se encuentran en solicitud de Diagnóstico Ambiental de Alternativas se describen a continuación:

- **Proyecto Hidroeléctrico Río Dulce:** se encuentra ubicada en el costado oriental de la Cordillera Central, en el Oriente del Departamento de Caldas, en el municipio de Pensilvania, microcuenca La Palma, subcuenca del río Dulce. El sitio de captación de la PCH está localizado entre el puente de vía que conduce el corregimiento de Arboleda y la confluencia de sus dos afluentes principales, con una capacidad energética de 4 MW (GENSA, 2021a).

11.2.3 *Escenario 5*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado y en solicitud descritos en las secciones anteriores, asimismo los que se identificaron con solicitudes de estudio al interior de la Cuenca del río Samaná Sur (ver Figura 353).

En la Tabla 154 se observa los ríos y quebradas en donde se encuentran ubicados los polígonos de solicitud de estudio de centrales hidroeléctricas en la Cuenca del Río Samaná Sur.

Tabla 154. Solicitud de estudios de proyectos hidroeléctricos en la Cuenca del río Samaná Sur

Id	Nombre	Drenaje
1	Nuevo Puente	Río Samaná Sur
2	PCH Puerto Venus	Río Dulce
3	PCH Samaná Medio	Río Samaná Sur
4	PCH Palma Negra	Quebrada Negra
5	PCH Palma Dulce	Río Dulce

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

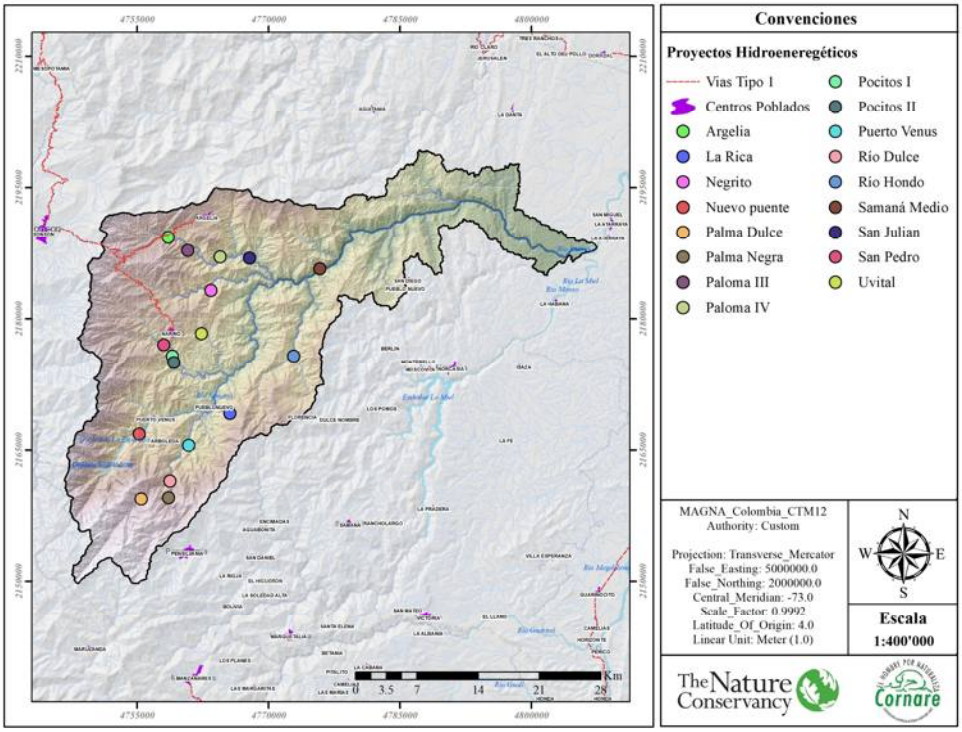
En la Tabla 155 se observa los ríos y quebradas en donde se encuentran ubicados los polígonos de solicitud de estudio de centrales hidroeléctricas en la Cuenca del Río Samaná Sur.

Tabla 155. Solicitud de estudios de proyectos hidroeléctricos en la Cuenca del río Samaná Sur

Id	Nombre	Drenaje
1	Gensa	Río Samaná Sur

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 353. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

11.2.4 *Escenario 6*

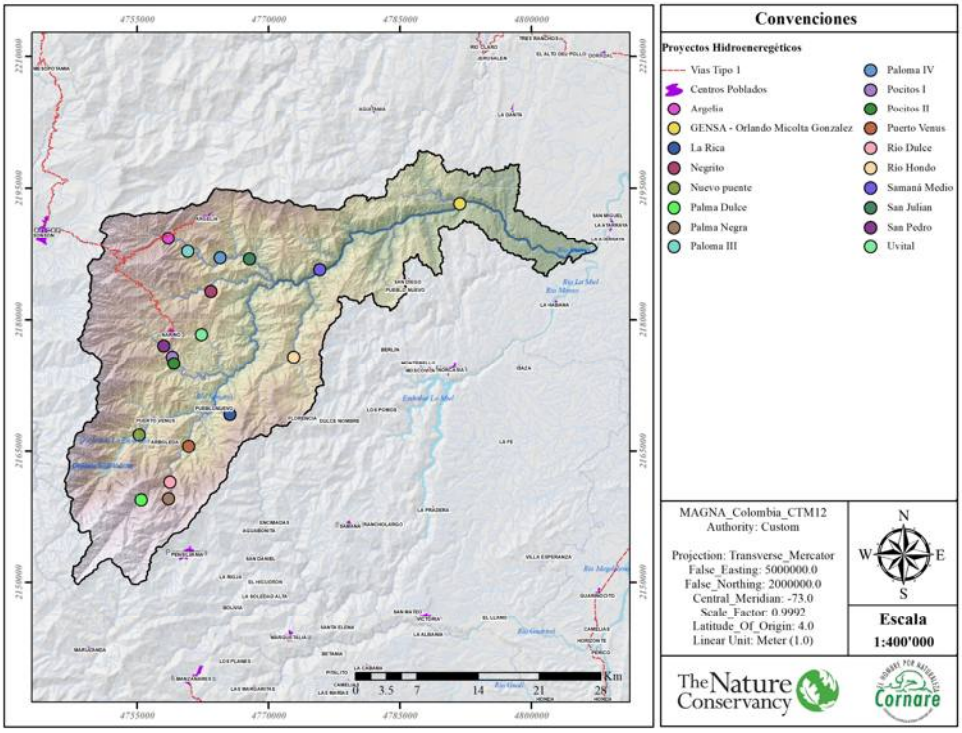
En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 6 de la cuenca del río Samaná Sur (ver Figura 354). A continuación, se describen los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos que definen este escenario.

Componente abiótico

- Superposición de proyectos. Las áreas de influencia de los proyectos que se superponen en cadena, creando zonas de especial interés y manejo relativo. Los tramos con un caudal reducido durante un trayecto significativamente largo con afectación acumulativa en los medios abiótico, biótico y socioeconómico, de tal forma que dentro de una futura zonificación se deban considerar como excluidas para el desarrollo de otros proyectos.
- Acumulación de sedimentos que alteran la dinámica de nutrientes por los proyectos en cadena. Entre más cercanos los proyectos, más crítica la situación. La acumulación de sedimentos elevaría la eutrofización (cantidad de sedimentos por unidad de volumen), disminuiría la diversidad de microhábitats en la columna de agua (afecta la velocidad de flujo que varía entre la frontera terrestre y el medio acuoso) y afectará otros factores limnológicos (Turbidez, alcalinidad, Ph, etc.), cuya consecuencia final es la disminución de la riqueza de especies en todos los niveles taxonómicos.

- Modificación del paisaje con el desarrollo de los proyectos, como obras de infraestructura, en especial la apertura de vías, reducción del caudal, aprovechamiento forestal, pérdida del valor cultural y ambiental, incremento de zonas ganaderas y de agricultura, afectando las fuentes de agua y las coberturas boscosas, por la desaparición de componentes naturales que regulan los procesos hidrogeológicos e hidrobiológicos que mantienen las corrientes hídricas dentro de sus estados geológicamente naturales.
- Incremento en la contaminación del agua por los sedimentos de los zodme, túnel y en general, vertimientos en la fase constructiva y operativa.
- Contaminación atmosférica, acústica, del agua y del suelo
- Ocurrencia de fenómenos macroclimáticos (Niño) y análisis de Gestión del Riesgo.
- Incremento acelerado en el número de solicitudes de permisos de estudio, DAA, y licencias ambientales sobre las cuencas del Samaná Norte y Sur, que pueden ser determinantes para simular escenarios que indiquen la ruptura del balance hídrico (demanda supere la oferta) y en general alteraciones a los tres componentes: biótico, abiótico y socioeconómico.

Figura 354. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 6 de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Componente biótico

- Pérdida de tramos de alto valor ecosistémico en ríos no intervenidos o con poca intervención con proyectos. Estos tramos se caracterizan por estar interconectados con

otras zonas biogeográficas (corredores ecológicos) y tener coberturas vegetales correspondientes a bosques naturales de galería secundarios y/o primarios con poca intervención antrópica (debido en muchos casos por ser zonas de alta pendiente), donde la fauna lleva a cabo sus procesos ecosistémicos. Y es precisamente por el delta altitudinal relativamente alto que son objeto de proyectos de generación de energía.

- Afectación de la hidrobiota. Las riqueza de la hidrobiota en general puede disminuir significativamente, al punto que puedan llegar a existir extinciones locales de especies de alta sensibilidad como lo son los peces (Ej: Brycon henni), anfibios (Ej: Dendrobatidae) y mamíferos (Ej: Lontra longicaudis), por la disminución del caudal y aumento de sedimentos, toda vez que el ciclo biológico de muchas especies está asociado a la variación de los caudales históricos en el tramo de interés, el cual no volverá a ser igual debido a una disminución de caudal que podrá reducir el flujo a un mínimo ecológico.
- Sobre explotación de recursos naturales al implementar varios proyectos en la zona, donde estos sean consumidos a una velocidad mayor a la de su regeneración natural. En este escenario, se esperaría que la construcción de proyectos disminuyera la oferta de recursos biológicos en términos de riqueza y abundancia lo que se sumaría de forma acumulativa con otros proyectos de generación y con las actividades antrópicas (Cultivos, ganadería, vivienda).
- Desplazamiento de fauna por fragmentación de las coberturas boscosas. En este aspecto, es el parámetro de distribución geográfica que se vería afectado, disminuyendo el área de distribución natural o “Home range” de los diferentes grupos taxonómicos creando nuevas barreras artificiales (Vías y estructuras terrestre y acuáticas) que impedirían el desplazamiento a zonas utilizadas para percha, alimentación y reproducción.
- Incremento de la huella ecológica, huella hídrica y huella de carbono. Para el componente fauna dentro del medio biótico, la huella ecológica estaría enmarcada en la afectación de los parámetros de biodiversidad tales como riqueza, abundancia, distribución, ya que los proyectos podrían llegar a impactar la fauna cambiando la magnitud de los parámetros esperados para la zona, y finalmente incurriendo en la desaparición local y desplazamiento de especies endémicas.
- Incremento acelerado en el número de solicitudes de permisos de estudio, DAA, y licencias ambientales sobre las cuencas del Samaná Norte y Sur, que pueden ser determinantes para simular escenarios que indiquen la ruptura del balance hídrico (demanda supere la oferta) y en general alteraciones a los tres componentes: biótico. biótico, abiótico, socioeconómico, teniendo en cuenta los impactos.

Componente socioeconómico

- Cambios en la percepción del paisaje, dada la alta intervención antrópica en el territorio.
- Actividades turísticas deterioradas en el territorio por la sobrecarga de los proyectos que pueden afectar las costumbres de las comunidades habitantes y turistas de las regiones aledañas.
- Presencia de proyectos en predios con conflicto de usos: los planes de ordenamiento territorial, al ser el instrumento normativo que ordena los usos de suelo, no presenta una correcta zonificación de usos de suelo y esta ambigüedad conlleva a presentarse una

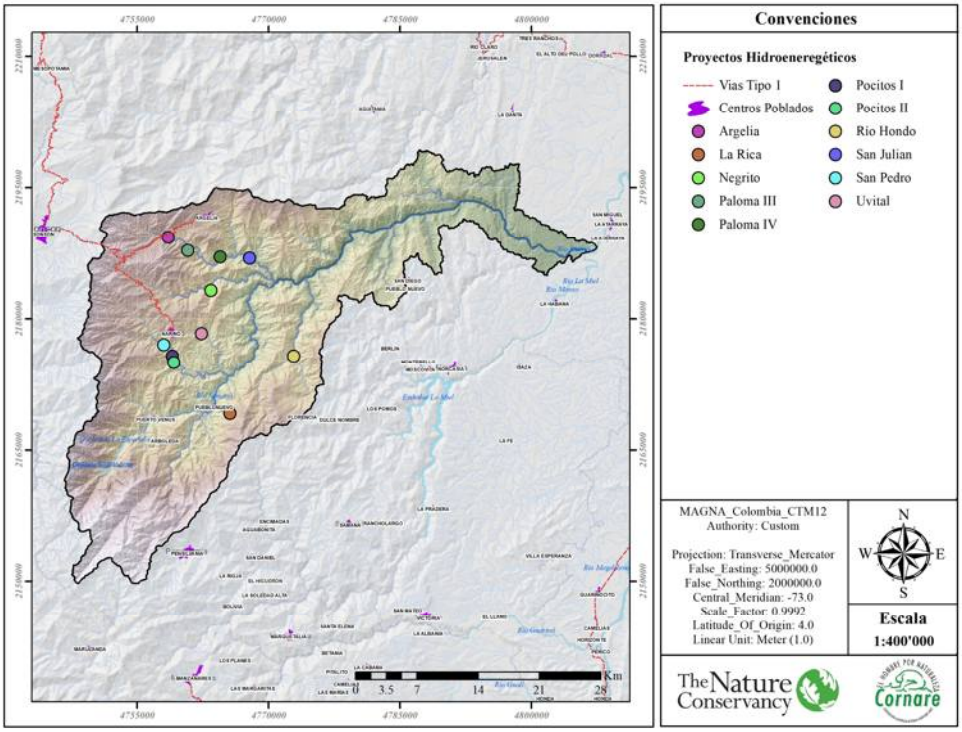
subexplotación o sobreexplotación de actividades no compatibles o no complementarias entre ellas.

- Pérdida de actividades tradicionales en el territorio (Pesca, minería artesanal): se prioriza la generación de energía como única actividad sin tener en cuenta la presencia de otras actividades que pueden ser compatibles o complementarias con ésta y que, a su vez, garantizan la seguridad alimentaria de la población y la permanencia de actividades tradicionales en el territorio.
- Pérdida de los referentes naturales de la zona y el río (charcos, infraestructura turística), los cuales se constituyen en elementos determinantes de la cosmovisión y cosmogonía de las comunidades habitantes de los territorios.
- Incremento acelerado en el número de solicitudes de permisos de estudio, DAA, y licencias ambientales sobre las cuencas del Samaná Norte y Sur, afecta significativamente la oferta hídrica de ambas cuencas y generando impactos acumulativos en cada uno de los tres componentes: abiótico, biótico y socioeconómico.

11.2.5 *Escenario 7*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 7 de la cuenca del río Samaná Sur (ver Figura 355). A continuación, se describen los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos que definen este escenario.

Figura 355. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 7 de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Componente abiótico

- En este escenario el componente abiótico no se afecta de manera negativa, ya que se mantiene el equilibrio entre las dimensiones social, económica y ecológica, considerando una distribución equitativa de proyectos que actualmente hacen parte de la Corporación.
- Distribución más equilibrada de los proyectos en las cuencas y en tramos de cuencas.
- Una mayor viabilidad de proyectos en tramos de ríos más contaminados.
- Proyectos amigables en sus diseños civiles que no afecten los tramos de las fuentes de agua.

Componente biótico

- Los proyectos se distribuyen de forma equilibrada en las cuencas y en tramos de cuencas. Para el componente fauna se esperaría que unas especies con mayor grado de resiliencia permanecieran a pesar de la construcción de los proyectos con impactos acumulativos y/o sinérgicos, de tal forma que los parámetros de biodiversidad se verían afectados aumentando la dominancia de las especies más resilientes y por consiguiente disminuyendo la riqueza. Y para el componente flora, sin bien se generan impactos puntuales, se esperaría que se establezca la compensación por pérdida del componente biótico, así como el manejo ambiental adecuado para las especies con valor de importancia ambiental en la zona.

- La superposición de proyectos podría ser asimilada por las especies de fauna resilientes, de tal forma que en las zonas de intercepción de áreas de influencia se podrán desarrollar especies con adaptaciones que les permita afrontar las nuevas condiciones ecosistémicas que plantea la construcción de los proyectos. Como ya se indicó, los parámetros de biodiversidad cambiarían hacia una alta dominancia y baja riqueza.
- Los ecosistemas se afectarían de forma parcial, toda vez que, así como la fauna también cuentan con un nivel de resiliencia, de tal forma que se esperaría que los ecosistemas naturales tendrían cierto nivel de homogenización vertical y longitudinal, predominando coberturas en un proceso de regeneración natural temprano con baja diversidad donde se dominarán las especies vegetales pioneras.
- La fragmentación ecosistémica seria parcial, disminuyendo la cantidad y magnitud de corredores ecológicos, pero sin ser la fragmentación de forma completa, creando cuellos de botella espaciales que beneficiarían a unas pocas especies con alta resiliencia.
- Planificación del proyecto teniendo en cuenta zonas de alto valor ecosistémico (restricciones ambientales). Con base en lo establecido por la Corporación, la zonificación ambiental del proyecto debe ajustarse a los determinantes ambientales.
- Compensación por pérdida de biodiversidad sea aplicada acorde con los lineamientos normativos.

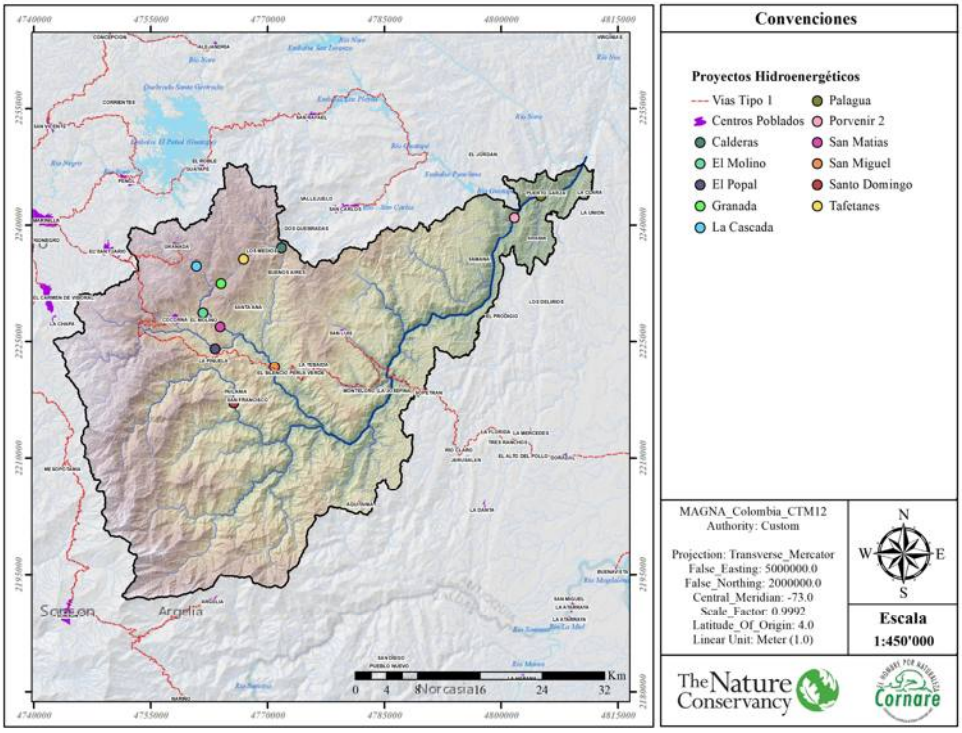
Componente socioeconómico

- Se presentan los mismos parámetros descritos en el escenario pesimista, aunque en una menor magnitud.
- Distribución de los proyectos existentes y que vienen reconociendo y dándoles el mismo peso a los componentes biótico, abiótico y socioeconómico.
- Establecer el desarrollo de los proyectos en tramos que correspondan más con los usos establecidos en los planes de ordenamiento territorial, es decir, garantizar que la presencia de proyectos en e territorio, se presenten acorde con los usos de suelo previamente establecidos y que puedan ser compatibles o complementarios con otros usos que se presenten en el territorio.
- Priorizar proyectos cuyos impactos ambientales sean mayoritariamente internalizables, es decir, proyectos que cumplan con al menos tres criterios como son: primero, la predictibilidad temporal y espacial del cambio biofísico (en cualquiera de sus tres componentes: abiótico, biótico y socioeconómico), segundo, la alta certeza y exactitud en las medidas de prevención o corrección de dichos impactos y por último, los programas o medidas contempladas para realizar la corrección, las cuales deben tener una efectividad cercana al 100%.

11.2.6 *Escenario 8*

En esta sección se presenta los proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 8 de la cuenca del río Samaná Sur (ver Figura 356). A continuación, se describen los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos que definen este escenario.

Figura 356. Proyectos hidroeléctricos que componen el escenario 8 de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y consolidado de proyectos hidroeléctricos Cornare (2021)

Componente abiótico

- Priorizar tramos de subcuencas poco intervenidos (por lo menos 1 PCH) con proyectos en cadena, definiendo la cantidad de los proyectos en cadena.
- Definir en las cuencas que ya están intervenidas un tope máximo de proyectos en cadena.
- Analizar tramos para conservar, así como una posible definición de ríos libres en las cuencas.
- Proyectos más lejanos entre sí con mayor capacidad de generación.
- Nuevas tecnologías que permitan la continuidad de la red hídrica sin ocupar todo el cauce de la fuente.

Componente biótico

- Proyectos más lejanos entre sí. En este escenario se esperaría que no exista superposición de las áreas de influencia de los proyectos, de tal forma que no existirían áreas donde se presenten impactos acumulativos y/o sinérgicos, y por lo tanto, los impactos sobre la fauna silvestre serian ocasionados por un solo proyecto y no por varios. En este escenario se esperaría que la riqueza de flora y fauna se mantuviera cercana al máximo esperado para la zona sin proyectos (esto no excluye las presiones antrópicas existentes).

- Priorizar tramos de ríos para la conservación, donde existan áreas protegidas. Estos tramos no serían abarcados por el área de influencia de ningún proyecto, conservándose en sus condiciones actuales, los cuales deben estar reglamentados por la Corporación. Afectación mínima de la biodiversidad ya que no se afectan áreas de conservación y se respetan los corredores ecológicos permitiendo el desplazamiento de las especies sin afectar su riqueza y abundancia actuales. Esto se debe a que los proyectos se formularían sin abarcar el área de influencia de otros proyectos y respetando las coberturas naturales existentes, como ya se ha descrito.
- Proyectos que logren la sostenibilidad mediante el equilibrio de las dimensiones ambiental, social y económica, implementando medidas que reduzcan el impacto ambiental, teniendo como base las proyecciones del territorio, determinantes ambientales y las medidas de manejo establecidas en los E.I.A.
- Proyectos que contemplen estrategias y programas para las comunidades previamente concertados con estos antes de iniciar el proceso de licenciamiento ambiental, para que no se genere conflicto.
- Que se ejecute en áreas equivalentes que permitan la ganancia de biodiversidad, conforme a lo establecido en la normatividad, con respecto a las opciones, entre las cuales están BanCO2, que permite a su vez establecer proyectos productivos para la comunidad y que sean sostenibles en el tiempo.

Componente socioeconómico.

- Se presentan los mismos criterios descritos en el escenario pesimista, aunque en una menor magnitud.
- Diseño de obras hidráulicas que permita el paso continuo del caudal ecológico y remanente, para futuros proyectos.
- Compensación con ecosistemas equivalentes asociados a los cuerpos de agua.
- Instrumento normativo que restrinja o prohíba los usos de los cuerpos de agua en algunos tramos.
- Proyectos licenciados en articulación con las metas del gobierno nacional respecto a la generación de energía y las respectivas autoridades frente al licenciamiento en el territorio como la UPME, ANM, la ANLA, entre otros.
- Conservar tramos de río con potencial turístico y puntos ya identificados por la Comunidad donde se realizan actividades de esparcimiento.

Escenario en el cual no se prolonga las vigencias de los proyectos que actualmente se encuentran en operación y en el cual se licencie únicamente los proyectos que se encuentran en trámite de licenciamiento

Capítulo 12. Síntesis de la condición ambiental, económica y social de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) que componen las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

En este capítulo se presenta una síntesis del diagnóstico a partir de los indicadores de sostenibilidad definidos para la dimensión ambiental, económica y social de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, de acuerdo con lo establecido en el Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (TNC-Cornare 2021b). El cálculo de los indicadores se realiza para cada una de las microcuencas de nivel 3 de las áreas de estudio. No obstante, la descripción detallada de cada uno de los indicadores, así como la información utilizada para su cálculo, supuestos e hipótesis, serán descritas a detalle en el producto 4 de la Fase III para los escenarios de análisis.

Es de resaltar que el propósito en este capítulo tiene como objetivo reportar la viabilidad del cálculo de los indicadores propuestos para evaluación de sostenibilidad e informar de manera temprana los resultados obtenidos para la situación actual (diagnóstico) concluyendo que con la información disponible es posible realizar el cálculo de la totalidad de los indicadores propuestos. No obstante, el análisis detallado de la condición de sostenibilidad para ambas cuencas será parte del producto 4 – Fase III. El lector puede consultar la definición y funciones de cálculo de cada uno de los indicadores de impacto en el producto 2 Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (TNC-Cornare 2021b).

Es importante mencionar que la categorización de uso de las unidades NSS-3 de acuerdo con el indicador de sostenibilidad integrado (conservación, restauración y administración y uso sostenible), se llevará a cabo en el producto 4 – Fase III de acuerdo con los lineamientos metodológicos establecidos en producto 2 – Fase I. Por consiguiente, los resultados de los indicadores que componen del indicador de sostenibilidad aquí presentados no deben ser interpretados para definir algún destino de las unidades NSS-3 de la cuenca del río Samaná Norte y río Samaná Sur, si no como una condición diagnostica del estado de las unidades NSS-3 de ambas cuencas. De acuerdo con esto, los indicadores que se presentan más adelanten muestran como los proyectos hidroeléctricos que actualmente se han desarrollado en la cuenca del río Samaná Norte han generado impactos que se evidencian en los índices seleccionados. Se observan alteraciones principalmente en los componentes de calidad geomorfológica, dinámica de caudales, conectividad e idoneidad de hábitat; mientras que, en la situación actual, la cuenca del río Samaná Sur muestra una mejor condición dado que actualmente esta cuenca no tiene ningún tipo de desarrollo hidroeléctrico, demostrando la importancia de la conservación de ríos libres.

12.1 Cuenca del río Samaná Norte

12.1.1 *Síntesis de la condición ambientales de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3)*

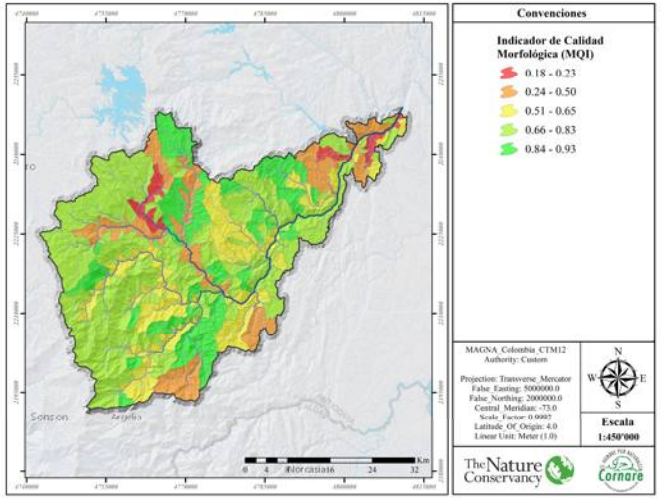
De acuerdo con lo establecido en producto 2 – Fase I, para el componente ambiental se seleccionaron un total de 9 indicadores, los cuales capturan impactos como pérdida de conectividad,

variaciones en los regímenes hidrológicos, cambios en el régimen de sedimentos, cambios morfológicos, cambios en los hábitats, condiciones de cambio climático y riesgo (ver Tabla 156).

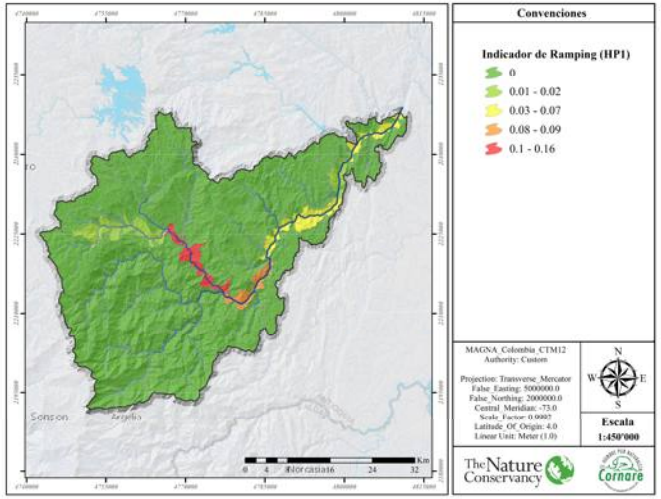
La distribución espacial de los 9 indicadores ambientales en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte se presentan en la Figura 357. A nivel general, se observa como en varias unidades NSS-3 se presentan alteraciones en las funciones de los procesos morfológicos asociados a la continuidad del flujo de sedimentos y madera, la erosión de las bancas, la inundación periódica de la llanura aluvial, la diversidad morfológica en planta y sección transversal, la movilidad de los sedimentos del lecho y los procesos de interacción con la vegetación, tal como lo indican el indicador de calidad morfológica (MQI) y el indicador de alteración de sedimentos (SAI). Así mismo, se evidencian alteraciones en la magnitud, duración y frecuencia de los caudales producto de la presencia y operación de las centrales hidroeléctricas (ver indicador HP1 Y DOR). A nivel biótico, también se logran observan que algunas unidades de nivel NSS-3 presentan una condición de hábitat reducida y fragmentada por la presencia de barreras de carácter natural y antrópico sobre el cuerpo principal del cauce (ver DCI y MHSI). De acuerdo con los indicadores IVH, IVRCC y IGRD, la cuenca del río Samaná Norte presenta amplias zonas con una media a alta vulnerabilidad a condiciones hídricas, de cambio climático y gestión del riesgo. La información detallada de cada uno de los indicadores en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte pueden ser consultadas en la GDB contenida del Anexo - Fase II - 1.

Figura 357. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad ambiental en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte

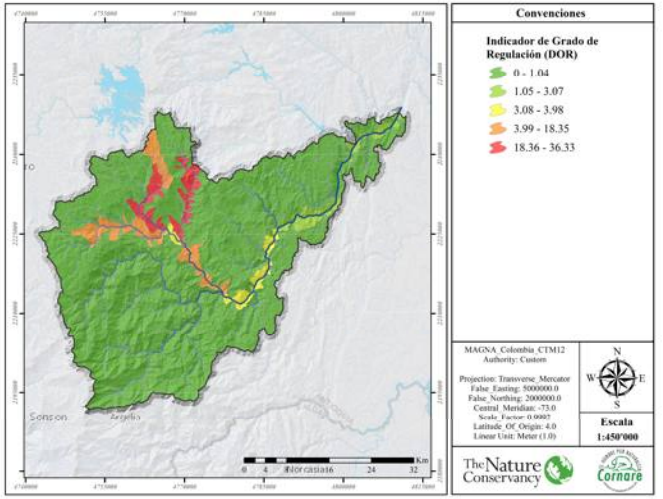
Indicador de Calidad Morfológica (MQI)



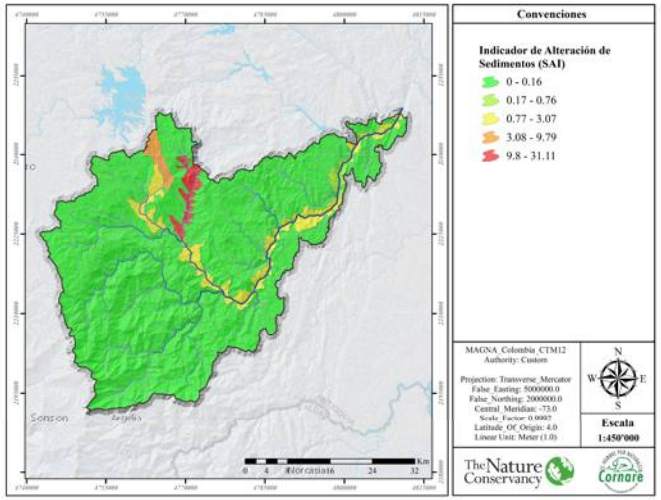
Indicador de Ramping (HP1)



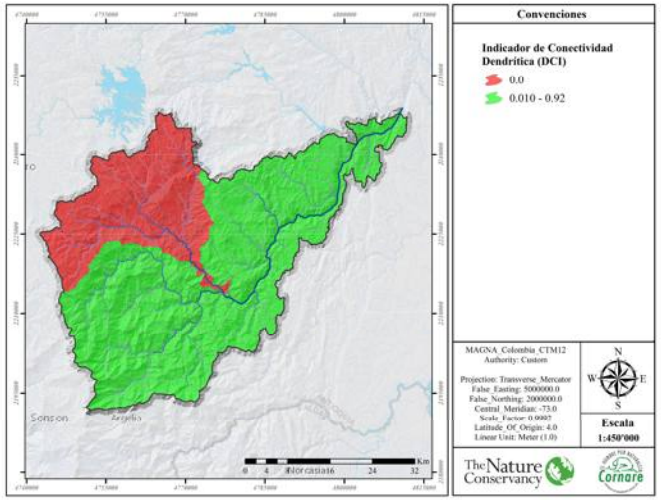
Indicador de Grado de Regulación (DOR)



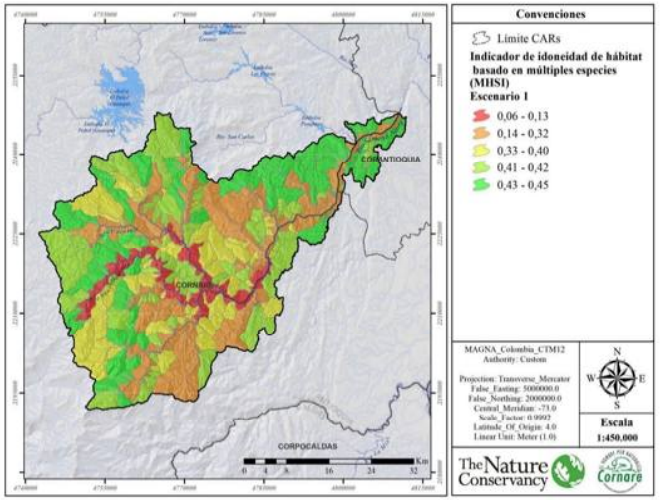
Indicador de Alteración de Sedimentos (SAI)



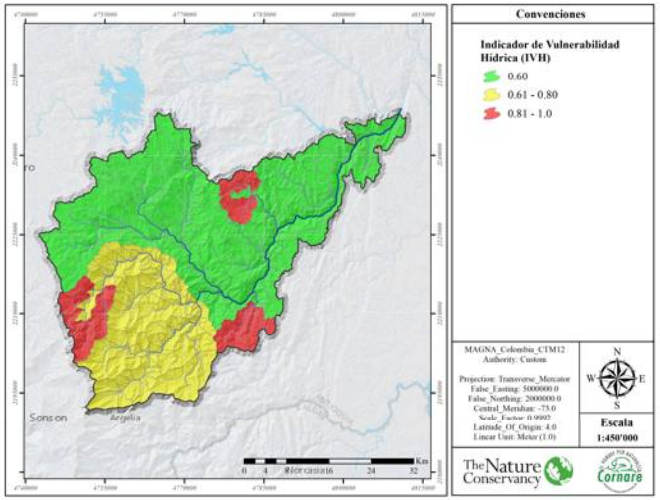
Indicador de Conectividad Dendrítica (DCI)



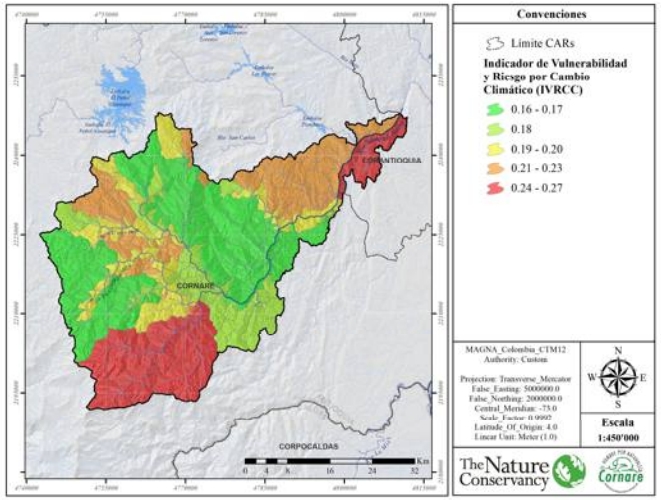
Indicador de Idoneidad de Hábitat Basado en Múltiples Especies (MHSI)



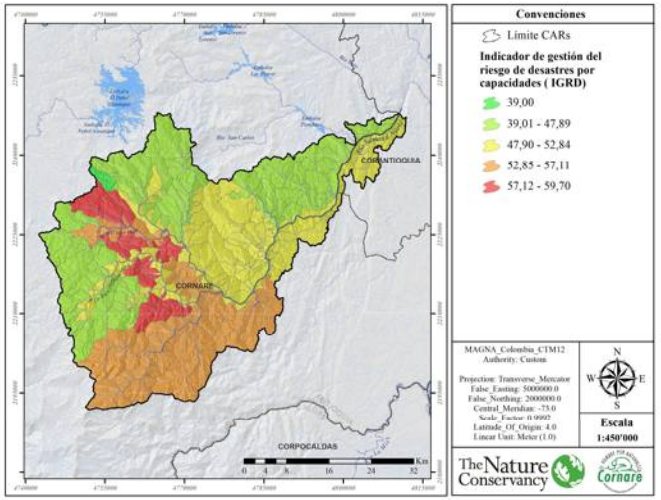
Indicador de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)



Indicador de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático (IVRCC)



Indicadores de Gestión del Riesgo de Desastres (IGRD)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

Tabla 156. Síntesis de indicadores ambientales para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2308031832	Río Verde Los Montes Parte Alta	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.80	0.26	55.40
2308031834	Q. El Diablo	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.44	0.80	0.26	55.40
2308031836	Q. San Jerónimo	0.65	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.26	55.40
2308031807	Río Verde Los Montes Parte Baja	0.53	0.00	0.00	0.00	0.92	0.26	0.80	0.26	55.40
2308031848	Río Cauza Parte Atal	0.48	0.00	0.00	0.00	0.92	0.29	0.80	0.26	55.40
2308031830	Q. La Mula	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.26	55.40
2308031828	Q. San José	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.44	0.80	0.26	55.40
2308031838	Q. La Soledad	0.58	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.80	0.26	55.40
2308031850	Q. Chupadero	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.26	55.33
2308031840	Q. Curubital	0.73	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.26	55.40
2308031826	Q. El Coco	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.26	55.40
2308031820	Río Verde de los Henáos Parte Alta	0.73	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.80	0.26	55.40
2308031842	Q. Negra	0.73	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.26	55.40
2308031822	Q. Los Alumbres	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.26	55.40
2308031846	Q. La Leona	0.70	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.26	55.40
2308031824	Q. Travesías	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.44	0.80	0.26	55.40
2308031809	Río Cauzal Parte Baja	0.88	0.00	0.00	0.00	0.92	0.26	0.80	0.26	55.38
2308031844	Q. Playa Rica	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.26	55.40
2308031634	Río Santo Domingo	0.73	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	1.00	0.16	44.60
2308031805	Río Verde de los Henáos Parte Baja	0.58	0.00	0.00	0.00	0.92	0.26	0.80	0.26	55.40
2308031803	Río Verde Parte Alta	0.55	0.00	0.00	0.00	0.92	0.20	0.80	0.26	55.40

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2308031818	Q. La Torre	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.80	0.26	55.40
2308032002	Río Chumurro Parte Alta	0.55	0.00	0.00	0.00	0.92	0.31	1.00	0.18	55.30
2308031852	Q. El Jordán	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.26	55.30
2308031812	Q. Los Andamios	0.78	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.80	0.26	55.40
2308032004	Q. San Pedro	0.43	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	1.00	0.18	55.30
2308031814	Q. Planes	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.26	55.40
2308031636	Q. Santa Rita	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	1.00	0.16	44.60
2308031816	Q. Peñoles	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.26	55.40
2308031810	Q. La Miranda	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.26	55.40
2308031632	Q. El Tibet	0.78	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	1.00	0.16	44.60
2308031854	Q. La Nútria	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.26	55.30
2308031672	Q. Quebradona	0.55	0.00	0.00	0.00	0.92	0.31	0.80	0.19	59.70
2308031662	Río Melcocho	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.80	0.16	44.60
2308031706	Q. Buga	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.18	55.30
2308031856	Q. La Sonadora o Dorada	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.26	55.30
2308031806	Q. El Campamento	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.26	55.40
2308031808	Q. La Cristalina	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.26	55.40
2308031801	Río Verde Parte Media	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.06	0.80	0.26	55.34
2308031804	Q. Sector Santa Rosa	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.80	0.26	56.21
2308031708	Q. La Honda	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.18	55.30
2308031630	Q. Romasón	0.73	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	1.00	0.16	44.60
2308031603	Q. La Calera	0.60	0.00	0.00	0.00	0.92	0.26	0.80	0.18	50.14
2308032006	Q. La Holanda	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.18	55.30
2308031660	Q. El Plan	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.16	44.60
2308031802	Q. San Juan	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.80	0.26	55.40
2308031628	Q. Honda	0.73	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	1.00	0.16	44.60
2308032001	Río Chumurro Parte Baja	0.55	0.00	0.00	0.00	0.92	0.28	0.60	0.18	55.30
2308031664	Q. La Aguada	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.17	44.60
2308031674	Q. El Seguro	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.22	59.70
2308031601	Río Santo Domingo	0.63	0.00	0.00	0.00	0.92	0.12	0.80	0.19	51.75
2308031658	Q. Segovia	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.16	44.60
2308031701	Río Samaná Norte	0.65	0.09	3.98	1.21	0.92	0.10	0.60	0.17	52.39
2308031666	Q. La Cuarenta	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.16	44.60
2308031668	Q. El Brasil	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.16	59.70
2308031704	Q. La Bonita	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.38	0.60	0.16	50.00
2308032301	Río Verde Parte Baja	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.06	0.60	0.18	55.30
2308031901	Río Calderas Parte Baja	0.43	0.16	18.35	2.81	0.00	0.09	0.60	0.17	52.85
2308032304	Q. El Chorro	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.60	0.18	55.30
2308031602	Q. Santa Rosa	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.80	0.18	55.30
2308031670	Q. Negra	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.80	0.21	59.70
2308031702	Q. Cachumbo (El Chontillo)	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031652	Q. Las Brujas	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.16	59.70
2308031626	Q. Esteras	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	1.00	0.16	44.60
2308031654	Q. Roblal o La calera	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.16	44.60
2308032302	Q. San Mateo	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.18	55.30
2308031656	Q. Sonadora	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.16	44.60

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2308031502	Q. El Bosque	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.60	0.16	50.00
2308031604	Q. San Isidro	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.18	55.30
2308031638	Q. Sector La Represa	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.80	0.16	44.60
2308031606	Q. Palo Santo	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.80	0.18	55.30
2308031410	Río Cocorná	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.60	0.16	44.60
2308031902	Q. La Pizarra	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.60	0.16	50.00
2308031504	Q. La Paja	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.60	0.18	55.30
2308031640	Q. Las Alfombras	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.80	0.16	44.60
2308031501	Río Samaná Norte Sector La Mesa	0.80	0.08	3.69	1.18	0.92	0.13	0.60	0.17	51.59
2308031922	Q. La Lora	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.18	55.30
2308031506	Q. El Portón	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.17	51.78
2308031904	Q. La Capitana	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031624	Q. Colorados o Los Alpes	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.80	0.16	44.60
2308030810	Q. El Jagual	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031608	Q. Dos Quebradas	0.73	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.18	55.30
2308031906	Q. El Tabor	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.38	0.60	0.16	50.00
2308031920	Q. Santa Isabel	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.18	55.30
2308031642	Q. Sector El Sinaí	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.80	0.21	59.70
2308030801	Q. La Tebaida	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.29	0.60	0.16	50.00
2308031622	Q. Santa Bárbara	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.80	0.16	44.60
2308030808	Q. La Arenosa	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031908	Q. El Silencio	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.16	50.00
2308031610	Q. Las Aguadas	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.19	57.11
2308031508	Q. La Salada	0.65	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031620	Q. Las Indias	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.80	0.17	44.60
2308031918	Q. La Vega	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.18	55.30
2308030802	Q. Vallesol	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.60	0.16	50.00
2308031408	Río San Lorenzo	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.16	44.60
2308031612	Q. La Quiebra	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.22	59.70
2308031104	Q. Aures	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308030804	Q. La Habana	0.65	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.60	0.16	50.00
2308030610	Q. Costa Rica	0.78	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.60	0.16	50.00
2308031510	Q. Leticia	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.60	0.16	50.00
2308031916	Q. La Granja	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.60	0.21	59.70
2308031614	Q. La Tolda	0.78	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.80	0.22	59.70
2308031618	Q. Macanal	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.44	0.80	0.21	59.70
2308030601	Río Dormilón	0.53	0.00	0.00	0.00	0.92	0.29	0.60	0.16	50.00
2308031412	Cñda. La Paloma	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.60	0.16	44.60
2308031616	Q. Quebradona	0.83	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.80	0.22	59.70
2308031910	Q. Poral	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.60	0.16	50.00
2308030806	Q. La Tebaida Parte Alta	0.58	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.16	50.00
2308031424	Q. El Popal	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.60	0.22	59.70
2308031422	Q. El Coco	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.22	59.70
2308031414	Q. Sector Corales	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.60	0.16	44.60
2308030608	Q. La Cuba	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.16	50.00
2308031101	Río Samaná Norte	0.65	0.07	3.32	1.14	0.92	0.19	0.60	0.16	50.00

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2308031106	Q. Pocitos	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308032106	Q. Botijas	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.22	59.70
2308032104	Q. Sector San Lorenzo	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.60	0.22	59.70
2308031401	Río Cocorná	0.50	0.01	12.40	0.00	0.00	0.32	0.60	0.20	55.08
2308031420	Q. Salado	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.22	59.70
2308030602	Q. El Trique	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308030908	Q. Las Margaritas	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.16	50.00
2308031416	Q. La Cadavid	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.60	0.21	59.70
2308032101	Río Cocorná Parte Baja	0.88	0.16	3.34	0.16	0.00	0.06	0.60	0.19	52.74
2308031102	Q. Sector Santa Rita	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.16	50.00
2308031912	Q. San Juanal	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031418	Q. La Rumbona	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.22	59.70
2308031001	Río Calderas Parte Media	0.50	0.00	34.51	31.11	0.00	0.31	0.60	0.17	47.20
2308032102	Q. Sector La Arenosa	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.17	46.40
2308030606	Río Dormilón Parte Alta	0.60	0.00	0.00	0.00	0.92	0.31	0.60	0.16	50.00
2308031201	Río Tafetanes	0.18	0.00	36.33	3.07	0.00	0.32	0.60	0.18	50.25
2308031402	Q. San Juan	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.60	0.22	59.70
2308030401	Río San Miguel	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.28	0.60	0.19	47.89
2308030906	Q. La Angurria	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.16	50.00
2308031002	Q. Sinaí	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.16	50.00
2308030418	Q. Sector La Gaviota	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.60	0.16	50.00
2308030604	Q. Cañaveral La Arabia	0.88	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031202	Q. Astillero	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.17	46.40
2308031004	Q. Minarrica	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.16	50.00
2308030416	Q. El Recreo	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.60	0.16	50.00
2308031406	Q. La Hundida	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.60	0.18	46.85
2308030901	Río Samaná Norte	0.80	0.07	3.07	1.13	0.92	0.25	0.60	0.19	48.33
2308031404	Q. Chorrera	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.60	0.22	58.99
2308030414	Q. Guantero	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031204	Q. Las Palomas	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.17	46.40
2308030910	Q. Sector El Prodigio	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.16	50.00
2308030412	Q. Sopetrán	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.30	1.00	0.16	50.00
2308030904	Q. Balsora	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.22	45.70
2308030902	Q. Sector San José - Miraflores	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.22	45.70
2308031006	Q. La Veta	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031008	Q. El Porvenir	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.60	0.16	50.00
2308031032	Q. El Hacha	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.17	46.40
2308030402	Q. Sector El Contento	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.22	45.70
2308031010	Q. La Retirada	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.16	50.00
2308031206	Q. Campoalegre	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.17	46.40
2308031030	Q. Las Palmas	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.17	46.40
2308030701	Río Samaná Norte (mi)	0.80	0.02	1.04	0.40	0.92	0.28	0.60	0.25	52.00
2308030202	Q. Agua Bonita (El Prado)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.22	45.70
2308030404	Q. La Mosca	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308031222	Q. San Bartolo	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.22	49.56
2308031208	Q. Sector Cristalina Cruces	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.60	0.17	46.40

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2308030410	Río San Miguel Parte Alta	0.88	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	1.00	0.18	50.00
2308030212	Q. San José	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308030708	Q. Rabiocadal	0.43	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.22	45.70
2308030406	Q. La Voladora	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	1.00	0.22	45.70
2308030204	Q. Sector Prado	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308031012	Q. El Bosque	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.60	0.16	50.00
2308030710	Q. Sector Serranías	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.42	0.60	0.27	52.00
2308030201	Q. La Miranda	0.55	0.00	0.00	0.00	0.92	0.27	0.60	0.22	45.70
2308030408	Q. Quebradona	0.73	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	1.00	0.22	45.70
2308031212	Q. Honda	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.60	0.17	46.40
2308031216	Q. Minitas	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.60	0.19	43.51
2308031028	Q. Peñoles	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.17	46.40
2308030210	Q. La Mirada	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.44	0.60	0.22	45.70
2308031014	Q. Quebradona	0.88	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.21	46.77
2308030206	Q. La Sapa	0.93	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308031214	Q. Santa Barbara Parte Alta	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.60	0.17	46.40
2308030208	Q. La Miradita	0.85	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.22	45.70
2308031026	Q. Los Medios	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.17	46.40
2308030706	Q. Norcasia	0.40	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308031024	Q. La Aguada	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.17	46.40
2308031016	Q. La Hondita	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.22	45.70
2308030702	Q. Quebradón Parte Alta	0.43	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.22	45.70
2308031210	Q. Chuscal	0.50	0.00	10.63	9.79	0.00	0.41	0.60	0.17	46.40
2308031018	Q. La Zarca	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.22	45.70
2308031022	Río Calderas Parte Alta	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.60	0.19	46.03
2308030502	Q. Peñol Grande	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308030703	Q. Quebradón Parte Baja	0.18	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308031020	Q. Santa Bárbara	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.60	0.22	45.70
2308030501	Río Samaná Norte (mi)	0.43	0.06	2.83	1.12	0.92	0.28	0.60	0.27	52.00
2308030304	Q. Guaduales	0.38	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308030302	Q. Pocitos	0.43	0.00	0.00	0.00	0.92	0.44	0.60	0.22	45.70
2308030102	Q. Limoncillo	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.22	45.70
2308030104	Q. El Urón	0.43	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.22	45.70
2308030312	Q. La Arabia Parte Alta	0.35	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.27	52.00
2308030314	Q. Hoyo Rico	0.53	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.27	52.00
2308030303	Q. La Arabia Parte Baja	0.23	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.60	0.27	52.00
2308030712	Q. La Represa	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.27	52.00
2308030504	Q. Sector Las Vetas	0.58	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.27	52.00
2308030310	Q. Las Vetas	0.35	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.27	52.00
2308030316	Q. Minitas	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.27	52.00
2308030308	Q. Los Limones	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.27	52.00
2308030306	Q. Sutania	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.27	52.00
2308030106	Q. Carrizales	0.53	0.00	0.00	0.00	0.92	0.45	0.60	0.27	52.00
2308030108	Q. El Bagre	0.75	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.27	52.00
2308030110	Q. De Pavas	0.58	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.27	52.00
2308030101	Río Samaná Norte (mi)	0.23	0.06	2.80	1.12	0.92	0.27	0.60	0.27	52.00

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2308030101	Río Samaná Norte (md)	0.28	0.06	2.80	1.12	0.92	0.28	0.60	0.22	45.70
2308030301	Río Samaná Norte (md)	0.43	0.06	2.84	1.13	0.92	0.28	0.60	0.22	45.70
2308030301	Río Samaná Norte (mi)	0.65	0.06	2.84	1.13	0.92	0.28	0.60	0.26	52.00
2308030501	Río Samaná Norte (md)	0.43	0.06	2.83	1.12	0.92	0.28	0.60	0.22	45.70
2308030701	Río Samaná Norte (md)	0.65	0.02	1.04	0.40	0.92	0.25	0.60	0.22	45.70
2308031220	Q. De Cruces	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.60	0.23	39.00
2308031218	Q. El Palmar Parte Alta	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.60	0.23	39.00
2308031644	Río Santo Domingo	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.22	59.70
2308031648	Río Santo Domingo	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.41	0.80	0.21	59.70
2308031650	Río Santo Domingo	0.80	0.00	0.00	0.00	0.92	0.40	0.80	0.20	59.70
2308031646	Río Santo Domingo	0.78	0.00	0.00	0.00	0.92	0.39	0.80	0.22	59.70
2308030704	Q. El Rosario	0.43	0.00	0.00	0.00	0.92	0.43	0.60	0.22	45.70
2308031203	Q. Santa Barbara Parte Baja	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.60	0.17	46.40
2308031205	Q. El Palmar Parte Baja	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.60	0.20	45.22
2308031301	Río Samaná Norte Sector La Mesa 1	0.78	0.05	2.32	0.76	0.92	0.19	0.60	0.16	50.00

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

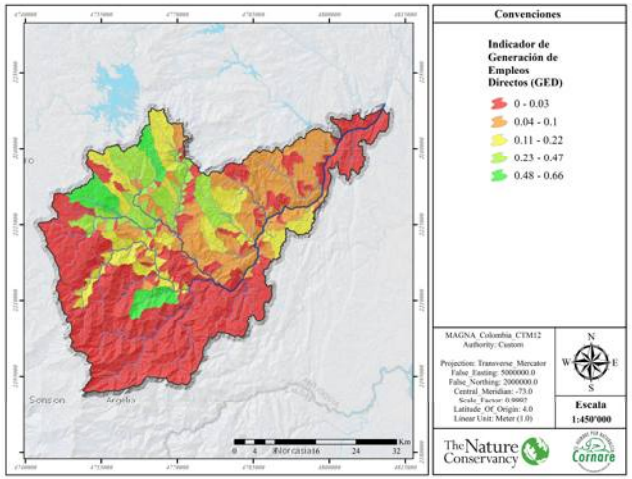
12.1.2 *Síntesis de la condición económica de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3)*

De acuerdo con lo establecido en producto 2 – Fase I, para el componente económico se seleccionaron un total de 3 indicadores, con los cuales se espera capturar el impacto a nivel económico que generan los proyectos hidroeléctricos.

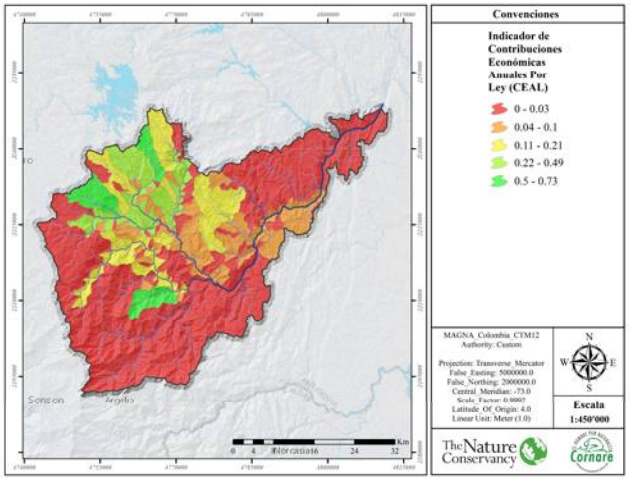
La distribución espacial de los 3 indicadores económicos en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte se presentan en la Figura 358. A nivel general, se observa que las unidades NSS-3 donde se encuentran situados los proyectos hidroenergéticos y las unidades aledañas, presenta una mayor generación de empleos, reciben mayores contribuciones económicas por parte de los proyectos y dinamizan en mayor media la economía local. La información detallada de cada uno de los indicadores en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte pueden ser consultadas en la GDB contenida del Anexo - Fase II - 1.

Figura 358. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad económica en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte

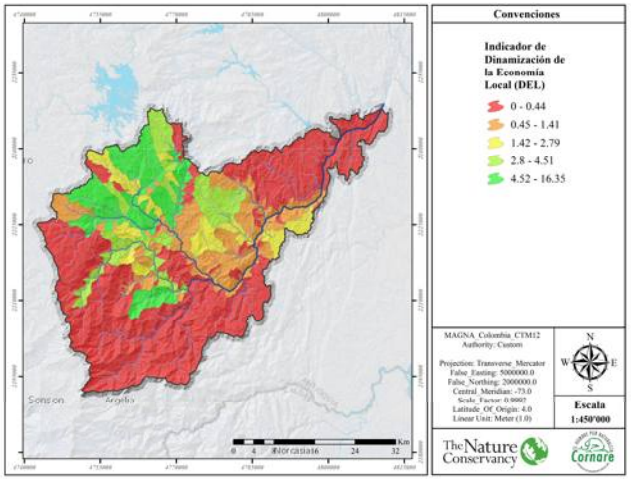
Indicador de Generación de Empleos Directos (GED)



Indicador de Contribuciones Económicas Anuales por Ley (CEAL)



Dinamización de la economía local (DEL)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

Tabla 157. Síntesis de indicadores económicos para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte

ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL	ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL
2308031832	Río Verde Los Montes Parte Alta	0.00	0.00	0.00	**2308031414**	Q. Sector Corales	0.00	0.00	0.00
2308031834	Q. El Diablo	0.00	0.00	0.00	**2308030608**	Q. La Cuba	0.03	0.02	0.47
2308031836	Q. San Jerónimo	0.00	0.00	0.00	**2308031101**	Río Samaná Norte	0.07	0.05	1.00
2308031807	Río Verde Los Montes Parte Baja	0.00	0.00	0.00	**2308031106**	Q. Pocitos	0.04	0.03	0.61
2308031848	Río Cauza Parte Atal	0.00	0.00	0.00	**2308032106**	Q. Botijas	0.04	0.05	1.01
2308031830	Q. La Mula	0.00	0.00	0.00	**2308032104**	Q. Sector San Lorenzo	0.02	0.02	0.41
2308031828	Q. San José	0.00	0.00	0.00	**2308031401**	Río Cocorná	0.35	0.39	8.78
2308031838	Q. La Soledad	0.00	0.00	0.00	**2308031420**	Q. Salado	0.08	0.09	2.05
2308031850	Q. Chupadero	0.00	0.00	0.00	**2308030602**	Q. El Trique	0.04	0.03	0.67
2308031840	Q. Curubital	0.00	0.00	0.00	**2308030908**	Q. Las Margaritas	0.14	0.10	2.08
2308031826	Q. El Coco	0.00	0.00	0.00	**2308031416**	Q. La Cadavid	0.05	0.05	1.19
2308031820	Río Verde de los Henáos Parte Alta	0.00	0.00	0.00	**2308032101**	Río Cocorná Parte Baja	0.06	0.06	1.41
2308031842	Q. Negra	0.00	0.00	0.00	**2308031102**	Q. Sector Santa Rita	0.01	0.01	0.21
2308031822	Q. Los Alumbres	0.00	0.00	0.00	**2308031912**	Q. San Juanal	0.03	0.02	0.46
2308031846	Q. La Leona	0.00	0.00	0.00	**2308031418**	Q. La Rumbona	0.02	0.02	0.52
2308031824	Q. Travesías	0.00	0.00	0.00	**2308031001**	Río Calderas Parte Media	0.34	0.34	7.82
2308031809	Río Cauzal Parte Baja	0.00	0.00	0.00	**2308032102**	Q. Sector La Arenosa	0.07	0.08	1.73
2308031844	Q. Playa Rica	0.00	0.00	0.00	**2308030606**	Río Dormilón Parte Alta	0.29	0.21	4.51
2308031634	Río Santo Domingo	0.00	0.00	0.00	**2308031201**	Río Tafetanes	0.43	0.45	10.24
2308031805	Río Verde de los Henáos Parte Baja	0.00	0.00	0.00	**2308031402**	Q. San Juan	0.17	0.19	4.27

ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL	ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL
2308031803	Río Verde Parte Alta	0.00	0.00	0.00	**2308030401**	Río San Miguel	0.06	0.03	0.70
2308031818	Q. La Torre	0.00	0.00	0.00	**2308030906**	Q. La Angurria	0.02	0.01	0.23
2308032002	Río Chumurro Parte Alta	0.00	0.00	0.00	**2308031002**	Q. Sinaí	0.03	0.02	0.50
2308031852	Q. El Jordán	0.00	0.00	0.00	**2308030418**	Q. Sector La Gaviota	0.02	0.01	0.24
2308031812	Q. Los Andamios	0.00	0.00	0.00	**2308030604**	Q. Cañaveral La Arabia	0.05	0.04	0.83
2308032004	Q. San Pedro	0.00	0.00	0.00	**2308031202**	Q. Astillero	0.09	0.10	2.17
2308031814	Q. Planes	0.00	0.00	0.00	**2308031004**	Q. Minarrica	0.06	0.04	0.92
2308031636	Q. Santa Rita	0.00	0.00	0.00	**2308030416**	Q. El Recreo	0.01	0.01	0.14
2308031816	Q. Peñoles	0.00	0.00	0.00	**2308031406**	Q. La Hundida	0.02	0.02	0.46
2308031810	Q. La Miranda	0.00	0.00	0.00	**2308030901**	Río Samaná Norte	0.09	0.05	1.16
2308031632	Q. El Tibet	0.00	0.00	0.00	**2308031404**	Q. Chorrera	0.66	0.73	16.35
2308031854	Q. La Nútria	0.00	0.00	0.00	**2308030414**	Q. Guantero	0.04	0.03	0.67
2308031672	Q. Quebradona	0.57	0.63	14.04	**2308031204**	Q. Las Palomas	0.07	0.08	1.74
2308031662	Río Melcocho	0.00	0.00	0.00	**2308030910**	Q. Sector El Prodigio	0.01	0.01	0.14
2308031706	Q. Buga	0.00	0.00	0.00	**2308030412**	Q. Sopetrán	0.21	0.15	3.25
2308031856	Q. La Sonadora o Dorada	0.00	0.00	0.00	**2308030904**	Q. Balsora	0.01	0.00	0.02
2308031806	Q. El Campamento	0.00	0.00	0.00	**2308030902**	Q. Sector San José - Miraflores	0.02	0.00	0.03
2308031808	Q. La Cristalina	0.00	0.00	0.00	**2308031006**	Q. La Veta	0.02	0.02	0.35
2308031801	Río Verde Parte Media	0.00	0.00	0.00	**2308031008**	Q. El Porvenir	0.01	0.01	0.15
2308031804	Q. Sector Santa Rosa	0.00	0.00	0.02	**2308031032**	Q. El Hacha	0.38	0.39	8.88
2308031708	Q. La Honda	0.00	0.00	0.00	**2308030402**	Q. Sector El Contento	0.02	0.00	0.02
2308031630	Q. Romasón	0.00	0.00	0.00	**2308031010**	Q. La Retirada	0.03	0.02	0.40
2308031603	Q. La Calera	0.03	0.03	0.61	**2308031206**	Q. Campoalegre	0.04	0.04	0.99
2308032006	Q. La Holanda	0.00	0.00	0.00	**2308031030**	Q. Las Palmas	0.18	0.18	4.12
2308031660	Q. El Plan	0.00	0.00	0.00	**2308030701**	Río Samaná Norte (mi)	0.00	0.00	0.00
2308031802	Q. San Juan	0.00	0.00	0.00	**2308030202**	Q. Agua Bonita (El Prado)	0.01	0.00	0.01
2308031628	Q. Honda	0.00	0.00	0.00	**2308030404**	Q. La Mosca	0.05	0.00	0.07
2308032001	Río Chumurro Parte Baja	0.00	0.00	0.00	**2308031222**	Q. San Bartolo	0.01	0.01	0.28
2308031664	Q. La Aguada	0.00	0.00	0.00	**2308031208**	Q. Sector Cristalina Cruces	0.03	0.03	0.61
2308031674	Q. El Seguro	0.03	0.04	0.79	**2308030410**	Río San Miguel Parte Alta	0.08	0.06	1.26
2308031601	Río Santo Domingo	0.14	0.15	3.35	**2308030212**	Q. San José	0.05	0.00	0.06
2308031658	Q. Segovia	0.00	0.00	0.00	**2308030708**	Q. Rabiocadal	0.06	0.01	0.09
2308031701	Río Samaná Norte	0.03	0.02	0.45	**2308030406**	Q. La Voladora	0.03	0.00	0.04
2308031666	Q. La Cuarenta	0.00	0.00	0.00	**2308030204**	Q. Sector Prado	0.02	0.00	0.02
2308031668	Q. El Brasil	0.06	0.06	1.37	**2308031012**	Q. El Bosque	0.01	0.01	0.20
2308031704	Q. La Bonita	0.06	0.04	0.88	**2308030710**	Q. Sector Serranías	0.00	0.00	0.00
2308032301	Río Verde Parte Baja	0.00	0.00	0.00	**2308030201**	Q. La Miranda	0.09	0.01	0.12
2308031901	Río Calderas Parte Baja	0.07	0.05	1.15	**2308030408**	Q. Quebradona	0.03	0.00	0.04
2308032304	Q. El Chorro	0.00	0.00	0.00	**2308031212**	Q. Honda	0.46	0.47	10.80
2308031602	Q. Santa Rosa	0.00	0.00	0.00	**2308031216**	Q. Minitas	0.11	0.11	2.60
2308031670	Q. Negra	0.02	0.02	0.44	**2308031028**	Q. Peñoles	0.10	0.10	2.34
2308031702	Q. Cachumbo (El Chontillo)	0.02	0.02	0.33	**2308030210**	Q. La Mirada	0.06	0.00	0.08
2308031652	Q. Las Brujas	0.11	0.13	2.79	**2308031014**	Q. Quebradona	0.01	0.00	0.04
2308031626	Q. Esteras	0.00	0.00	0.00	**2308030206**	Q. La Sapa	0.03	0.00	0.04
2308031654	Q. Roblal o La calera	0.00	0.00	0.00	**2308031214**	Q. Santa Barbara Parte Alta	0.47	0.49	11.09
2308032302	Q. San Mateo	0.00	0.00	0.00	**2308030208**	Q. La Miradita	0.06	0.01	0.09

ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL	ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL
2308031656	Q. Sonadora	0.00	0.00	0.00	**2308031026**	Q. Los Medios	0.13	0.14	3.15
2308031502	Q. El Bosque	0.01	0.01	0.19	**2308030706**	Q. Norcasia	0.04	0.00	0.05
2308031604	Q. San Isidro	0.00	0.00	0.00	**2308031024**	Q. La Aguada	0.11	0.12	2.68
2308031638	Q. Sector La Represa	0.00	0.00	0.00	**2308031016**	Q. La Hondita	0.01	0.00	0.01
2308031606	Q. Palo Santo	0.00	0.00	0.00	**2308030702**	Q. Quebradón Parte Alta	0.04	0.00	0.05
2308031410	Río Cocorná	0.00	0.00	0.00	**2308031210**	Q. Chuscal	0.59	0.61	13.89
2308031902	Q. La Pizarra	0.01	0.01	0.22	**2308031018**	Q. La Zarca	0.01	0.00	0.01
2308031504	Q. La Paja	0.00	0.00	0.00	**2308031022**	Río Calderas Parte Alta	0.22	0.19	4.32
2308031640	Q. Las Alfombras	0.00	0.00	0.00	**2308030502**	Q. Peñol Grande	0.06	0.00	0.08
2308031501	Río Samaná Norte Sector La Mesa	0.04	0.03	0.66	**2308030703**	Q. Quebradón Parte Baja	0.04	0.00	0.06
2308031922	Q. La Lora	0.00	0.00	0.00	**2308031020**	Q. Santa Bárbara	0.04	0.00	0.05
2308031506	Q. El Portón	0.02	0.01	0.27	**2308030501**	Río Samaná Norte (mi)	0.00	0.00	0.00
2308031904	Q. La Capitana	0.03	0.02	0.49	**2308030304**	Q. Guaduales	0.00	0.00	0.01
2308031624	Q. Colorados o Los Alpes	0.00	0.00	0.00	**2308030302**	Q. Pocitos	0.02	0.00	0.03
2308030810	Q. El Jagual	0.04	0.03	0.62	**2308030102**	Q. Limoncillo	0.01	0.00	0.01
2308031608	Q. Dos Quebradas	0.00	0.00	0.00	**2308030104**	Q. El Urón	0.02	0.00	0.03
2308031906	Q. El Tabor	0.06	0.04	0.92	**2308030312**	Q. La Arabia Parte Alta	0.00	0.00	0.00
2308031920	Q. Santa Isabel	0.00	0.00	0.00	**2308030314**	Q. Hoyo Rico	0.00	0.00	0.00
2308031642	Q. Sector El Sinaí	0.11	0.13	2.78	**2308030303**	Q. La Arabia Parte Baja	0.00	0.00	0.00
2308030801	Q. La Tebaida	0.08	0.06	1.24	**2308030712**	Q. La Represa	0.00	0.00	0.00
2308031622	Q. Santa Bárbara	0.00	0.00	0.00	**2308030504**	Q. Sector Las Vetas	0.00	0.00	0.00
2308030808	Q. La Arenosa	0.04	0.03	0.64	**2308030310**	Q. Las Vetas	0.00	0.00	0.00
2308031908	Q. El Silencio	0.10	0.07	1.52	**2308030316**	Q. Minitas	0.00	0.00	0.00
2308031610	Q. Las Aguadas	0.01	0.01	0.31	**2308030308**	Q. Los Limones	0.00	0.00	0.00
2308031508	Q. La Salada	0.05	0.04	0.80	**2308030306**	Q. Sutania	0.00	0.00	0.00
2308031620	Q. Las Indias	0.00	0.00	0.00	**2308030106**	Q. Carrizales	0.00	0.00	0.00
2308031918	Q. La Vega	0.00	0.00	0.00	**2308030108**	Q. El Bagre	0.00	0.00	0.00
2308030802	Q. Vallesol	0.01	0.01	0.19	**2308030110**	Q. De Pavas	0.00	0.00	0.00
2308031408	Río San Lorenzo	0.00	0.00	0.00	**2308030101**	Río Samaná Norte (mi)	0.00	0.00	0.00
2308031612	Q. La Quiebra	0.04	0.05	1.10	**2308030101**	Río Samaná Norte (md)	0.02	0.00	0.03
2308031104	Q. Aures	0.13	0.09	2.04	**2308030301**	Río Samaná Norte (md)	0.01	0.00	0.01
2308030804	Q. La Habana	0.09	0.06	1.39	**2308030301**	Río Samaná Norte (mi)	0.00	0.00	0.00
2308030610	Q. Costa Rica	0.01	0.01	0.18	**2308030501**	Río Samaná Norte (md)	0.01	0.00	0.01
2308031510	Q. Leticia	0.01	0.01	0.19	**2308030701**	Río Samaná Norte (md)	0.03	0.00	0.05
2308031916	Q. La Granja	0.14	0.16	3.56	**2308031220**	Q. De Cruces	0.00	0.00	0.00
2308031614	Q. La Tolda	0.03	0.03	0.61	**2308031218**	Q. El Palmar Parte Alta	0.00	0.00	0.00
2308031618	Q. Macanal	0.14	0.15	3.39	**2308031644**	Río Santo Domingo	0.04	0.04	0.97
2308030601	Río Dormilón	0.12	0.08	1.77	**2308031648**	Río Santo Domingo	0.05	0.06	1.24
2308031412	Cñda. La Paloma	0.00	0.00	0.00	**2308031650**	Río Santo Domingo	0.03	0.03	0.71
2308031616	Q. Quebradona	0.07	0.07	1.64	**2308031646**	Río Santo Domingo	0.03	0.03	0.74
2308031910	Q. Poral	0.09	0.06	1.36	**2308030704**	Q. El Rosario	0.02	0.00	0.03
2308030806	Q. La Tebaida Parte Alta	0.15	0.11	2.36	**2308031203**	Q. Santa Barbara Parte Baja	0.08	0.09	1.99
2308031424	Q. El Popal	0.02	0.02	0.46	**2308031205**	Q. El Palmar Parte Baja	0.11	0.11	2.51
2308031422	Q. El Coco	0.08	0.09	2.03	**2308031301**	Río Samaná Norte Sector La Mesa 1	0.01	0.01	0.16

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

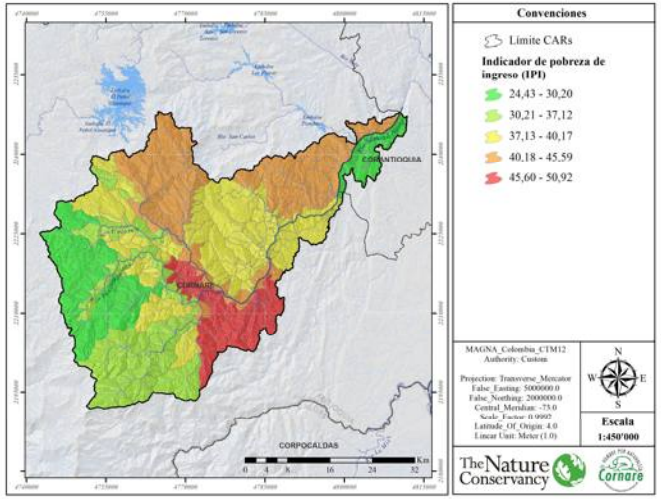
12.1.3 *Síntesis de la condición social de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3)*

De acuerdo con lo establecido en producto 2 – Fase I, se seleccionaron un total de 5 indicadores los cuales capturan impactos como cambio en los valores sociales y cambios en la capacidad de ingreso y bienestar de la comunidad.

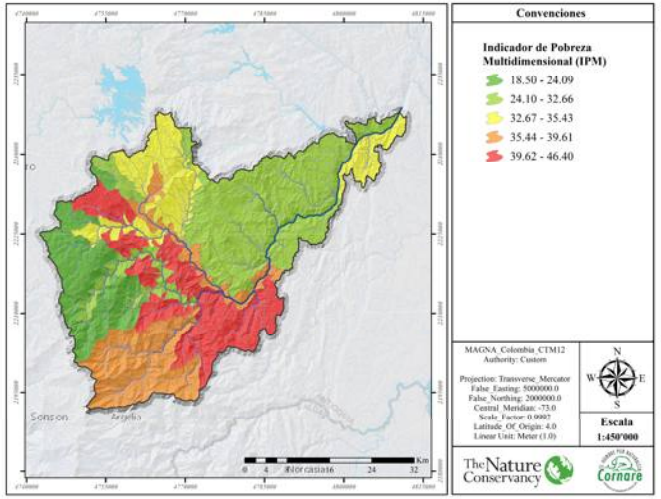
La distribución espacial de los 5 indicadores sociales en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte se presentan en la Figura 359. A nivel general, se observa que la cuenca del río Samaná Norte presenta una amplia cantidad de unidades donde las comunidades reflejan una condición de pobreza alta, tal como los evidencian el indicador de pobreza de ingreso (IPI) y el indicador de pobreza multidimensional (IPM). Este mismo comportamiento se ve reflejado en las condiciones de bienestar social de la población en dichas unidades (ver IB). Por otra parte, aspectos ligados a el componente social como lo es conectividad vial (ver IBeta) muestran que existen zonas donde aún las condiciones de accesibilidad son complejas. Por otra parte, dada la presencia de los proyectos hidroeléctricos en la cuenca, el retorno de inversión social es marcado en las unidades del área de influencia de los mismo (ver SROI). La información detallada de cada uno de los indicadores en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte pueden ser consultadas en la GDB contenida del Anexo - Fase II - 1.

Figura 359. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad social en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte

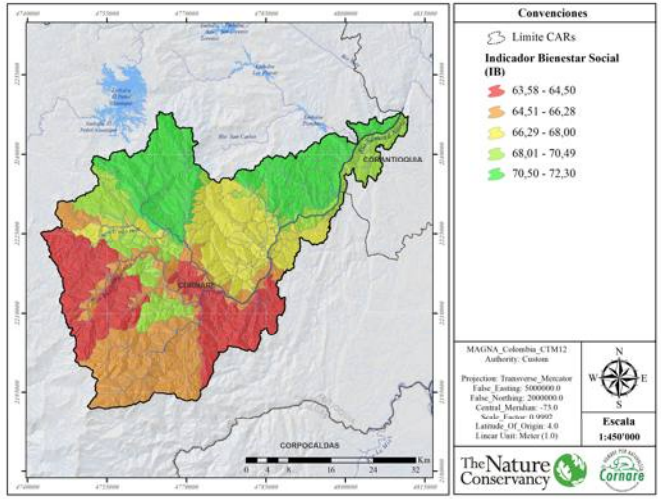
Indicador de pobreza de ingreso (IPI)



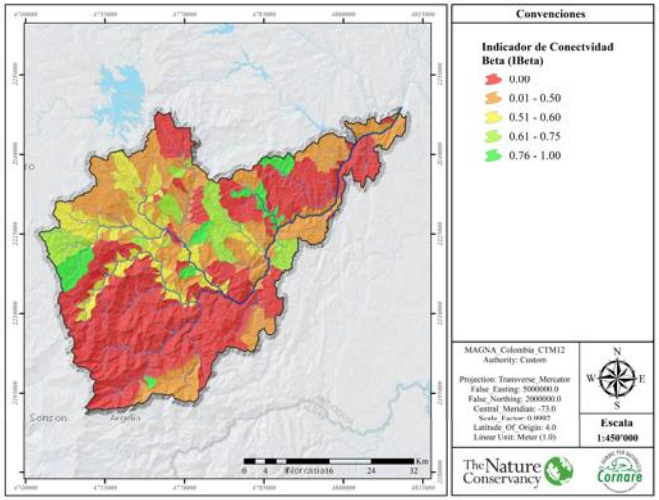
Indicador de Pobreza Multidimensional (IPM)



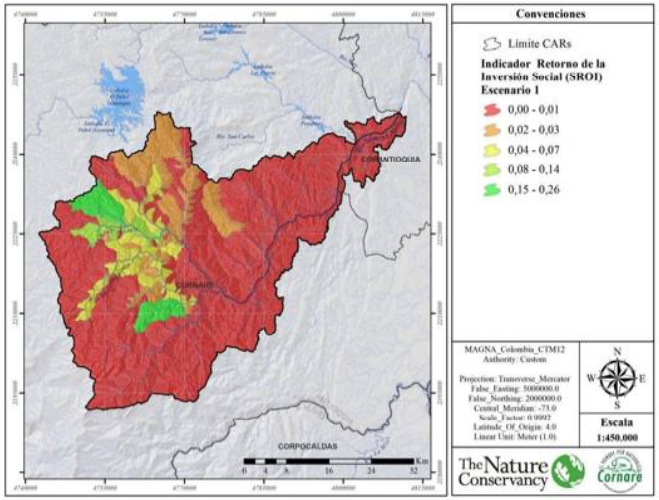
Indicador de Bienestar Social (IB)



Indicador de Conectividad Beta (IBeta)



Indicador de Retorno de Inversión Social (SROI)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

Tabla 158. Síntesis de indicadores sociales para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte

ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI	ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI
2308031832	Río Verde Los Montes Parte Alta	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031414**	Q. Sector Corales	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00
2308031834	Q. El Diablo	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030608**	Q. La Cuba	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308031836	Q. San Jerónimo	36.29	37.90	66.10	0.50	0.00	**2308031101**	Río Samaná Norte	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308031807	Río Verde Los Montes Parte Baja	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031106**	Q. Pocitos	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308031848	Río Cauza Parte Atal	36.29	37.90	66.10	0.50	0.00	**2308032106**	Q. Botijas	40.17	42.90	69.61	0.67	0.02
2308031830	Q. La Mula	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308032104**	Q. Sector San Lorenzo	40.17	42.90	69.61	0.50	0.01
2308031828	Q. San José	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031401**	Río Cocorná	35.35	35.43	68.00	0.60	0.14
2308031838	Q. La Soledad	36.29	37.90	66.10	1.00	0.00	**2308031420**	Q. Salado	40.17	42.90	69.61	0.50	0.03
2308031850	Q. Chupadero	47.29	44.29	64.21	0.00	0.00	**2308030602**	Q. El Trique	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308031840	Q. Curubital	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030908**	Q. Las Margaritas	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308031826	Q. El Coco	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031416**	Q. La Cadavid	40.17	42.90	69.61	0.50	0.02
2308031820	Río Verde de los Henáos Parte Alta	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308032101**	Río Cocorná Parte Baja	41.52	37.93	71.02	0.00	0.01
2308031842	Q. Negra	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031102**	Q. Sector Santa Rita	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031822	Q. Los Alumbres	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031912**	Q. San Juanal	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308031846	Q. La Leona	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031418**	Q. La Rumbona	40.17	42.90	69.61	0.50	0.01
2308031824	Q. Travesías	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031001**	Río Calderas Parte Media	41.50	33.02	70.90	0.50	0.02
2308031809	Río Cauzal Parte Baja	39.24	39.62	65.59	0.00	0.00	**2308032102**	Q. Sector La Arenosa	42.74	33.40	72.30	0.60	0.00
2308031844	Q. Playa Rica	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030606**	Río Dormilón Parte Alta	38.50	32.40	67.01	0.67	0.01
2308031634	Río Santo Domingo	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308031201**	Río Tafetanes	42.00	36.15	71.52	0.54	0.03
2308031805	Río Verde de los Henáos Parte Baja	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031402**	Q. San Juan	40.17	42.90	69.61	0.50	0.07
2308031803	Río Verde Parte Alta	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030401**	Río San Miguel	39.90	32.40	69.29	1.00	0.00
2308031818	Q. La Torre	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030906**	Q. La Angurria	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308032002	Río Chumurro Parte Alta	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308031002**	Q. Sinaí	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308031852	Q. El Jordán	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308030418**	Q. Sector La Gaviota	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031812	Q. Los Andamios	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030604**	Q. Cañaveral La Arabia	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00
2308032004	Q. San Pedro	50.92	46.40	63.58	0.50	0.00	**2308031202**	Q. Astillero	42.74	33.40	72.30	0.50	0.00
2308031814	Q. Planes	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031004**	Q. Minarrica	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031636	Q. Santa Rita	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030416**	Q. El Recreo	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031816	Q. Peñoles	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031406**	Q. La Hundida	29.16	24.09	66.23	0.60	0.01
2308031810	Q. La Miranda	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030901**	Río Samaná Norte	39.38	32.42	68.95	0.50	0.00
2308031632	Q. El Tibet	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308031404**	Q. Chorrera	39.96	42.19	69.60	0.50	0.26
2308031854	Q. La Nútria	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308030414**	Q. Guantero	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031672	Q. Quebradona	40.17	42.90	69.61	0.00	0.22	**2308031204**	Q. Las Palomas	42.74	33.40	72.30	0.50	0.00
2308031662	Río Melcocho	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030910**	Q. Sector El Prodigio	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031706	Q. Buga	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308030412**	Q. Sopetrán	38.50	32.40	67.01	0.00	0.01
2308031856	Q. La Sonadora o Dorada	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308030904**	Q. Balsora	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031806	Q. El Campamento	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030902**	Q. Sector San José - Miraflores	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031808	Q. La Cristalina	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308031006**	Q. La Veta	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031801	Río Verde Parte Media	45.59	43.30	64.50	0.00	0.00	**2308031008**	Q. El Porvenir	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031804	Q. Sector Santa Rosa	37.02	38.84	66.76	0.00	0.00	**2308031032**	Q. El Hacha	42.74	33.40	72.30	0.67	0.02
2308031708	Q. La Honda	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308030402**	Q. Sector El Contento	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031630	Q. Romasón	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308031010**	Q. La Retirada	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031603	Q. La Calera	30.20	27.44	66.28	0.00	0.01	**2308031206**	Q. Campoalegre	42.74	33.40	72.30	0.00	0.00

ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI	ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI
2308032006	Q. La Holanda	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308031030**	Q. Las Palmas	42.74	33.40	72.30	0.50	0.01
2308031660	Q. El Plan	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030701**	Río Samaná Norte (mi)	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308031802	Q. San Juan	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2308030202**	Q. Agua Bonita (El Prado)	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031628	Q. Honda	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030404**	Q. La Mosca	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308032001	Río Chumurro Parte Baja	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308031222**	Q. San Bartolo	37.12	32.66	69.52	0.50	0.00
2308031664	Q. La Aguada	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308031208**	Q. Sector Cristalina Cruces	42.74	33.40	72.30	0.00	0.00
2308031674	Q. El Seguro	40.17	42.90	69.61	0.00	0.01	**2308030410**	Río San Miguel Parte Alta	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031601	Río Santo Domingo	34.30	31.73	66.14	0.55	0.05	**2308030212**	Q. San José	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031658	Q. Segovia	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030708**	Q. Rabiocadal	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031701	Río Samaná Norte	44.10	38.71	65.47	0.00	0.00	**2308030406**	Q. La Voladora	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308031666	Q. La Cuarenta	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030204**	Q. Sector Prado	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031668	Q. El Brasil	40.17	42.90	69.61	0.00	0.02	**2308031012**	Q. El Bosque	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00
2308031704	Q. La Bonita	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00	**2308030710**	Q. Sector Serranías	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308032301	Río Verde Parte Baja	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308030201**	Q. La Miranda	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031901	Río Calderas Parte Baja	42.67	38.12	66.22	0.57	0.00	**2308030408**	Q. Quebradona	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308032304	Q. El Chorro	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308031212**	Q. Honda	42.74	33.40	72.30	0.50	0.02
2308031602	Q. Santa Rosa	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308031216**	Q. Minitas	39.30	28.95	71.18	0.50	0.01
2308031670	Q. Negra	40.17	42.90	69.61	0.00	0.01	**2308031028**	Q. Peñoles	42.74	33.40	72.30	0.00	0.00
2308031702	Q. Cachumbo (El Chontillo)	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00	**2308030210**	Q. La Mirada	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031652	Q. Las Brujas	40.17	42.90	69.61	0.00	0.04	**2308031014**	Q. Quebradona	40.64	32.40	70.49	0.50	0.00
2308031626	Q. Esteras	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030206**	Q. La Sapa	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031654	Q. Roblal o La calera	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308031214**	Q. Santa Barbara Parte Alta	42.74	33.40	72.30	0.56	0.02
2308032302	Q. San Mateo	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308030208**	Q. La Miradita	41.35	32.40	71.64	1.00	0.00
2308031656	Q. Sonadora	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308031026**	Q. Los Medios	42.74	33.40	72.30	0.67	0.01
2308031502	Q. El Bosque	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00	**2308030706**	Q. Norcasia	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308031604	Q. San Isidro	50.92	46.40	63.58	0.50	0.00	**2308031024**	Q. La Aguada	42.74	33.40	72.30	0.50	0.01
2308031638	Q. Sector La Represa	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308031016**	Q. La Hondita	41.35	32.40	71.64	0.67	0.00
2308031606	Q. Palo Santo	50.92	46.40	63.58	0.50	0.00	**2308030702**	Q. Quebradón Parte Alta	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308031410	Río Cocorná	24.43	18.50	64.36	1.00	0.00	**2308031210**	Q. Chuscal	42.74	33.40	72.30	0.50	0.03
2308031902	Q. La Pizarra	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00	**2308031018**	Q. La Zarca	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031504	Q. La Paja	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308031022**	Río Calderas Parte Alta	42.01	32.88	71.96	0.00	0.01
2308031640	Q. Las Alfombras	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030502**	Q. Peñol Grande	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308031501	Río Samaná Norte Sector La Mesa	42.23	36.60	65.98	0.50	0.00	**2308030703**	Q. Quebradón Parte Baja	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308031922	Q. La Lora	50.92	46.40	63.58	0.50	0.00	**2308031020**	Q. Santa Bárbara	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031506	Q. El Portón	42.67	37.10	65.86	0.00	0.00	**2308030501**	Río Samaná Norte (mi)	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308031904	Q. La Capitana	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00	**2308030304**	Q. Guaduales	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308031624	Q. Colorados o Los Alpes	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030302**	Q. Pocitos	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308030810	Q. El Jagual	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00	**2308030102**	Q. Limoncillo	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031608	Q. Dos Quebradas	50.92	46.40	63.58	0.50	0.00	**2308030104**	Q. El Urón	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308031906	Q. El Tabor	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00	**2308030312**	Q. La Arabia Parte Alta	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308031920	Q. Santa Isabel	50.92	46.40	63.58	1.00	0.00	**2308030314**	Q. Hoyo Rico	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308031642	Q. Sector El Sinaí	40.17	42.90	69.61	0.00	0.04	**2308030303**	Q. La Arabia Parte Baja	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308030801	Q. La Tebaida	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00	**2308030712**	Q. La Represa	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308031622	Q. Santa Bárbara	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030504**	Q. Sector Las Vetas	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308030808	Q. La Arenosa	38.50	32.40	67.01	0.00	0.00	**2308030310**	Q. Las Vetas	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308031908	Q. El Silencio	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00	**2308030316**	Q. Minitas	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00

ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI	ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI
2308031610	Q. Las Aguadas	46.49	44.96	66.07	0.40	0.01	**2308030308**	Q. Los Limones	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308031508	Q. La Salada	38.50	32.40	67.01	0.67	0.00	**2308030306**	Q. Sutania	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308031620	Q. Las Indias	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308030106**	Q. Carrizales	30.11	33.10	69.19	0.50	0.00
2308031918	Q. La Vega	50.92	46.40	63.58	0.00	0.00	**2308030108**	Q. El Bagre	30.11	33.10	69.19	0.50	0.00
2308030802	Q. Vallesol	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00	**2308030110**	Q. De Pavas	30.11	33.10	69.19	0.50	0.00
2308031408	Río San Lorenzo	24.43	18.50	64.36	0.63	0.00	**2308030101**	Río Samaná Norte (mi)	30.11	33.10	69.19	0.50	0.00
2308031612	Q. La Quiebra	40.17	42.90	69.61	0.50	0.02	**2308030101**	Río Samaná Norte (md)	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308031104	Q. Aures	38.50	32.40	67.01	0.67	0.00	**2308030301**	Río Samaná Norte (md)	41.35	32.40	71.64	0.50	0.00
2308030804	Q. La Habana	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00	**2308030301**	Río Samaná Norte (mi)	30.11	33.10	69.19	0.00	0.00
2308030610	Q. Costa Rica	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00	**2308030501**	Río Samaná Norte (md)	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031510	Q. Leticia	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00	**2308030701**	Río Samaná Norte (md)	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308031916	Q. La Granja	40.17	42.90	69.61	0.50	0.06	**2308031220**	Q. De Cruces	33.94	22.00	69.43	0.50	0.00
2308031614	Q. La Tolda	40.17	42.90	69.61	0.50	0.01	**2308031218**	Q. El Palmar Parte Alta	33.94	22.00	69.43	0.50	0.00
2308031618	Q. Macanal	40.17	42.90	69.61	0.00	0.05	**2308031644**	Río Santo Domingo	40.17	42.90	69.61	0.00	0.02
2308030601	Río Dormilón	38.50	32.40	67.01	0.55	0.00	**2308031648**	Río Santo Domingo	40.17	42.90	69.61	0.00	0.02
2308031412	Cñda. La Paloma	24.43	18.50	64.36	0.00	0.00	**2308031650**	Río Santo Domingo	40.17	42.90	69.61	0.00	0.01
2308031616	Q. Quebradona	40.17	42.90	69.61	0.00	0.03	**2308031646**	Río Santo Domingo	40.17	42.90	69.61	0.00	0.01
2308031910	Q. Poral	38.50	32.40	67.01	1.00	0.00	**2308030704**	Q. El Rosario	41.35	32.40	71.64	0.00	0.00
2308030806	Q. La Tebaida Parte Alta	38.50	32.40	67.01	0.67	0.01	**2308031203**	Q. Santa Barbara Parte Baja	42.74	33.40	72.30	0.50	0.00
2308031424	Q. El Popal	40.17	42.90	69.61	0.50	0.01	**2308031205**	Q. El Palmar Parte Baja	39.33	30.38	70.99	0.57	0.01
2308031422	Q. El Coco	40.17	42.90	69.61	0.75	0.03	**2308031301**	Río Samaná Norte Sector La Mesa 1	38.50	32.40	67.01	0.50	0.00

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

12.2 Cuenca del río Samaná Sur

12.2.1 *Síntesis de la condición ambientales de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3)*

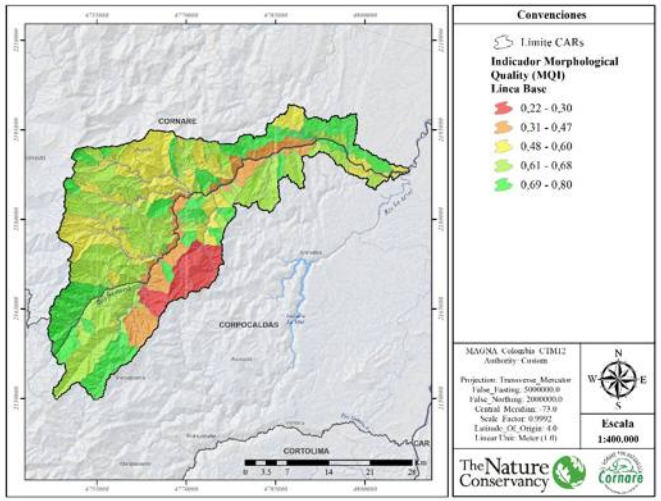
De acuerdo con lo establecido en producto 2 – Fase I, para el componente ambiental se seleccionaron un total de 9 indicadores, los cuales capturan impactos como pérdida de conectividad, variaciones en los regímenes hidrológicos, cambios en el régimen de sedimentos, cambios morfológicos, cambios en los hábitats, condiciones de cambio climático y riesgo. A continuación, se presentan los resultados preliminares obtenidos para el escenario 1 (ver).

De acuerdo con lo establecido en producto 2 – Fase I, para el componente ambiental se seleccionaron un total de 9 indicadores, los cuales capturan impactos como pérdida de conectividad, variaciones en los regímenes hidrológicos, cambios en el régimen de sedimentos, cambios morfológicos, cambios en los hábitats, condiciones de cambio climático y riesgo.

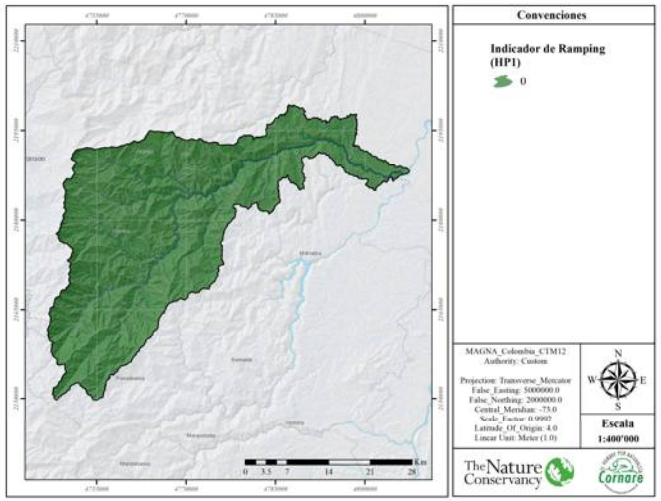
La distribución espacial de los 9 indicadores ambientales en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur se presentan en la Figura 360. A nivel general, se observa que la cuenca del río Samaná Sur presentan una mejor condición que la cuenca del río Samaná Norte en lo que respeta a funciones de los procesos morfológicos como lo son continuidad del flujo de sedimentos y madera, la erosión de las bancas, la inundación periódica de la llanura aluvial, la diversidad morfológica en planta y sección transversal, la movilidad de los sedimentos del lecho y los procesos de interacción con la vegetación, tal como lo indican el indicador de calidad morfológica (MQI) y el indicador de alteración de sedimentos (SAI). Así mismo, se evidencian que no presenta alteraciones en términos de la magnitud, duración y frecuencia de los caudales producto de la presencia y operación de las centrales hidroeléctricas, dado que esta cuenca actualmente no cuenta con la presencia de este tipo de infraestructura (ver indicador HP1 Y DOR). Sin embargo, a nivel biótico, se logran observar cómo algunas unidades de nivel NSS-3 presentan una condición de hábitat reducida, pero no fragmentada como lo indican el DCI y MHSI. Ahora bien, de acuerdo con los indicadores IVH, IVRCC y IGRD, la cuenca del río Samaná Sur presenta amplias zonas con una media a alta vulnerabilidad a condiciones hídricas, de cambio climático y gestión del riesgo. La información detallada de cada uno de los indicadores en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur pueden ser consultadas en la GDB contenida del Anexo - Fase II - 1.

Figura 360. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad ambiental en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur

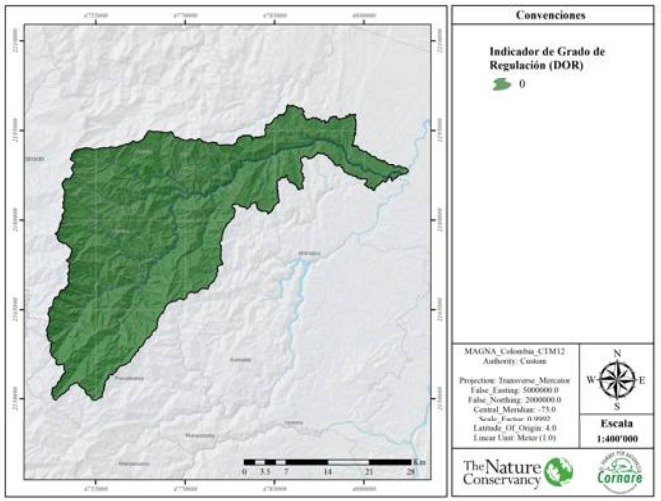
Indicador de Calidad Morfológica (MQI)



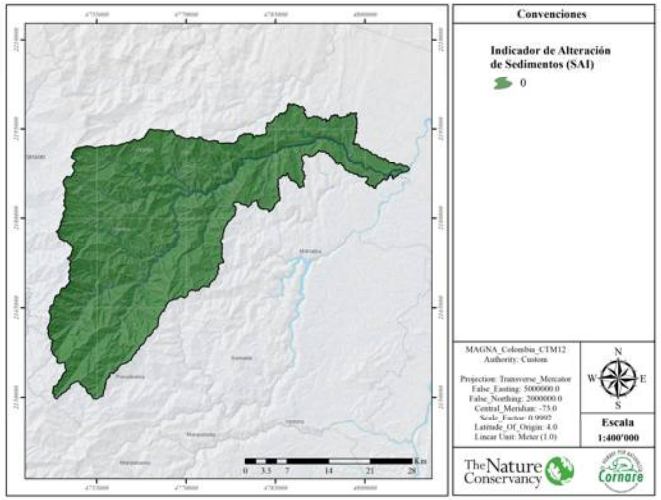
Indicador de Ramping (HP1)



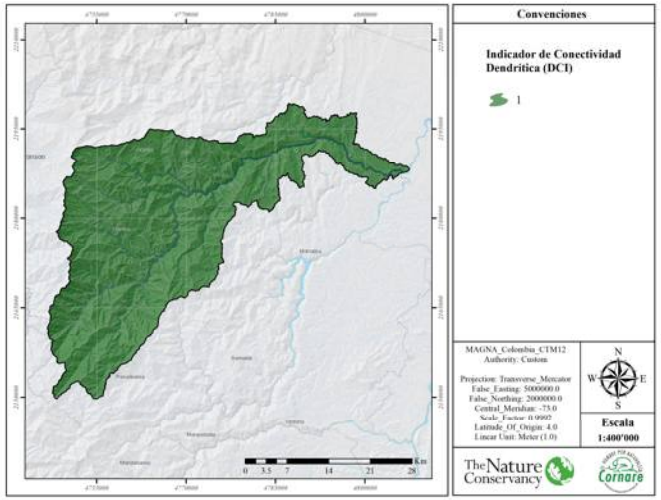
Indicador de Grado de Regulación (DOR)



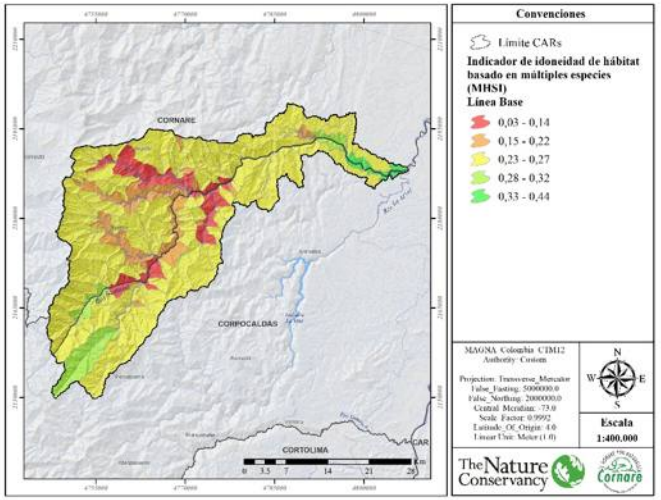
Indicador de Alteración de Sedimentos (SAI)



Indicador de Conectividad Dendrítica (DCI)



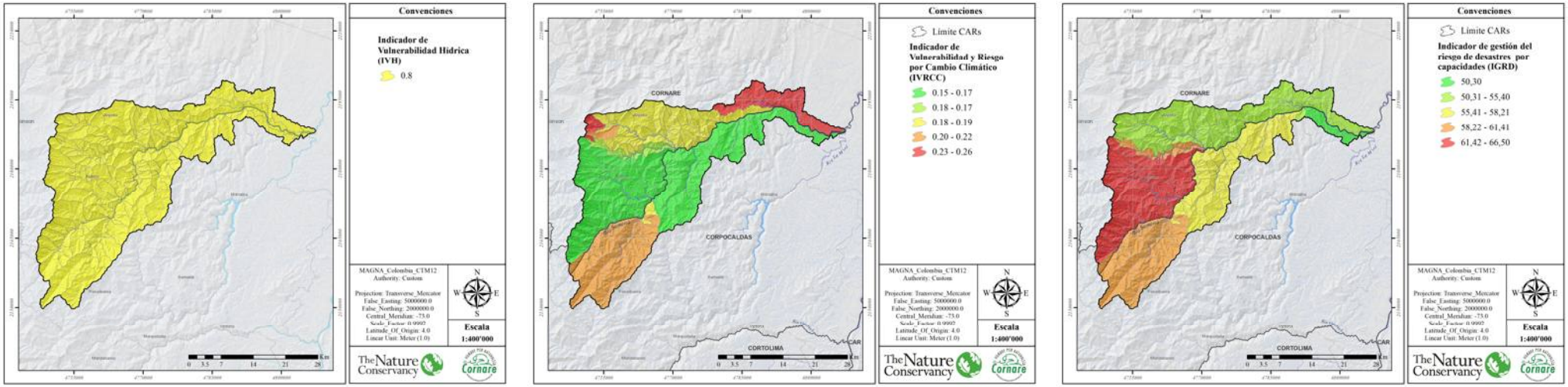
Indicador de Idoneidad de Hábitat Basado en Múltiples Especies (MHSI)



Indicador de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)

Indicador de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático (IVRCC)

Indicadores de Gestión del Riesgo de Desastres (IGRD)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

Tabla 159. Síntesis de indicadores ambientales para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2305011414	Río Alto Samaná Sur Parte Alta	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.20	61.41
2305011412	Q. Los Medios	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50
2305011410	Q. El Volcán	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305011401	Directos al Río Samaná Sur (md)	0.70	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.80	0.16	66.50
2305011408	Q. La Nútria	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305011406	Q. La Española	0.70	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305011404	Q. Cedral Q. El Talego	0.78	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	66.50
2305012104	Q. El Bosque	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50
2305011402	Río Venus	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	66.50
2305012102	Q. La Iguana	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50
2305011904	Q. San Agustín	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305011902	Q. Santa Isabel	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.16	66.50
2305011218	Q. El Diamante	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.16	66.50
2305011501	Directos al Río Samaná Sur 15 (md)	0.48	0.00	0.00	0.00	1.00	0.17	0.80	0.16	66.50
2305011201	Río San Pedro Parte Media	0.53	0.00	0.00	0.00	1.00	0.17	0.80	0.16	66.50
2305011001	Q. Espíritu Santo Parte Baja	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.16	66.50
2305011214	Q. Damas	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	66.50
2305011216	Q. Larga	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50
2305011212	Río Condor	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305011510	Q. El Palmar	0.70	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.16	66.50
2305011508	Q. El Caney	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305011006	Q. San José	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2305011002	Q. La Pradera	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305011210	Río San Andrés	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.17	66.50
2305011506	Q. Santa Rita	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50
2305011004	Q. El Espíritu Santo Parte Alta	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	66.50
2305011208	Q. San Antonio	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.17	66.50
2305011202	Q. San Juan	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.16	66.50
2305011204	Q. El Sirpial Q. El Queso	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.16	66.50
2305011504	Q. Santa Rosa	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305011206	Río San Pedro Parte Alta	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50
2305011502	Q. Santa Ulasia	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50
2305010826	Q. San Juan	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.16	66.50
2305010828	Q. El Silencio Q. La Sordera	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.16	66.50
2305010801	Río Negrito Parte Baja	0.55	0.00	0.00	0.00	1.00	0.17	0.80	0.18	60.45
2305010824	Q. Honda Q. La Pala	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.16	66.50
2305010822	Q. La Linda	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	66.50
2305010834	Q. La Arabia	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305010820	Q. San Gregorio	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	66.50
2305010818	Q. San Miguel	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	66.50
2305010804	Q. Sector La Plata	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.18	55.40
2305010802	Q. Sector El Recreo	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.18	55.40
2305010806	Q. San Agustín	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.18	55.40
2305010808	Q. San Antonio	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.18	55.40
2305010810	Q. San Jerónimo	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.18	55.40
2305010812	Q. Larga Q. Corral	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40
2305010618	Q. La Vidalia	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.18	55.40
2305010816	Río Negrito Parte Alta	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	66.50
2305010904	Q. Las Margaritas	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.18	55.40
2305011302	Río Paloma Parte Baja	0.58	0.00	0.00	0.00	1.00	0.04	0.80	0.18	55.40
2305010616	Q. La Plata	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.18	55.40
2305010814	Cñda. Honda	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.26	55.40
2305010401	Río Pozo	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.18	55.40
2305010601	Río La Paloma Parte Media	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.08	0.80	0.19	55.40
2305010614	Q. San Pablo	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.22	55.40
2305010402	Q. Villanueva	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.18	55.40
2305010902	Q. Claras	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40
2305010201	Q. Chamberi Parte Baja	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.18	55.40
2305010612	Q. La Vibora	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.26	55.40
2305010404	Q. Agua Linda	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40
2305010610	Q. Las Estancias	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.24	55.40
2305010608	Río La Paloma Parte Alta	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.18	55.40
2305010606	Q. El Jardín	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40
2305010102	Q. La Edesma	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.26	55.40
2305010506	Q. Agua Bonita	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.18	55.40
2305010604	Q. El Popal	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40
2305010202	Q. Mesones	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.18	55.40
2305010406	Q. El Risco	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2305010410	Q. El Rosario	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.18	55.40
2305010302	Q. El Mulato	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.26	55.40
2305010408	Q. Dos Quebradas	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.18	55.40
2305010504	Río San Lorenzo Parte Alta	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.27	0.80	0.25	55.40
2305010502	Q. San Francisco	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.26	0.80	0.26	55.40
2305010206	Río El Tigre	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.18	55.40
2305010204	Q. Chamberi Parte Alta	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40
2305011602	Río Dulce	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.80	0.21	59.20
2305011804	Q. Negra	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.21	59.20
2305012112	Q. La Palma	0.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.26	0.80	0.21	59.20
2305011416	Q. Borrascosa	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.21	59.20
2305011401	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.33	0.80	0.21	59.20
2305012114	Q. El Rosario	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	0.26	0.80	0.21	59.20
2305012103	Río Dulce	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.21	59.20
2305012110	Q. El Anime	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.21	59.20
2305011418	Q. Alejandría	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.21	59.20
2305012108		0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.21	59.20
2305011420	Q. Granizales	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.21	59.20
2305011906	Q. Las Mercedes	0.28	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.21	59.20
2305012116	Q. Cartagena	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.21	59.20
2305012106		0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.21	59.20
2305011908	Q. La Rica	0.43	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.21	59.20
2305012002	Q. Riachuello	0.30	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.16	57.30
2305011422		0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.21	59.20
2305012101	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.14	0.80	0.21	59.20
2305011901	Directos al Río Samaná Sur 19 (mi)	0.43	0.00	0.00	0.00	1.00	0.13	0.80	0.19	58.21
2305012202	Río Claro	0.23	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	57.30
2305011910		0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	57.30
2305011501	Directos al Río Samaná Sur 15 (mi)	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	0.17	0.80	0.16	57.30
2305010903	Río Hondo	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.09	0.80	0.16	57.30
2305011518	Q. Las Mulatas	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	57.30
2305010914	Q. El Arenillo	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305011520	Q. Chorro Rico	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305010910		0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.16	57.30
2305010916	Q. Abejorro	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305011522	Q. El Congreso	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305010908		0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305011524	Q. La Mulata	0.78	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305010918	Q. El Congal	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	57.30
2305010510	Q. La Laguna	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	57.30
2305011526		0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305010508	Q. La Concha	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	57.30
2305010906		0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305010704	Q. La Ciega	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305010901	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.12	0.80	0.16	57.30
2305010706		0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.16	57.30

ID-NSS3	Name-NSS3	MQI	HP1	DOR	SAI	DCI	MHSI	IVH	IVRCC	IGRD
2305010708		0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305010501	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0.38	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.16	57.30
2305010101	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.44	0.80	0.15	50.30
2305010106		0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.15	50.30
2305010514	Q. San Antonio	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.27	0.80	0.16	57.30
2305010104		0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.15	50.30
2305010304	Q. El Rosario	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.15	50.30
2305010301	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0.70	0.00	0.00	0.00	1.00	0.31	0.80	0.15	50.30
2305010512	Q. San Roque	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.24	0.80	0.16	57.30
2305010516	Q. La Concha	0.63	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.15	53.96
2305010301	Directos al Río Samaná Sur (md)	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.31	0.80	0.26	55.40
2305010602	Río San Julián	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.22	0.80	0.18	55.40
2305010101	Directos al Río Samaná Sur (md)	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.44	0.80	0.25	55.40
2305010702	Q. El Porvenir	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40
2305010501	Directos al Río Samaná Sur (md)	0.38	0.00	0.00	0.00	1.00	0.23	0.80	0.18	55.40
2305011901	Directos al Río Samaná Sur 19 (md)	0.35	0.00	0.00	0.00	1.00	0.13	0.80	0.16	66.50
2305012101	Directos al Río Samaná Sur 21 (md)	0.65	0.00	0.00	0.00	1.00	0.14	0.80	0.16	66.50
2305010503	Río San Lorenzo Parte Baja	0.73	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.23	55.40
2305010701	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0.45	0.00	0.00	0.00	1.00	0.13	0.80	0.16	57.30
2305010701	Directos al Río Samaná Sur (md)	0.38	0.00	0.00	0.00	1.00	0.13	0.80	0.18	55.40
2305011101	Río Negrito Parte Baja	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.03	0.80	0.17	61.30
2305010832	Q. La Betulia	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.16	66.50
2305010830	Q. Sector Cuesta Media	0.68	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21	0.80	0.16	66.50
2305011203	Río San Andrés Parte Baja	0.53	0.00	0.00	0.00	1.00	0.25	0.80	0.16	66.50
2305011701	Río San Pedro Parte Baja	0.58	0.00	0.00	0.00	1.00	0.08	0.80	0.16	66.50
2305010901	Directos al Río Samaná Sur (md)	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.12	0.80	0.18	55.40

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

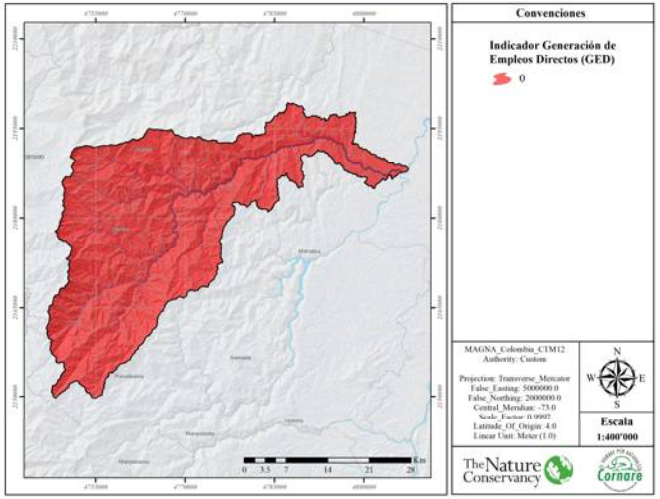
12.2.2 *Síntesis de la condición económica de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3)*

De acuerdo con lo establecido en producto 2 – Fase I, para el componente económico se seleccionaron un total de 3 indicadores, con los cuales se espera capturar el impacto a nivel económico que generan los proyectos hidroeléctricos.

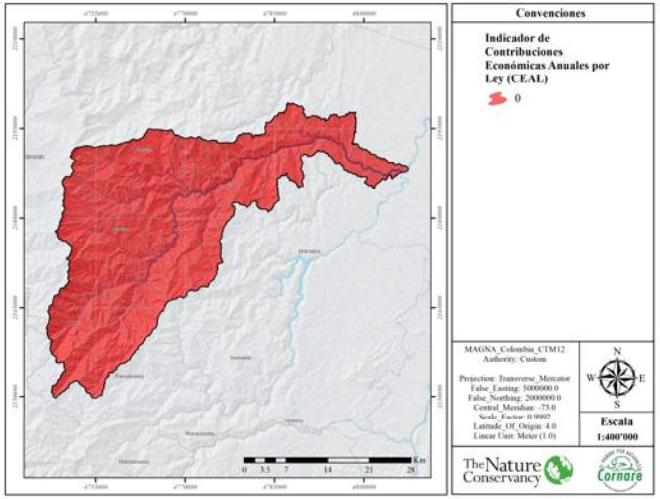
La distribución espacial de los 3 indicadores económicos en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur se presentan en la Figura 361. A nivel general, se observa que producto no presentar proyectos hidroenergéticos, no existe una generación de empleos por partes de los proyectos, ni tampoco reciben contribuciones económicas por parte de los proyectos, lo que a su vez propicia que la economía local no se dinamice. La información detallada de cada uno de los indicadores en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur pueden ser consultadas en la GDB contenida del Anexo - Fase II - 1.

Figura 361. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad económica en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur

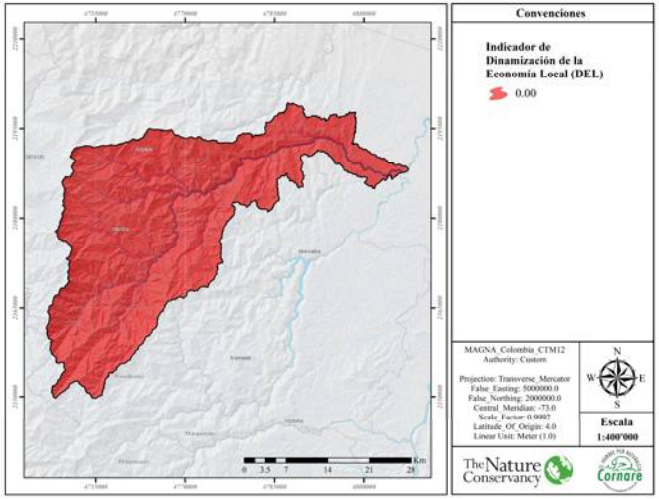
Indicador de Generación de Empleos Directos (GED)



Indicador de Contribuciones Económicas Anuales por Ley (CEAL)



Dinamización de la economía local (DEL)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

Tabla 160. Síntesis de indicadores económicos para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur

ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL	ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL
2305011414	Río Alto Samaná Sur Parte Alta	0	0.00	0.00	**2305010408**	Q. Dos Quebradas	0	0.00	0.00
2305011412	Q. Los Medios	0	0.00	0.00	**2305010504**	Río San Lorenzo Parte Alta	0	0.00	0.00
2305011410	Q. El Volcán	0	0.00	0.00	**2305010502**	Q. San Francisco	0	0.00	0.00
2305011401	Directos al Río Samaná Sur (md)	0	0.00	0.00	**2305010206**	Río El Tigre	0	0.00	0.00
2305011408	Q. La Nútria	0	0.00	0.00	**2305010204**	Q. Chamberi Parte Alta	0	0.00	0.00
2305011406	Q. La Española	0	0.00	0.00	**2305011602**	Río Dulce	0	0.00	0.00
2305011404	Q. Cedral Q. El Talego	0	0.00	0.00	**2305011804**	Q. Negra	0	0.00	0.00
2305012104	Q. El Bosque	0	0.00	0.00	**2305012112**	Q. La Palma	0	0.00	0.00
2305011402	Río Venus	0	0.00	0.00	**2305011416**	Q. Borrascosa	0	0.00	0.00
2305012102	Q. La Iguana	0	0.00	0.00	**2305011401**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0	0.00	0.00
2305011904	Q. San Agustín	0	0.00	0.00	**2305012114**	Q. El Rosario	0	0.00	0.00
2305011902	Q. Santa Isabel	0	0.00	0.00	**2305012103**	Río Dulce	0	0.00	0.00
2305011218	Q. El Diamante	0	0.00	0.00	**2305012110**	Q. El Anime	0	0.00	0.00
2305011501	Directos al Río Samaná Sur 15 (md)	0	0.00	0.00	**2305011418**	Q. Alejandría	0	0.00	0.00
2305011201	Río San Pedro Parte Media	0	0.00	0.00	**2305012108**		0	0.00	0.00
2305011001	Q. Espíritu Santo Parte Baja	0	0.00	0.00	**2305011420**	Q. Granizales	0	0.00	0.00
2305011214	Q. Damas	0	0.00	0.00	**2305011906**	Q. Las Mercedes	0	0.00	0.00

ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL	ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL
2305011216	Q. Larga	0	0.00	0.00	**2305012116**	Q. Cartagena	0	0.00	0.00
2305011212	Río Condor	0	0.00	0.00	**2305012106**		0	0.00	0.00
2305011510	Q. El Palmar	0	0.00	0.00	**2305011908**	Q. La Rica	0	0.00	0.00
2305011508	Q. El Caney	0	0.00	0.00	**2305012002**	Q. Riachuello	0	0.00	0.00
2305011006	Q. San José	0	0.00	0.00	**2305011422**		0	0.00	0.00
2305011002	Q. La Pradera	0	0.00	0.00	**2305012101**	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)	0	0.00	0.00
2305011210	Río San Andrés	0	0.00	0.00	**2305011901**	Directos al Río Samaná Sur 19 (mi)	0	0.00	0.00
2305011506	Q. Santa Rita	0	0.00	0.00	**2305012202**	Río Claro	0	0.00	0.00
2305011004	Q. El Espíritu Santo Parte Alta	0	0.00	0.00	**2305011910**		0	0.00	0.00
2305011208	Q. San Antonio	0	0.00	0.00	**2305011501**	Directos al Río Samaná Sur 15 (mi)	0	0.00	0.00
2305011202	Q. San Juan	0	0.00	0.00	**2305010903**	Río Hondo	0	0.00	0.00
2305011204	Q. El Sirpial Q. El Queso	0	0.00	0.00	**2305011518**	Q. Las Mulatas	0	0.00	0.00
2305011504	Q. Santa Rosa	0	0.00	0.00	**2305010914**	Q. El Arenillo	0	0.00	0.00
2305011206	Río San Pedro Parte Alta	0	0.00	0.00	**2305011520**	Q. Chorro Rico	0	0.00	0.00
2305011502	Q. Santa Ulasia	0	0.00	0.00	**2305010910**		0	0.00	0.00
2305010826	Q. San Juan	0	0.00	0.00	**2305010916**	Q. Abejorro	0	0.00	0.00
2305010828	Q. El Silencio Q. La Sordera	0	0.00	0.00	**2305011522**	Q. El Congreso	0	0.00	0.00
2305010801	Río Negrito Parte Baja	0	0.00	0.00	**2305010908**		0	0.00	0.00
2305010824	Q. Honda Q. La Pala	0	0.00	0.00	**2305011524**	Q. La Mulata	0	0.00	0.00
2305010822	Q. La Linda	0	0.00	0.00	**2305010918**	Q. El Congal	0	0.00	0.00
2305010834	Q. La Arabia	0	0.00	0.00	**2305010510**	Q. La Laguna	0	0.00	0.00
2305010820	Q. San Gregorio	0	0.00	0.00	**2305011526**		0	0.00	0.00
2305010818	Q. San Miguel	0	0.00	0.00	**2305010508**	Q. La Concha	0	0.00	0.00
2305010804	Q. Sector La Plata	0	0.00	0.00	**2305010906**		0	0.00	0.00
2305010802	Q. Sector El Recreo	0	0.00	0.00	**2305010704**	Q. La Ciega	0	0.00	0.00
2305010806	Q. San Agustín	0	0.00	0.00	**2305010901**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0	0.00	0.00
2305010808	Q. San Antonio	0	0.00	0.00	**2305010706**		0	0.00	0.00
2305010810	Q. San Jerónimo	0	0.00	0.00	**2305010708**		0	0.00	0.00
2305010812	Q. Larga Q. Corral	0	0.00	0.00	**2305010501**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0	0.00	0.00
2305010618	Q. La Vidalia	0	0.00	0.00	**2305010101**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0	0.00	0.00
2305010816	Río Negrito Parte Alta	0	0.00	0.00	**2305010106**		0	0.00	0.00
2305010904	Q. Las Margaritas	0	0.00	0.00	**2305010514**	Q. San Antonio	0	0.00	0.00
2305011302	Río Paloma Parte Baja	0	0.00	0.00	**2305010104**		0	0.00	0.00
2305010616	Q. La Plata	0	0.00	0.00	**2305010304**	Q. El Rosario	0	0.00	0.00
2305010814	Cñda. Honda	0	0.00	0.00	**2305010301**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0	0.00	0.00
2305010401	Río Pozo	0	0.00	0.00	**2305010512**	Q. San Roque	0	0.00	0.00
2305010601	Río La Paloma Parte Media	0	0.00	0.00	**2305010516**	Q. La Concha	0	0.00	0.00
2305010614	Q. San Pablo	0	0.00	0.00	**2305010301**	Directos al Río Samaná Sur (md)	0	0.00	0.00
2305010402	Q. Villanueva	0	0.00	0.00	**2305010602**	Río San Julián	0	0.00	0.00
2305010902	Q. Claras	0	0.00	0.00	**2305010101**	Directos al Río Samaná Sur (md)	0	0.00	0.00
2305010201	Q. Chamberi Parte Baja	0	0.00	0.00	**2305010702**	Q. El Porvenir	0	0.00	0.00
2305010612	Q. La Vibora	0	0.00	0.00	**2305010501**	Directos al Río Samaná Sur (md)	0	0.00	0.00
2305010404	Q. Agua Linda	0	0.00	0.00	**2305011901**	Directos al Río Samaná Sur 19 (md)	0	0.00	0.00
2305010610	Q. Las Estancias	0	0.00	0.00	**2305012101**	Directos al Río Samaná Sur 21 (md)	0	0.00	0.00
2305010608	Río La Paloma Parte Alta	0	0.00	0.00	**2305010503**	Río San Lorenzo Parte Baja	0	0.00	0.00
2305010606	Q. El Jardín	0	0.00	0.00	**2305010701**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	0	0.00	0.00

ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL	ID-NSS3	Name-NSS3	GED	CEAL	DEL
2305010102	Q. La Edesma	0	0.00	0.00	**2305010701**	Directos al Río Samaná Sur (md)	0	0.00	0.00
2305010506	Q. Agua Bonita	0	0.00	0.00	**2305011101**	Río Negrito Parte Baja	0	0.00	0.00
2305010604	Q. El Popal	0	0.00	0.00	**2305010832**	Q. La Betulia	0	0.00	0.00
2305010202	Q. Mesones	0	0.00	0.00	**2305010830**	Q. Sector Cuesta Media	0	0.00	0.00
2305010406	Q. El Risco	0	0.00	0.00	**2305011203**	Río San Andrés Parte Baja	0	0.00	0.00
2305010410	Q. El Rosario	0	0.00	0.00	**2305011701**	Río San Pedro Parte Baja	0	0.00	0.00
2305010302	Q. El Mulato	0	0.00	0.00	**2305010901**	Directos al Río Samaná Sur (md)	0	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

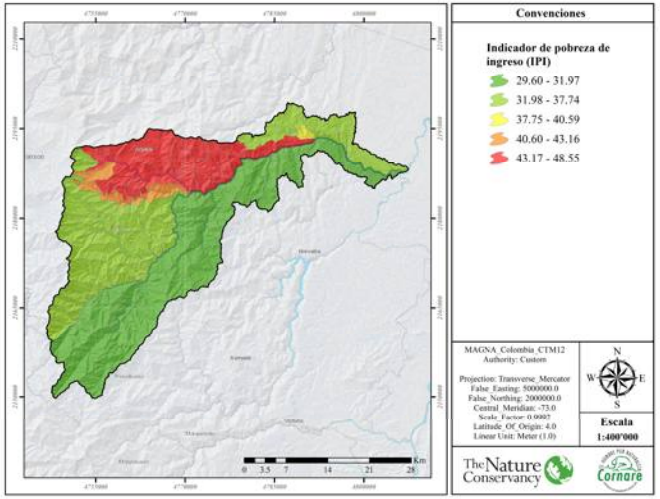
12.2.3 *Síntesis de la condición social de las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3)*

De acuerdo con lo establecido en producto 2 – Fase I, se seleccionaron un total de 5 indicadores los cuales capturan impactos como cambio en los valores sociales y cambios en la capacidad de ingreso y bienestar de la comunidad.

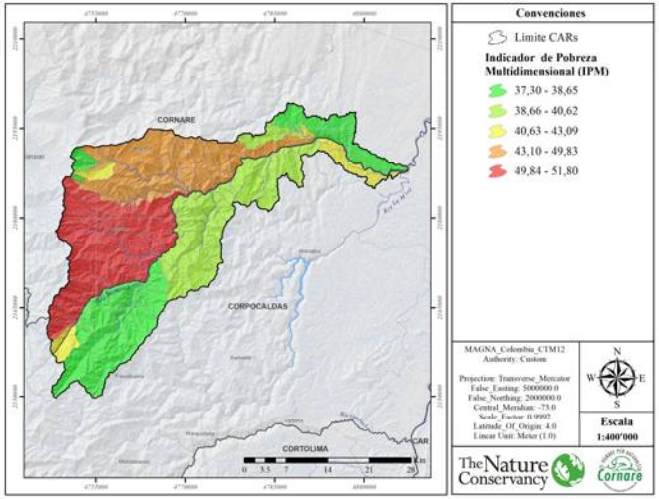
La distribución espacial de los 5 indicadores sociales en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur se presentan en la Figura 362. A nivel general, se observa que la cuenca del río Samaná Sur presenta unas unidades NSS-3 muy marcadas donde las comunidades reflejan una condición de pobreza alta, tal como los evidencian el indicador de pobreza de ingreso (IPI) y el indicador de pobreza multidimensional (IPM). Un comportamiento inverso se ve reflejado en las condiciones de bienestar social de la población (ver IB). Por otra parte, aspectos ligados a el componente social como lo es conectividad vial (ver IBeta) muestran que, en su gran mayoría, la cuenca posee condiciones de difícil acceso. Por otra parte, dada que la cuenca del río Samaná Sur no cuenta en la actualidad con presencia de los proyectos hidroeléctricos, el retorno de inversión social nulo (ver SROI). La información detallada de cada uno de los indicadores en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur pueden ser consultadas en la GDB contenida del Anexo - Fase II - 1.

Figura 362. Distribución espacial de los indicadores de sostenibilidad social en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur

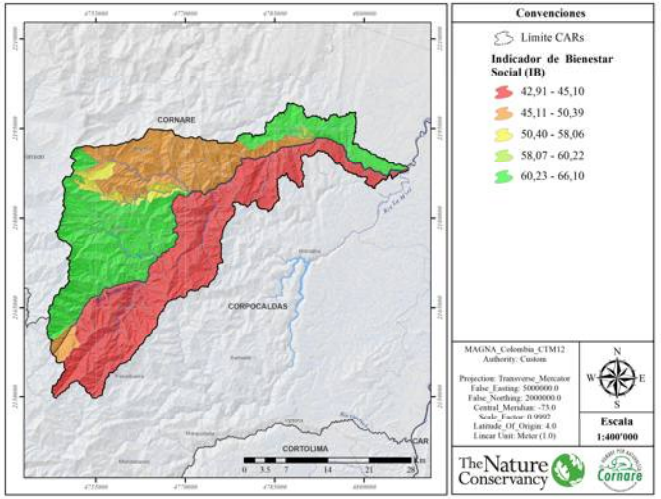
Indicador de pobreza de ingreso (IPI)



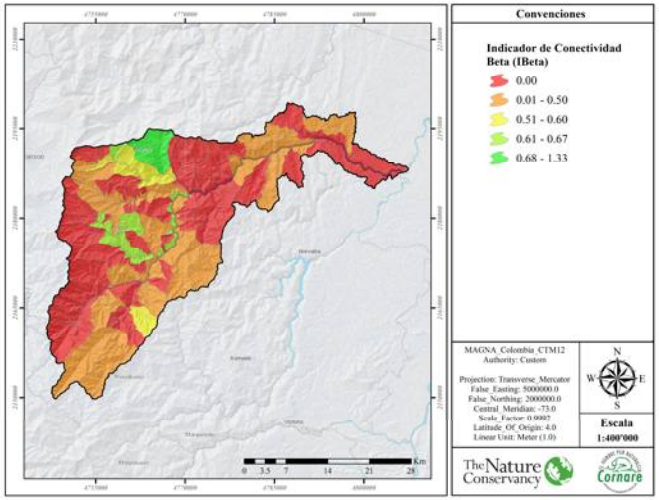
Indicador de Pobreza Multidimensional (IPM)



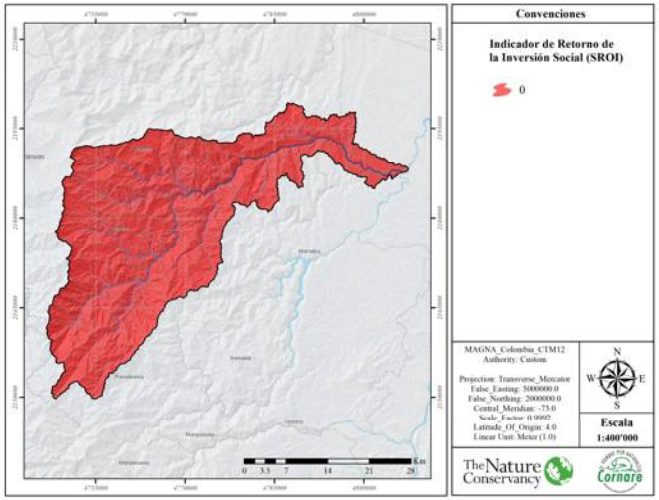
Indicador de Bienestar Social (IB)



Indicador de Conectividad Beta (IBeta)



Indicador de Retorno de Inversión Social (SROI)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

Tabla 161. Síntesis de indicadores sociales para las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Sur

ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI	ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI
2305011414	Río Alto Samaná Sur Parte Alta	31.97	41.69	49.60	0.00	0.00	**2305010408**	Q. Dos Quebradas	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00
2305011412	Q. Los Medios	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305010504**	Río San Lorenzo Parte Alta	37.74	39.17	64.13	0.50	0.00
2305011410	Q. El Volcán	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305010502**	Q. San Francisco	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00
2305011401	Directos al Río Samaná Sur (md)	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305010206**	Río El Tigre	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00
2305011408	Q. La Nútria	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305010204**	Q. Chamberi Parte Alta	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00
2305011406	Q. La Española	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011602**	Río Dulce	29.60	37.30	43.17	0.50	0.00
2305011404	Q. Cedral Q. El Talego	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011804**	Q. Negra	29.60	37.30	43.17	0.50	0.00
2305012104	Q. El Bosque	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305012112**	Q. La Palma	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011402	Río Venus	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011416**	Q. Borrascosa	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305012102	Q. La Iguana	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305011401**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011904	Q. San Agustín	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305012114**	Q. El Rosario	29.60	37.30	43.17	0.60	0.00
2305011902	Q. Santa Isabel	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305012103**	Río Dulce	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011218	Q. El Diamante	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305012110**	Q. El Anime	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011501	Directos al Río Samaná Sur 15 (md)	37.42	51.80	64.39	0.67	0.00	**2305011418**	Q. Alejandría	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011201	Río San Pedro Parte Media	37.42	51.80	64.39	0.67	0.00	**2305012108**		29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011001	Q. Espíritu Santo Parte Baja	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305011420**	Q. Granizales	29.60	37.30	43.17	0.50	0.00
2305011214	Q. Damas	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011906**	Q. Las Mercedes	29.60	37.30	43.17	0.50	0.00
2305011216	Q. Larga	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305012116**	Q. Cartagena	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011212	Río Condor	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305012106**		29.60	37.30	43.17	0.50	0.00
2305011510	Q. El Palmar	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011908**	Q. La Rica	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011508	Q. El Caney	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305012002**	Q. Riachuello	29.60	39.90	42.91	0.50	0.00
2305011006	Q. San José	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011422**		29.60	37.30	43.17	0.50	0.00
2305011002	Q. La Pradera	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305012101**	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)	29.60	37.30	43.17	0.00	0.00
2305011210	Río San Andrés	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011901**	Directos al Río Samaná Sur 19 (mi)	29.60	38.65	43.04	0.50	0.00
2305011506	Q. Santa Rita	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305012202**	Río Claro	29.60	39.90	42.91	0.50	0.00
2305011004	Q. El Espíritu Santo Parte Alta	37.42	51.80	64.39	0.67	0.00	**2305011910**		29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305011208	Q. San Antonio	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011501**	Directos al Río Samaná Sur 15 (mi)	29.60	39.90	42.91	0.50	0.00
2305011202	Q. San Juan	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305010903**	Río Hondo	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305011204	Q. El Sirpial Q. El Queso	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011518**	Q. Las Mulatas	29.60	39.90	42.91	0.50	0.00
2305011504	Q. Santa Rosa	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305010914**	Q. El Arenillo	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305011206	Río San Pedro Parte Alta	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011520**	Q. Chorro Rico	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305011502	Q. Santa Ulasia	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305010910**		29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010826	Q. San Juan	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305010916**	Q. Abejorro	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010828	Q. El Silencio Q. La Sordera	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305011522**	Q. El Congreso	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010801	Río Negrito Parte Baja	43.16	49.83	56.64	0.50	0.00	**2305010908**		29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010824	Q. Honda Q. La Pala	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305011524**	Q. La Mulata	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010822	Q. La Linda	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305010918**	Q. El Congal	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010834	Q. La Arabia	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305010510**	Q. La Laguna	29.60	39.90	42.91	0.50	0.00
2305010820	Q. San Gregorio	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305011526**		29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010818	Q. San Miguel	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00	**2305010508**	Q. La Concha	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010804	Q. Sector La Plata	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010906**		29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010802	Q. Sector El Recreo	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010704**	Q. La Ciega	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010806	Q. San Agustín	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010901**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00

ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI	ID-NSS3	Name-NSS3	IPI	IPM	IB	IBeta	SROI
2305010808	Q. San Antonio	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010706**		29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010810	Q. San Jerónimo	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010708**		29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010812	Q. Larga Q. Corral	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010501**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	29.60	39.90	42.91	0.50	0.00
2305010618	Q. La Vidalia	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010101**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	29.60	41.40	45.10	0.00	0.00
2305010816	Río Negrito Parte Alta	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00	**2305010106**		29.60	41.40	45.10	0.00	0.00
2305010904	Q. Las Margaritas	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010514**	Q. San Antonio	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305011302	Río Paloma Parte Baja	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010104**		29.60	41.40	45.10	0.00	0.00
2305010616	Q. La Plata	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010304**	Q. El Rosario	29.60	41.40	45.10	0.00	0.00
2305010814	Cñda. Honda	36.29	37.90	66.10	0.50	0.00	**2305010301**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	29.60	41.40	45.10	0.00	0.00
2305010401	Río Pozo	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010512**	Q. San Roque	29.60	39.90	42.91	0.50	0.00
2305010601	Río La Paloma Parte Media	47.79	48.03	50.39	0.60	0.00	**2305010516**	Q. La Concha	29.60	40.62	43.96	0.00	0.00
2305010614	Q. San Pablo	42.18	43.09	58.06	0.50	0.00	**2305010301**	Directos al Río Samaná Sur (md)	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00
2305010402	Q. Villanueva	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010602**	Río San Julián	48.55	48.70	49.35	1.33	0.00
2305010902	Q. Claras	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010101**	Directos al Río Samaná Sur (md)	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00
2305010201	Q. Chamberi Parte Baja	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010702**	Q. El Porvenir	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00
2305010612	Q. La Vibora	36.29	37.90	66.10	0.50	0.00	**2305010501**	Directos al Río Samaná Sur (md)	48.55	48.70	49.35	0.50	0.00
2305010404	Q. Agua Linda	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305011901**	Directos al Río Samaná Sur 19 (md)	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00
2305010610	Q. Las Estancias	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2305012101**	Directos al Río Samaná Sur 21 (md)	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00
2305010608	Río La Paloma Parte Alta	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010503**	Río San Lorenzo Parte Baja	40.59	41.69	60.22	0.00	0.00
2305010606	Q. El Jardín	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010701**	Directos al Río Samaná Sur (mi)	29.60	39.90	42.91	0.00	0.00
2305010102	Q. La Edesma	36.29	37.90	66.10	0.00	0.00	**2305010701**	Directos al Río Samaná Sur (md)	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00
2305010506	Q. Agua Bonita	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305011101**	Río Negrito Parte Baja	42.63	50.35	57.36	0.00	0.00
2305010604	Q. El Popal	48.55	48.70	49.35	0.67	0.00	**2305010832**	Q. La Betulia	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00
2305010202	Q. Mesones	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305010830**	Q. Sector Cuesta Media	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00
2305010406	Q. El Risco	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305011203**	Río San Andrés Parte Baja	37.42	51.80	64.39	0.00	0.00
2305010410	Q. El Rosario	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00	**2305011701**	Río San Pedro Parte Baja	37.42	51.80	64.39	0.50	0.00
2305010302	Q. El Mulato	36.29	37.90	66.10	0.50	0.00	**2305010901**	Directos al Río Samaná Sur (md)	48.55	48.70	49.35	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Capítulo 13. Conclusiones

En este apartado de se presenta las conclusiones más relevantes de acuerdo con el análisis del diagnóstico e indicadores ambientales, económicos y sociales en la Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Samaná Norte

La cuenca del Samaná Norte tiene una buena biodiversidad en cuanto a la flora reportada en ella, pues se han reportado más de 359 especies que componen las coberturas boscosas aún presentes y que se caracterizan por poseer una alta riqueza florística, a pesar de ser bosques que han sido sometidos a una tala selectiva con reportes de especies faunísticas con algún grado de amenaza que hacen de la mayoría de los relictos boscosos, áreas con alta importancia ecológica. A esto se suma que de acuerdo a la metodología de *Corine Land Cover Colombia* 2010 nivel II, más de la mitad de la cuenca aún se encuentra con coberturas de bosques. Ese dato da cuenta que aún es posible pensar en la Sostenibilidad de la cuenca, ya que los bosques siguen presentes a pesar de los embates para ampliación de la frontera agrícola, como se pudo evidenciar en campo al ver pequeñas áreas quemadas y parcelas de monte tumbadas con el fin de implementar cultivos transitorios y pasto para ganadería vacuno.

Lo anterior se puede comprobar como una práctica sistemática de uso del territorio por parte de los propietarios de los predios, ya que entre los años 2000 y 2017 hubo cambios negativos o pérdidas de coberturas boscosas o equivalentes a 65105 hectáreas. Pero paradójicamente en el mismo periodo hubo un cambio positivo de aumento de coberturas boscosas o permanencia de ellas en 85138,12 ha.

Es de resaltar que al comparar el periodo de tiempo más corto de cambio de coberturas entre 2002 y 2017, fueron más los cambios positivos o de permanencia de coberturas boscosas, representadas en 72990,25 ha. Este dato refuta la apreciación que se tenía sobre la hipótesis que se tenía en cuanto a que el retorno en los últimos años ha sido el causante de la pérdida de bosques debido a la ampliación de la frontera agrícola realizada por parte de los campesinos que vuelven a labrar y trabajar sus parcelas o predios.

En la recapitulación sobre el inventario y estado de la biodiversidad de la cuenca Samaná Norte se encuentran agrupadas las siguientes fuentes principales: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica – POMCA (Cornare & Corantioquia, 2017), *Global Biodiversity Facility Information* (*GBIF.Org*, 2021) y *The IUCN Red List of Threatened Species* (IUCN, 2021). Estos resultados arrojan una biodiversa de 4238 especies, agrupadas en 2715 especies de plantas (7,8% a nivel nacional), 13 especies de hongos (0,74% a nivel nacional) y 1510 especies de fauna (6,1% a nivel nacional) incluidas arañas, caracoles, cangrejos e insectos, Esta riqueza que agrupa varias fuentes de información, supera las 3770 reportadas por el POMCA y las 3514 especies agrupadas en GBIF.

De las 296 especies de plantas asociadas a los ecosistemas acuáticos propuestas en el POMCA, se halló distribución el 61,5% (182) de las especies de plantas, 19 de helófitas y 158 de riparias, distribuidas según los registros con georreferenciación y nivel de cuenca NSS 2 en el río Cocorná 75 especies y el río Dormilón 68 especies Las formas de vida más comunes fueron las plantas de zona riparia (90,1% de las especies) y seguidas de las helófitas (9,9% de las especies). Las especies de

mayor distribución fueron *Tapirira guianensis* (61 registros en 16 subcuencas), *Simarouba amara* (39 registros en 14 subcuencas), *Jacaranda copaia* (42 registros en 13 subcuencas) y (58 registros en 13 subcuencas), y las de menor distribución fueron *Amaranthus spinosus, Andropogon bicornis, Aphelandra runcinata, Arundo donax, Asplenium formosum, Asplenium laetum* y *Asplenium serratum*.

La diversidad de especies de fauna en la cuenca Samaná Norte, arrojó una riqueza total de 1510 especies de animales distribuida en los siguientes grupos: 229 especies de insectos, 6 especies de arañas, 5 especies de caracoles, 2 especies de cangrejos, 98 especies de peces con esqueleto óseos, una especie de pez con esqueleto cartilaginoso, 101 especies de anfibios, 118 especies de reptiles, 786 especies de aves y 164 especies de mamíferos.

Del total de especies de fauna reportadas, se definió distribución de 1105 especies (73,1% del total) en las subcuencas NSS 2 del sistema hídrico Samaná Norte, presentándose la mayor concentración de datos y especies en el río Cocorná con 19824 registros (58,1%) y 590 especies (53,4%), seguido del río Santo Domingo con 5229 registros (15,3%) y 504 especies (45,6%), el Río Dormilón con 569 registros (1,7%) y 281 especies (25, 4%) y la quebrada La Tebaida con 4355 registros (12,8 5) y 278 especies (25,2%). La tangara dorsirroja *Ramphocelus dimidiatus* fue el ave con mayor distribución en 14 de las subcuencas, obteniéndose la mayor densidad de observaciones en el Río Cocorná, mientras que 285 especies presentaron un solo registro para la toda la cueca.

Se definió distribución para 124 especies de animales asociados a ecosistemas acuáticos en la cuenca Samaná Norte, lo que equivale al 82,1% del total de especies que se relacionan con los ecosistemas acuáticos de la cuenca. Estas especies agrupan 940 registros de animales, los cuales presentaron mayor distribución en el río Cocorná con 367 registros (39,0%) y 56 especies (45,2%), seguido de la quebrada La Tebaida con 110 registros (11,7%) y 15 especies (12,1%), el río Tafetanes con 63 registros (6,7%) y 23 especies (18, 5%) y el río Dormilón con 56 registros (6,0%) y 32 especies (25,8%).

De las 99 especies reportadas para la cuenca, se descartaron 12 especies de los géneros *Parodon, Eigenmannia, Sternopygus, Trichomycterus* y *Astroblepus*, que no presentan distribución para la cuenca, lo cual se puede atribuir a errores en la identificación, a la falta de estudios en las especies de la región y a la falta de revisión y actualización de los contenidos en las colecciones Ictiológicas y bases de datos. Lugo de esta depuración, se encontraron 87 especies de peces agrupados en, 25 familias y ocho órdenes taxonómicos. Las familias con mayor número de especies corresponden a Characidae (21,84%), seguido de Loricariidae (14,94%), Astroblepidae (8,05%), Cichlidae (6,90%), Pimelodidae (5,75%), en conjunto representan el 56,8% de las especies registradas.

La cantidad de registros de peces es muy baja en comparación a los otros grupos de animales, las aves son las que aportan la mayoría con el 89% de los registros, lo cual se atribuye a la actividad de avistamiento de aves como ciencia participativa. Los peces aportan el 0,8% del total de los registros seguidos por los anfibios (1,8%), insectos (2,8%) y mamíferos (5,3%)

Estas diferencias en la distribución de registros y especies, se debe la cercanía de los lugares donde se realizan los inventarios con la autopista Medellín Bogotá y al acceso a sitios turísticos de naturaleza, siendo la observación de aves la actividad que más reportes realiza.

En las áreas protegidas se han reportan 10137 registros agrupados 1647 especies, de las cuales 1024 son plantas, 12 son hongos y 612 son especies de animales. La distribución de los registros georreferenciados en las áreas protegidas de la cuenca Samaná Norte presentó la mayor riqueza de especies en la Reserva Forestal Protectora Regional Los Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo con 971 especies que agrupan 6.265 registros seguida por la RFRR La Tebaida con 434 especies que agrupan 947 registro. Los resultados evidencian la falta de estudios con rigor científico que demuestren la importancia de estas zonas para el sostenimiento ecosistémico de la cuenca Samaná Norte, además expone la necesidad de declarar áreas protegidas en la zona media y baja de la cuenca que permitan la conexión longitudinal y altitudinal de los ecosistemas.

En la fracción de ecosistema de Páramo identificada en la cuenca Samaná Norte solo se reporta una especie de curuba (*Passiflora cumbalensis*) y 4 registros de ranas del género *Pristimantis*. Estos reportes representan una pequeña fracción de la biodiversidad de la alta montaña en la cuenca del Samaná Norte, y aunque es una pequeña fracción del Paramó de Sonsón es necesario investigar y conservar este ecosistema estratégico para el país.

En cuanto a los usos de la biodiversidad en la cuenca Samaná Norte se identificaron 180 especies para el servicio ecosistémico de aprovisionamiento, las cuales son usadas para alimentos y materias primas destinadas a la construcción de viviendas, herramientas, y utensilios para el hogar, como también hay especies usadas como fuente de medicinas, alimentación de animales y para uso ornamental.

La distribución de estas especies usadas en la cuenca se refriere a la presencia de la especie, por tal motivo no se puede asegurar que en ese lugar se haga el aprovechamiento de las especies, la distribución de los registros de la biodiversidad usada se concentra hacia las áreas que circundan las vías de la cuenca y hay más concentración de personas.

En lo referente a los servicios de aprovisionamiento, se presenta la pesca como una actividad que genera gran aporte a la seguridad alimentaria y a los recursos económicos de la región

En cuanto a la cantidad de especies de peces que se usan como alimento, vale la pena resaltar que las comunidades de la cuenca Samaná Norte manifiestan que todas las especies son comestibles, aunque hay preferencias por las especies de mayor tamaño y de valor comercial.

En cuento a los registro y modelos propuestos para la cuenca, es necesario corroborar la distribución del blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) en el río Calderas, la identificación taxonómica de las especies y ajustar en los modelos de distribución de especies la ubicación de las barreras geográficas que limitan la migración de los peces. En el documento se proponen tres barreras que deben ser mejor estudiadas.

En cuanto a las categorías de amenaza de para todas las especies reportadas para la cuenca Samaná Norte, se presentan 151 especies

La distribución de las especies amenazadas en la cuenca Samaná Norte se halló para 107 especies, 67 plantas y 42 animales, siendo la categoría vulnerable (VU) la más recurrente con 66 especies, seguido por en peligro (EN) con 35 especies y en peligro crítico (CR) con 6 especies. Las subcuencas NSS 2 con mayor número de registros y de especies amenazadas fueron, el río Cocorná (349 registros

con 26 especies), el río Santo Domingo (107 registros con 26 especies) y el río Dormilón (98 registros con 26 especies).

La migración de peces es considerada un atributo ecológico clave para los ecosistemas acuáticos de la Cuenca Samaná Norte, esto se debe a la necesidad fisiológica que tienen los peces de remontar los ríos para su reproducción, lo cual es aprovechado por la región como fuente de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de alimento para las personas, como por las demás especies de animales que aprovechan los peces como fuente nutritiva para el sostenimiento de la vida.

La fragmentación de hábitat modifica aspectos ambientales para el desarrollo de las historias de vida de las especies de peces locales, así como la irrupción de las rutas migratorias que los peces utilizan para llevar a cabo su reproducción, promoviendo en ambos casos la reducción de las poblaciones naturales de especies endémicas que son importantes como recurso pesquero, también ejercen disminución de los sedimentos y nutrientes necesarios para el desarrollo de la vida en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados a la cuenca del río Magdalena. Además, estos proyectos dan lugar a un proceso de transformación en los modos de vida de los habitantes, en su economía, en las relaciones sociales y en la cultura

Los efectos de estas actividades sobre los ecosistemas acuáticos de la región del Magdalena son diversos, lo que no solo afecta de forma negativa la calidad del agua para el consumo humano, sino también la dinámica natural del río y con ello la pérdida de la biota natural asociada al ecosistema.

En la cuenca Samaná Norte se pueden encontrar cerca del 58% de las especies endémicas reportadas con distribución en la cuenca del río Magdalena – Cauca (233 especies, 158 endémicas)

Mediante la estimación del MQI en la cuenca del río Calderas (MQI pobre), se determinó que los afluentes Cocorná (parte baja y media), Tafetanes y la quebrada Los Medios presentan calidad morfológica pobre. Por otra parte, el MQI estimado en la parte baja de cuenca del río Samaná Norte arrojo calidad morfológica muy pobre y pobre. De forma general se concluye que la cuenca presenta un alto grado de intervenciones antrópicas que modifican la dinámica fluvial de los ríos Cocorná, Tafetanes, Calderas, parte baja del Samaná Norte y la quebrada los medios. Se debe resaltar que en ningún NSS3 se presenta un MQI Alto.

El grado de regulación estimado es una evidencia del efecto de los proyectos Tafetanes y la Calderas (exportan agua), estas alteraciones también generan una retención de los sedimentos afectando la dinámica sedimentológica principalmente en el río Tafetanes y en la quebrada Los Medios, sin embargo, la reducción de la carga se propaga generando una alteración en los sedimentos del río Calderas que oscila entre 2-5%.

En cuanto a la conectividad dendrítica, se estimó que actualmente la cuenca del Samaná Norte presenta un DCI de 58,9, la desconexión actual de la red (433 kilómetros) es generada por el proyecto San Miguel ya que genera una barrera longitudinal en el río Calderas. Adicionalmente, se determinó que el emplazamiento de un proyecto sobre el río Samaná Norte generaría un DCI inferior a 30.

Finalmente, La vulnerabilidad hídrica en la cuenca del río Samaná Norte se encuentra en las categorías media, baja y muy baja, esto se debe principalmente a la alta oferta hídrica (rendimiento de 89 l/s/km^2 en la cuenca). Sin embargo, la variabilidad interanual en la cuenca es un forzador que

afecta drásticamente los rendimientos de la cuenca, particularmente, la ocurrencia de El Niño disminuye el rendimiento de la cuenca a 45 l/s/km^2, lo que puede generar conflictos de uso por el agua.

La dinámica poblacional de los municipios de la cuenca refleja los impactos que el conflicto armado y su consecuente desplazamiento forzado generó sobre su territorio. Esta situación se ve ilustrada en el descenso del tamaño de la población en siete de los nueve municipios; siendo las excepciones los municipios de El Carmen y El Santuario, cuya población ha crecido de manera sostenida, como resultado de la dinámica económica e inmobiliaria de la región Valle de San Nicolás estrechamente relacionada con la ciudad de Medellín y su área metropolitana. Para el año 2018 la población la población de los municipios muestra indicadores de recuperación con excepción de los municipios de Puerto Nare, San Francisco y Sonsón cuyas poblaciones continúan en descenso. En la totalidad de los municipios es evidente la urbanización de su población.

Las actividades económicas en la cuenca se enmarcan en la producción agropecuaria tradicional en combinación con una tendencia reciente hacia la diversificación con base en la oferta de servicios turísticos a visitantes atraídos por la oferta paisajística. Esta posibilidad de generar recursos económicos a partir del turismo ha resurgido gracias a la superación del conflicto armado.

Las comunidades manifiestan preocupación por amenazas sobre los recursos naturales, principalmente relacionadas con la construcción de centrales hidroeléctricas, minería y deforestación. En consonancia se identifica niveles de conocimiento frente al tema y actitud de defensa por el territorio. Esta actitud parte de la experiencia de las comunidades y líderes en procesos de defensa adelantados por los múltiples proyectos hidroeléctricos que han tenido lugar en el territorio.

Samaná Sur

En la cuenca del Samaná Sur se detectaron 8 especies de flora con algún grado de amenaza y 5 especies en veda que debería ser tenidos en cuenta como prioritarias en futuros proyectos o iniciativas de conservación. Y en cuando a fauna, se encontraron seis especies categorizadas en riesgo de amenaza, cinco en riesgo vulnerable y una en riesgo Crítico. Es importante mencionar que la parte norte de la cuenca del Samaná Sur es un corredor con presencia del jaguar, el cual es considerado una especie sombrilla, que da cuenta del estado de salud de los ecosistemas naturales aún presentes en la cuenca.

La cuenca del Samaná Sur posee varias áreas protegidas que contribuyen a la conservación de la misma y por lo tanto a la Sostenibilidad ambiental, representada en coberturas boscosas, como lo determinó el POMCA al identificar que representan casi la mitad de la cuenca, los cuales están asociados generalmente a las áreas protegidas y las cuencas alta de los principales afluentes o ríos tributarios que conforman la cuenca del Samaná Sur. Ese dato da cuenta que aún es posible pensar en la Sostenibilidad de la cuenca, ya que los bosques siguen presentes a pesar de los embates para ampliación de la frontera agrícola, como se pudo evidenciar en campo al ver pequeñas áreas quemadas y parcelas de monte tumbadas con el fin de implementar cultivos transitorios y pasto para ganadería vacuno.

Lo anterior se puede comprobar como una práctica sistemática de uso del territorio por parte de los propietarios de los predios, ya que entre los años 2000 y 2017 hubo un cambio negativo en los

mosaicos de cultivos, combinados con espacios naturales y vegetación secundaria que están asociados a ampliación de la frontera agrícola que se va dando de manera casi invisible, sutil, pero sistemática asociados a los entornos urbanos de los municipios de Nariño y Argelia de Mar.

Se identifico una biodiversidad en la cuenca Samaná Sur de 2357 especies, agrupadas en 1218 especies de plantas (3,2% a nivel nacional), 9 especies de hongos (0,51% a nivel nacional) y 1218 especies de animales (4,9% a nivel nacional) incluidas arañas, caracoles, cangrejos e insectos. Esta riqueza que agrupa varias fuentes de información, supera las 1374 reportadas por el POMCA y las 1473 especies agrupadas en GBIF.

En total se encontró distribución para el 53,67% (73) especies de plantas asociadas a ecosistemas acuáticos, una especie hidrófita, cuatro especies de helófitas y 67 especies de riparias, las cuales aparecen en 190 registros distribuidos en 19 subcuencas NSS 2, de las 21 que conforman la cuenca Samaná Sur, siendo el río Claro con 26 especies y el río San Pedro con 19 especies los ecosistemas con mayor cantidad de especies.

La fauna en la cuenca Samaná Sur arrojó una riqueza total de 1217 especies de animales distribuida en los siguientes grupos: 82 especies de insectos, una especie de araña, 65 especies de peces (Actinopterygii 64 especies, Chondrichthyes 1 especie), 122 especies de anfibios, 60 especies de reptiles, 766 especies de aves y 121 especies de mamíferos (Mammalia 121 especies). Del total de especies reportadas, se definió distribución en la cueca para 725 especies, lo que equivale al 59,5% del total de especies que presentaron la mayor concentración de datos y especies en la cuenca Directos al Río Samaná Sur-19 con 3505 registros (42,1%) y 240 especies (33,1%), seguido de la cuenca Directos al Río Samaná Sur- 21 con 1258 registros (15,1%) y 229 especies (31,5%), el río Claro con 506 registros (6,08%) y 218 especies (30,07%), y Río San Lorenzo y Directos al Río Samaná Sur-05 con 465 registros (5,59%) y 150 especies (20,69%).

De las 65 especies de peces reportadas para la cuenca, se descartaron ocho especies de los géneros Astyanax, Hemibrycon, Characidium, Parodon, Prochilodus, Andinoacara, Apteronotus , Pimelodella, que no presentan distribución para la cuenca, lo cual se puede atribuir a errores en la identificación, a la falta de estudios en las especies de la región y a la falta de revisión y actualización de los contenidos en las colecciones Ictiológicas y bases de datos. Lugo de esta depuración, se encontraron 57 especies de peces agrupados en, 18 familias y seis órdenes taxonómicos.

En estas áreas protegidas existente en la cuenca Samaná Sur se reportan 657 registros agrupados en 241 especies, de las cuales 97 son plantas, 2 son hongos y 149 son especies de animales. Estos reportes son relativamente bajos, lo cual evidencia la falta de estudios rigurosos en todos los grupos que permitan conocer la real biodiversidad de especies de la cuenca Samaná Sur, además expone la necesidad de declarar áreas protegidas en la zona media y baja de la cuenca que permitan la conexión longitudinal y altitudinal de los ecosistemas.

La distribución de los registros georreferenciados en las áreas protegidas de la cuenca presentó la mayor riqueza de especies en DRMI Laguna de San Diego con 136 especies que agrupan 401 registros, seguida por fracción de la zona del páramo de Sonsón con 107 especies que agrupan 249 registros.

En la cuenca del río Samaná Sur se reconocen diferentes especies de plantas y animales que son importantes por sus servicios ecosistémicos que proporcionan a la cuenca (recursos alimenticios, materias primas, cultura, recreación, regulación y mantenimiento del ecosistema acuático).

En la cuenca del Samaná Sur es importante conocer el rol ecosistémico que desempeña la biodiversidad como servicio de regulación, dado que el mantenimiento de la calidad del aire y del suelo, el control de las inundaciones y enfermedades o la polinización de cultivos son algunos de los "servicios de regulación" proporcionados por la biodiversidad asociada a los ecosistemas de esta cuenca.

El servicio ecosistémico de soporte expuesto para la cuenca Samaná Sur donde con estudios de marcaje de peces migratorias en la cuenca media del Magdalena, indican que el río Samaná Sur puede ser un tributario alternativo para que los individuos de estas especies migratorias puedan realizar su ciclo reproductivo, ya que la cuenca presenta las condiciones adecuadas para que los peces se reproduzcan.

La migración de peces es considerada un atributo ecológico clave para los ecosistemas acuáticos de la Cuenca Samaná Sur, esto se debe a la necesidad fisiológica que tienen los peces de remontar los ríos para su reproducción, lo cual es aprovechado por la región como fuente de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de alimento para las personas, como por las demás especies de animales que aprovechan los peces como fuente nutritiva para el sostenimiento de la vida.

Entre las 106 especies amenazadas en la cuenca Samaná Sur, se identificaron 43 especies amenazadas de plantas, de las cuales cinco especies se encuentran en peligro crítico (CR), 22 especies están en peligro (EN) y 16 especies se encuentran en estado vulnerable (VU). En cuanto a Animales se reportan 63 especies amenazadas, de las cuales 9 están en peligro crítico (CR), 16 especies se encuentran en peligro (EN) y 38 especies de animales se encuentran vulnerables (VU).

En la cuenca Samaná Sur se pueden encontrar cerca del 17,8% de las especies de peces endémicas reportadas con distribución en la cuenca del río Magdalena – Cauca (233 especies, 158 endémicas)

La fragmentación de hábitat modifica aspectos ambientales para el desarrollo de ecología de las especies de peces locales, así como la irrupción de las rutas migratorias que los peces utilizan para llevar a cabo su reproducción, promoviendo en ambos casos la reducción de las poblaciones naturales de especies endémicas que son importantes como recurso pesquero, también ejercen disminución de los sedimentos y nutrientes necesarios para el desarrollo de la vida en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados a la cuenca del río Magdalena. Además, estos proyectos dan lugar a un proceso de transformación en los modos de vida de los habitantes, en su economía, en las relaciones sociales y en la cultura

Los efectos de estas actividades sobre los ecosistemas acuáticos de la región del Magdalena son diversos, lo que no solo afecta de forma negativa la calidad del agua para el consumo humano, sino también la dinámica natural del río y con ello la pérdida de la biota natural asociada al ecosistema.

La estimación del MQI en la cuenca del río Samaná Sur es una evidencia de la poca alteración morfológica. En el 52,9% de las zonas NSS3 el MQI es muy alto, en el 42,1% es Bueno y en el 5% restante es moderado. Mediante la conectividad dendrítica, se estimó que actualmente la cuenca del Samaná Sur presenta un DCI de 100, ya que no existen barreras antrópicas en la cuenca hidrográfica. Adicionalmente, se determinó que el emplazamiento de un proyecto sobre el río Samaná Sur generaría un DCI inferior a 30. Por otra parte, la vulnerabilidad hídrica en la cuenca se encuentra en las categorías media y baja (parte alta de la cuenca), esto se debe principalmente a la alta oferta hídrica (rendimiento de 85.6 l/s/km^2 en la cuenca). Sin embargo, al igual que en la cuenca del Samaná Norte, la ocurrencia de El Niño disminuye el rendimiento de la cuenca a 51 l/s/km^2, lo que puede generar conflictos de uso por el agua. Finalmente, los análisis realizados evidencian el

bajo grado de alteración e intervención que se presenta en la cuenca hidrográfica del río Samaná Sur.

Todos los municipios de la cuenca han decrecido en número de habitantes, aunque algunos muestran tendencia hacia la recuperación en el censo de 2018. En relación con la población que habita en las cabeceras municipales y en el resto de su territorio, se observa que, a excepción de Norcasia, en el departamento de Caldas, en los demás municipios la población rural es más representativa, aunque va en decrecimiento.

Las actividades económicas en la cuenca se enmarcan en la producción agropecuaria tradicional en combinación con una tendencia reciente hacia la diversificación con base en la oferta de servicios turísticos a visitantes atraídos por la oferta paisajística. Esta posibilidad de generar recursos económicos, a partir del turismo, ha resurgido gracias a la superación del conflicto armado.

Las comunidades manifiestan preocupación por amenazas sobre los recursos naturales, principalmente relacionadas con la construcción de centrales hidroeléctricas, minería y deforestación. Sin embargo, aún no se identifican iniciativas y acciones contundentes en defensa del territorio; y el conocimiento frente al tema es más un asunto individual que colectivo.

PRODUCTO 4: FASE III - CÁLCULO DE LÍMITES DE SOSTENIBILIDAD Y ANÁLISIS DE ESCENARIOS

En esta sección se presenta el producto 4 correspondiente al informe de límites de sostenibilidad y evaluación de escenarios, de acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE – TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy el cual tiene como objetivo realizar estudio integral del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur y sus afluentes, para establecer criterios en la toma de decisiones corporativas y determinación de límites de capacidad de sostenibilidad, a partir de la oferta y demanda de los recursos naturales renovables y los servicios ecosistémicos.

Como se ilustro en el producto 2 - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (Cornare & TNC, 2021c), la sostenibilidad, por un lado, se entiende como la capacidad de mantener alguna entidad, resultado o proceso a lo largo del tiempo (Basiago, 1998), que en interacción con las actividades humanas el concepto de sostenibilidad se complementa a partir de la distribución eficiente y equitativa de recursos intrageneracionales e intergeneracionalmente con la operación de actividades socioeconómicas dentro de los confines de un ecosistema finito (Stoddart, 2011). Teniendo en cuenta lo anterior, Foladori (2001) afirma que los análisis sobre sostenibilidad contemplan una serie de problemas, estos pueden ser agrupados en dos sistemas interrelacionados, la sostenibilidad ecológica, en donde se entiende el equilibrio entre los elementos materiales (naturales y artificiales) y los organismos vivos; y la sostenibilidad social, en donde se abarcan cuestiones que afectan directamente las condiciones o nivel de vida de la población.

Por otro lado, autores como Ben-Eli (2015) y Mensah (2019) definen la sostenibilidad como un equilibrio dinámico en el proceso de interacción entre la población y la capacidad de carga de su entorno, de manera que la población se desarrolla para expresar todo su potencial sin producir efectos adversos irreversibles sobre el medio ambiente del cual se depende. De esta forma, el concepto de sostenibilidad hace referencia a la satisfacción de las necesidades de la sociedad, desde una perspectiva equivalente entre lo ambiental, lo económico y lo social (Porter & Linde, 1995).

En este orden de ideas, en el marco del convenio de asociación CORNARE – TNC, la Sostenibilidad se define como la "*Distribución y uso eficiente y equitativo de los recursos naturales, de tal forma que no se produzcan efectos adversos sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales de las cuencas de los ríos Samaná Sur y Samaná Norte, que permitan garantizar en el tiempo la permanencia de los objetos de conservación y servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte valorados por sus comunidades y que propicien el crecimiento económico, la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social de las comunidades*" (Cornare & TNC, 2021c).

Teniendo en cuenta que el objeto de estudio son cuencas hidrográficas las cuales poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que le confieren características que son particulares a cada una (Tapia, 1994) y son consideradas como un recurso de uso común definido por los vínculos hidrológicos donde la gestión óptima requiere la utilización coordinada de los recursos naturales por parte de todos los usuarios (Dourojeanni et al., 2002), en donde las

características del flujo del agua y su relación con la cuenca son un producto de las interacciones entre la tierra y el agua (geología, pendiente, régimen de lluvias, los suelos y biota), su uso y gestión. Por lo tanto, la importancia del análisis integrado de las interrelaciones de las dimensiones ambientales, sociales y económicas son fundamentales para entender y evaluar la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas.

La sostenibilidad en la dimensión ambiental se relaciona con la integridad del ecosistema y la capacidad de carga del entorno natural (Brodhag & Taliere, 2006), mientras que la sostenibilidad en la dimensión social abarca nociones de equidad, empoderamiento, accesibilidad, participación, identidad cultural y estabilidad institucional (Daly, 1992). En lo que respecta a la sostenibilidad en la dimensión económica, esta hace referencia a un sistema de producción que satisface los niveles de consumo presentes sin comprometer las necesidades futuras (Lobo et al., 2015). Por consiguiente, para determinar la sostenibilidad en cada una de las dimensiones es necesario lograr un entendimiento de las dinámicas que tienen lugar en ambas cuencas, que mediante la realización del Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b), permitió identificar y analizar detalladamente las características de las cuencas a partir de la revisión de estudios técnicos y científicos y verificaciones en campo, con el fin de realizar un análisis del cambio en las dinámicas en cada uno de los componentes, relacionadas a cambios en la cobertura y los usos del suelo, presión antropogénica sobre los ecosistemas estratégicos, cambios en las características y geomorfología de los ríos, retorno de la población, implicaciones de actividades económicas en el territorio, entre otras.

La evaluación de la sostenibilidad es uno de los tipos más complejos de metodologías de evaluación, pues no solo incluye aspectos multidisciplinares (ambientales, económicos y sociales), sino también elementos culturales y basados en valores (Sala et al., 2015; Sala et al., 2013). En el contexto de los sistemas hídricos, la evaluación de sostenibilidad trae consigo retos mayores debido a la creciente demanda por el aumento de la población, el consumo humano, las industrias, las actividades agropecuarias y/o económicas; la disponibilidad de agua está disminuyendo, la vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento va en aumento (Kiran & Srivastava, 2014) y los impactos a los ecosistemas alteran a los servicios ecosistémicos tanto para su sostenimiento como para satisfacer las necesidades humanas; por ello las condiciones de degradación de las cuencas hidrográficas debido a las relaciones de doble vía entre las actividades humanas y los ecosistemas hace que excedan su capacidad de carga, siendo fundamental la gestión de los recursos naturales en las cuencas mediante la evaluación de la sostenibilidad frente a generadores de impacto que permita identificar y entender comportamientos que alteran o refuerzan la sostenibilidad en las cuencas.

En esta línea, para efectos de este convenio y a partir de una revisión realizada para el Producto 2 – Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (Cornare & TNC, 2021c), se identificó que, los marcos metodológicos desarrollados por Wu et al. (2015) y Petrosyan (2010) y los lineamientos para la evaluación de la sostenibilidad mediante indicadores definidos por Juwana et al. (2012), consolidan de manera general, todos los componentes para la evaluación de la sostenibilidad en cuencas hidrográficas mediante la metodología de Análisis Multicriterio (ACM), el cual consiste en ponderar y clasificar los impactos en términos no monetarios mediante tres factores: (1) información presente en los criterios seleccionados; (2) ponderaciones dadas a cada criterio; y (3) acuerdo entre las partes interesadas sobre las ponderaciones asignadas a cada criterio.

En síntesis, Cornare & TNC (2021b) expone el proceso metodológico para la evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, la cual consta de las siguientes etapas:

- **Paso 1: Definición de unidad mínima de análisis**: Consiste en la segmentación espacial de las unidades más pequeñas en la cual se realiza los análisis de sostenibilidad.
- **Paso 2: Diagnóstico ambiental, económico y social:** tiene como objetivo realizar un diagnóstico completo de los componentes ambientales, económicos y sociales de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.
- **Paso 3: Definición de escenarios:** Se define una serie de escenarios en los que se evalúa el indicador de sostenibilidad integrado.
- **Paso 4: Identificación, selección y cálculo de indicadores por dimensión ambiental, económica y social:** Este paso busca identificar, seleccionar y calcular por cada dimensión el grupo de indicadores que capturan de mejor forma las características y condiciones a las cuales se ven sometidas las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná sur.
- **Paso 5: Cálculo de subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social:** Aborda la construcción de los subindicadores integrados por cada una de las dimensiones mediante una sistematización de ecuaciones para la normalización, la definición de pesos y su posterior integración.
- **Paso 6: Estimación del índice de sostenibilidad integrado:** se realiza a partir del cálculo de los subíndices integrados por dimensión, mediante la definición de pesos y su posterior integración.
- **Paso 7: Definición de rangos y categorías de sostenibilidad:** Se establecen los rangos y categorías en los cuales el comportamiento del índice de sostenibilidad integrado desde una condición muy baja hasta una condición buena.
- **Paso 8: Definición de límites de sostenibilidad:** Se construyen las curvas de límites de sostenibilidad vs la ganancia o beneficio que generan los proyectos hidroeléctricos para luego partiendo de la definición matemática de limité de una función identificar los valores de sostenibilidad a los cuales tiende las cuencas bajo una configuración especifica de los escenarios de análisis.

Como parte de la identificación de indicadores de las dimensiones ambiental, económica y social para la estimación de la sostenibilidad se debe analizar factores que generan presión sobre las cuencas. Debido al potencial hídrico de ambas cuencas y en articulación con el estudio Evaluación de impactos acumulativos del sector hidroeléctrico en la jurisdicción de Cornare desarrollado por TNC (2019), se considera como principal generador de impacto sobre las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, los proyectos hidroeléctricos de pequeña, mediana y gran escala. Asimismo, Cornare & TNC (2021b) presenta una revisión detallada de información de estudios técnicos y científicos sobre los impactos que ocasionan los proyectos hidroeléctricos (PCH) sobre los componentes ambiental, económico y social; entre ellos, la fragmentación y la alteración del flujo que puede variar según su ubicación, diseño y regímenes operativos. En términos de diseño, las PCH que almacenan y desvían agua de un vertedero a una central eléctrica aguas abajo dan como resultado la creación de tramos de ríos secos, que reducen la conectividad longitudinal, lateral y vertical; en términos de la operación, se da como resultado flujos rápidos aguas abajo, los cuales generan afectaciones sobre la biota acuática y terrestre (Gallego-García & Castaño-Mora, 2008; Poff & Zimmerman, 2010). En términos económicos y sociales, las PCH pueden generar afectaciones en

el sector primario y la industria pesquera; desplazamiento de comunidades, cambios en las dinámicas culturales (cambios de vocación), entre otras.

Asimismo, la evaluación de la sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur se realiza bajo diferentes escenarios de análisis, los cuales dependen de las características de los proyectos hidroeléctricos y su estado de gestión. Esto permite determinar el comportamiento de la sostenibilidad bajo diferentes presiones con el fin de mitigar el detrimento de ambas cuencas y establecer propuestas de manejo de acuerdo con los resultados de sostenibilidad.

Dado este contexto, en el presente documento se muestra el desarrollo y resultados del indicador de sostenibilidad integrado de acuerdo con descrito en el Producto 2 – Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (Cornare & TNC, 2021c).

El Capítulo 14, consolida el marco metodológico final para la estimación de los límites de sostenibilidad de acuerdo con lo descrito en el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c). En este sentido, se describen las decisiones metodológicas considerada para la estimación de los indicadores, el procedimiento de cálculo y ponderación de los subíndices de sostenibilidad por dimensión, así como el procedimiento de estimación del índice de sostenibilidad integrado.

El Capítulo 15 consolida de manera sintética las labores realizadas en campo y en los talleres con las comunidades. El Capítulo 16 y Capítulo 17 se presenta el desarrollo del esquema metodológico descrito en el Capítulo 1 para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Por consiguiente, en estos capítulos se presentan los resultados de los indicadores integrados para cada dimensión, lo que permite evidenciar como se encuentran las cuencas en términos ambientales, económicos y sociales tanto a nivel municipal como a nivel de subcuenca NSS-3 en diferentes escenarios de proyectos hidroeléctricos en diferentes estados de gestión; los resultados del índice de sostenibilidad integrado para ambas cuencas y su análisis bajo diferentes escenarios, es decir, como se encuentran las cuencas a nivel de sostenibilidad baja, medio o alta.

Finalmente se presenta las conclusiones frente a la evaluación de la sostenibilidad de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur bajo diferentes escenarios de análisis de PCH en varios estados de gestión y sus impactos sobre las dimensiones ambiental, económica y social. Asimismo, las implicaciones en la dinámica de las cuencas en su estado actual y prospectivamente tanto para su uso como para la administración de los recursos teniendo en cuenta la prestación de los servicios ecosistémicos y los objetos de conservación claves para el sostenimiento de ambas cuencas.

Capítulo 14. Marco metodológico para la definición de límites de sostenibilidad

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, el actual numeral presenta el esquema metodológico detallado (paso a paso), para la estimación de los límites de sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Los procedimientos aquí descritos, sigue los lineamiento consolidados en el Producto 2 – Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (Cornare & TNC, 2021c). En razón a lo anterior, en este capítulo se presentan las decisiones metodológicas consideradas y el orden ajustado de los pasos para la estimación de los límites de sostenibilidad de acuerdo con lo descrito en el Producto 2 – Fase I. A continuación, se sintetizan los pasos del marco metodológico considerado para la estimación de los límites de sostenibilidad:

- Paso 1 Definición de unidad mínima de análisis
- Paso 2 Diagnóstico ambiental, económico y social
- Paso 3 Definición de escenarios
- Paso 4 Identificación, selección y cálculo de indicadores por dimensión ambiental, económica y social para los escenarios definidos
- Paso 5 Cálculo de subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social para los escenarios definidos
- Paso 6 Cálculo del índice de sostenibilidad integrado para los escenarios definidos
- Paso 7 Definición de rangos y categorías de sostenibilidad
- Paso 8 Definición de límites de sostenibilidad

14.1 Paso 1: Unidad mínima de análisis

De acuerdo con lo descrito en el Producto 2 – Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (Cornare & TNC, 2021c), la unidad mínima de análisis (UMA) constituye la entidad geográfica mínima en cual se realizan los análisis de sostenibilidad.

La definición de la UMA de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, se realizó de acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, el cual estipula que, el estudio se debe llevar acabo en los sistemas de cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, con sus 22 Subcuencas o cuencas del nivel subsiguiente 2 (NSS-2) y sus microcuencas o cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM.

En este orden de ideas, la división espacial de las UMA fue tomada de la cartografía generada por los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas de las cuencas de los ríos Samaná Norte (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017j) y Samaná Sur (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017k). En total la cuenca del río Samaná Norte se encuentra dividida en 22 cuencas de nivel subsiguiente 2 y 220 cuencas de nivel subsiguiente 3 (ver Figura 363). La cuenca del río

Samaná Sur se encuentra dividida en 22 cuencas de nivel subsiguiente 2 y 140 cuencas de nivel subsiguiente 3 (ver Figura 363).

Figura 363. Cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de los ríos Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía del POMCA río Samaná Norte (2017)

14.2 Paso 2: Diagnostico ambiental, económico y social

El diagnóstico de las condiciones ambientales, económica y sociales permite identificar y analizar las características de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur; así como también, construir para las unidades mínimas de análisis de ambas cuencas, la línea base de información requerida para el cálculo de los indicadores ambientales, económicos y sociales. De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, el diagnostico de ambas cuencas fue presentado en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b).

A manera de síntesis, el diagnostico se realizó a partir de la revisión de estudios técnicos y científicos sobre las características ambientales, económicas y sociales en ambas cuencas, entre instrumentos de planificación ambiental como los Planes de Manejo y Ordenamiento de Cuencas (POMCAS), áreas protegidas, referentes ambientales, monitoreo ambiental, captaciones y vertimientos, entre otros; y a nivel municipal en jurisdicción de ambas cuencas, los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), planes turísticos municipales, gestión del riesgo e información económica y social relevantes en concordancia con el concepto de sostenibilidad.

En el producto 3 – Fase II, presenta el análisis de situación de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur respectivamente; en donde se muestra cómo se encuentran las características tanto biofísicas, económicas y sociales de ambas cuencas y de acuerdo con las verificaciones en campo, con el fin de realizar un análisis del cambio en las dinámicas en cada uno de los componentes, relacionadas a cambios en la cobertura y los usos del suelo, presión antropogénica sobre los ecosistemas estratégicos, cambios en las características y geomorfología de los ríos, retorno de la población, implicaciones de actividades económicas en el territorio, entre otras.

Por otra parte, el diagnostico integra la identificación y caracterización de los servicios ecosistémicos (SEs), el estudio de la oferta y demanda de los SEs en su situación actual y su respectiva descripción, considerando los proyectos hidroeléctricos que se encuentra en las cuencas en diferentes estados, como en operación, trámite de licencia ambiental y solicitud de diagnóstico ambiental de alternativas, solicitudes de estudio y futuras solicitudes.

De igual manera se realizó para los objetos de conservación de las Cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur de acuerdo con la revisión de documentos técnicos y científicos, así como los resultados de la verificación en campo y los insumos de los Talleres del Proyecto de Conservación Basado en Comunidades realizado por TNC.

14.3 Paso 3: Escenarios de análisis

Un escenario constituye una secuencia hipotética de eventos construidos con el propósito de centrar la atención en los procesos causales y las decisiones puntuales (Moore, 1968), por lo que el objetivo detrás de los escenarios es generar una orientación con respecto a un desarrollo futuro través de una observación de ciertos factores clave relevantes en un sistema (Kosow & Gaßner, 2008). En principio, un escenario no tienen que reclamar la realidad, por lo que no necesariamente debe proporcionar un conocimiento "verdadero" del futuro; más bien, simplemente un escenario debe proporcionar una construcción hipotética de futuros posibles sobre la base del conocimiento adquirido en el presente y el pasado (Kosow & Gaßner, 2008).

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, la descripción de los escenarios de análisis fue presentada en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b).

Los escenarios fueron construidos a partir de los proyectos hidroeléctricos que se encuentran en diferentes estados de gestión en la jurisdicción de Cornare, Corpocaldas, Corantioquia y ANLA. En la Tabla 162 y Tabla 163 se presenta el consolidado de las PCH identificadas para ambas cuencas con sus respectivas características de modelo de operación, potencia, usuario y competencia. La identificación de los proyectos hidroeléctricos fue posible de acuerdo con la información suministrada por las Corporaciones Ambientales Regionales CORANARE y CORPOCALDAS y de acuerdo con información disponible de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA.

Tabla 162. Proyectos Hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Norte

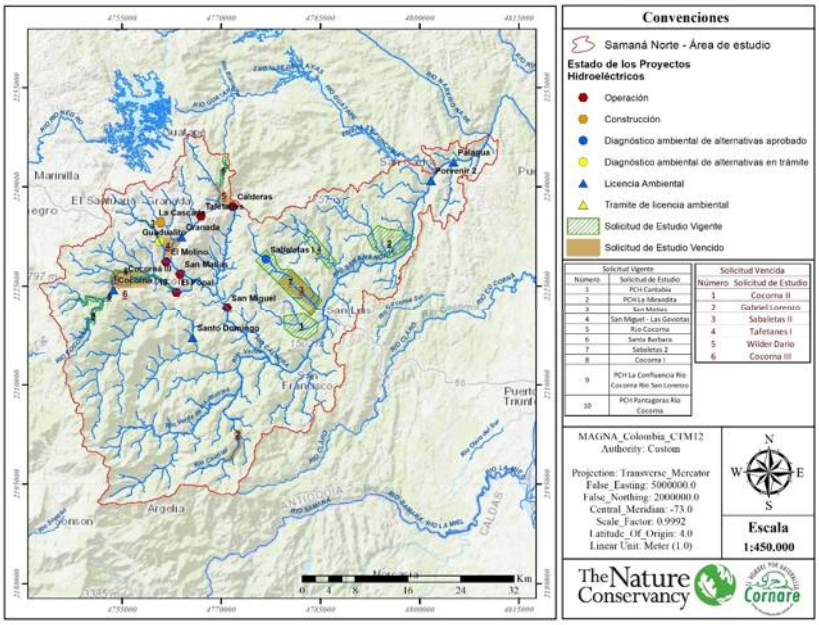
Nombre Proyecto Hidroeléctrico	Modelo de Operación	Usuario	Competencia	Potencia (MW)	Estado de Gestión
Planta generadora de energía – Proyecto san Luis	Filo de Agua	ENERGIA LIMPIA Y SOSTENIBLE – LEON DARIO OROZCO	CORNARE	6,9	Concesiones negadas, archivadas o en caducidad
Uso hidroenergético	Filo de Agua	ENERGIA LIMPIA Y SOSTENIBLE – LEON DARIO OROZCO	CORNARE	7	
La Cascada	Filo de Agua	INMAQ S.A.S E.S.P	CORNARE	1,566	Construcción
Sabaletas I	Filo de Agua	PRAMING	CORNARE	4	Diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) aprobado
Guadualito	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	CORNARE	4	DAA en trámite

Nombre Proyecto Hidroeléctrico	Modelo de Operación	Usuario	Competencia	Potencia (MW)	Estado de Gestión
Cocorná I	Filo de Agua	TABORDA VELEZ Y CIA S EN C	CORNARE	10	Licencia Ambiental
Granada	Filo de Agua	ENERGIA NACIONAL S.A.S	CORNARE	2	
Palagua	Filo de Agua	ISAGEN S.A. E.S.P.	CORNARE	98	
Porvenir 2	Embalse	ISAGEN S.A. E.S.P.	ANLA	352	
Santo Domingo	Filo de Agua	EPM	CORNARE	56	
Cocorná-II	Filo de Agua	SOTECO S.A	CORNARE	9	Licencias negadas, archivadas o en caducidad
El Viaho	Filo de Agua	HMV INGENIEROS LTDA	CORNARE	9,9	
La Cimarrona – I	Trasvase	LA CIMARRONAS ESP	CORNARE	0	
La Cimarrona – II	Trasvase	LA CIMARRONAS ESP	CORNARE	0	
La Hundida	Filo de Agua	HELIBERTO RAMIREZ RAMIREZ	CORNARE	8,18	
Río Melcocho	Filo de Agua	HERNAN DARIO GOMEZ PEREZ	CORNARE	7	
Calderas	Filo de Agua	ISAGEN S.A. E.S.P.	ANLA	26	Operación
El Molino	Filo de Agua	PCHS LOS MOLINOS S.A.S E.S.P.	CORNARE	21	
El Popal	Filo de Agua	Popal S.A.S. – E.S.P.	CORNARE	21	
San Matías	Filo de Agua	PCHS LOS MOLINOS S.A.S E.S.P.	CORNARE	21	
San Miguel	Filo de Agua	CH SAN MIGUEL SAS ESP	CORNARE	42	
Tafetanes	Trasvase	ISAGEN S.A. E.S.P.	CORNARE	0	
Gabriel Lorenzo	Filo de Agua	Gabriel Lorenzo	CORNARE	8	Permisos de estudio vencidos
Tafetanes-I	Filo de Agua	ENERGIA NACIONAL S.A.S E.S.P	CORNARE	5,36	
WE Energía Limpia. Wilfer Darío Echeverri Gómez	Filo de Agua	WE Energía Limpia. Wilfer Darío Echeverri Gómez	CORNARE	6	
Cocorná I	Filo de Agua	PRAMING Jorge Cuartas	CORNARE	12	Permisos de estudio vigentes
Pantagoras	Filo de Agua	Iconsult	CORNARE	2	
PCH Cantabia	Filo de Agua	INGENIERIAS BASICAS	CORNARE	11	
PCH La Confluencia	Filo de Agua	Aguas San José S.A.S	CORNARE	4	
PCH La Mirandita	Filo de Agua	INGENIERIAS BASICAS	CORNARE	26	
Río Cocorná	Filo de Agua	Cimarrona SAS ESP	CORNARE	9	
Sabaletas II	Filo de Agua	Empresa Taborda Vélez-Praming	CORNARE	8	
San Matias	Filo de Agua	JORGE ALBERTO SIERRA ARBOLEDA	CORNARE	8,1291	
San Miguel – Las Gaviotas	Filo de Agua	Wilfer Dario Echeverri – WE Energía Limpia	CORNARE	13	
Santa Bárbara	Filo de Agua	ANDRES JULIAN RODRIGUEZ GARCIA	CORNARE	2	
Cocorná III	Filo de Agua	TABORDA VELEZ Y CIA	CORNARE	16	Tramite de licencia ambiental

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de información suministrada por de Cornare y ANLA a mayo del 2021

A continuación, en la Figura 364 se observa el mapa de la cuenca del río Samaná Norte con la ubicación de los proyectos hidroeléctricos de acuerdo con las características descritas en la Tabla 162 , en total se identificaron 36 PCH en diferentes estados de gestión.

Figura 364. Ubicación de los proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), POMCA río Samaná Norte (2017) e información suministrada por de Cornare y ANLA a mayo del 2021

En la Tabla 163 se presenta los proyectos hidroeléctricos en la cuenca del río Samaná Sur, en total se identificaron 18 PCH en diferentes estados de gestión.

Tabla 163. Proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Sur

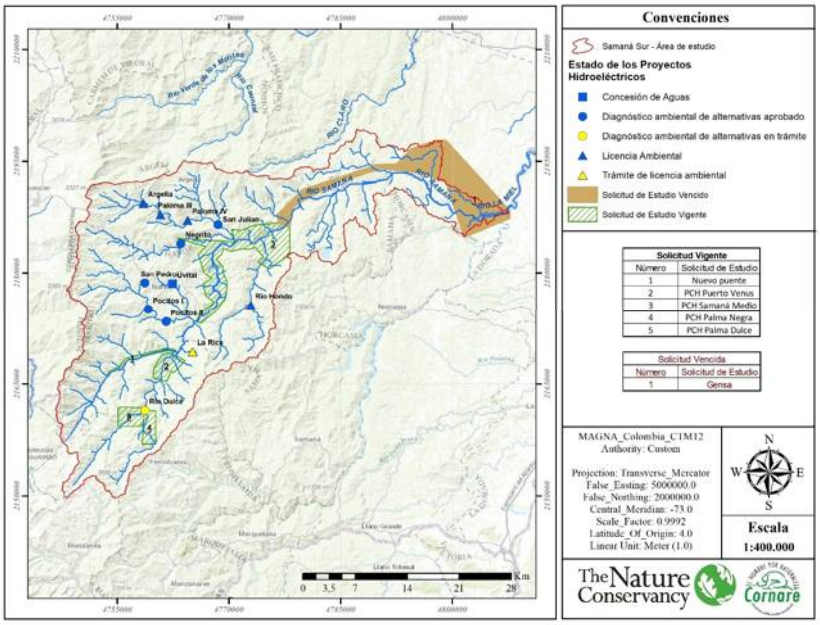
Nombre Proyecto Hidroeléctrico	Modelo de Operación	Usuario	Competencia	Potencia (MW)	Estado de Gestión
Uvital	Filo de Agua	TES S.A. (JOSE ARCESIO GOMEZ ARISTIZABAL)	CORNARE	1	Concesión de Aguas
Negrito	Filo de Agua	GEN +	CORNARE	5	Diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) aprobado
Pocitos I	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	CORNARE	1	
Pocitos II	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	CORNARE	6	
San Julián	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	CORNARE	4	
San Pedro	Filo de Agua	Héctor Montoya	CORNARE	6,53	
Río Dulce	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	11	DAA en trámite
Argelia	Filo de Agua	GEN +	CORNARE	13,61	Licencia Ambiental
Paloma III	Filo de Agua	GEN +	CORNARE	13,45	
Paloma IV	Filo de Agua	GEN +	CORNARE	12,7	
Río Hondo	Filo de Agua	GENSA	CORPOCALDAS	19,9	

Nombre Proyecto Hidroeléctrico	Modelo de Operación	Usuario	Competencia	Potencia (MW)	Estado de Gestión
GENSA - Orlando Micolta González	Filo de Agua	GENSA - Orlando Micolta González	CORNARE	22	Permisos de estudio vencidos
Nuevo puente	Filo de Agua	Arquitectura y Concretos	CORNARE	4	Permisos de estudio vigentes
Palma Dulce	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	5	
Palma Negra	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	11	
Puerto Venus	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	6	
Samaná Medio	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	40	
La Rica	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	2,4	Tramite de licencia ambiental

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de información de CORNARE, CORPORACALDAS y ANLA información suministrada por de Cornare y ANLA a mayo del 2021

En la Figura 365 se observa el mapa con la ubicación de las PCH identificadas en la cuenca del río Samaná Sur de acuerdo con las características descritas en la Tabla 163.

Figura 365. Ubicación de los proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), POMCA río Samaná Sur (2017) e información suministrada por de Cornare y ANLA a mayo del 2021

En la Tabla 164 se presenta la descripción de los escenarios en los que se evalúa los indicadores de cada una de las dimensiones, los indicadores integrados por dimensión ambiental, económica y social y el índice de sostenibilidad para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Tabla 164. Descripción de los escenarios de análisis para la evaluación de la Sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

Escenario	Descripción
1	Proyectos hidroeléctricos en operación
2	Proyectos hidroeléctricos en operación y en construcción
3	Proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua
4	Proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua
5	Proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) aprobado, DAA en solicitud y solicitud de estudio vigente
6	Proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos (Cornare, 2021).
7	Proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, en trámite de licencia ambiental, con Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) aprobado y, por tanto, han cumplido el primer requisito con base en la normativa colombiana, con el fin de proceder al respectivo trámite de licencia ambiental (Cornare, 2021).
8	Proyectos hidroeléctricos en operación, más el número de proyectos que permitan generar los MW potenciales correspondientes a 294,2 MW en la Cuenca del río Samaná Norte y 200 MW en la Cuenca del río Samaná Sur (Cornare, 2021).

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

14.4 Paso 4: Indicadores por dimensión

De acuerdo con lo descrito en el Producto 2 – Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (Cornare & TNC, 2021c), los indicadores seleccionados para cada una de las dimensiones ambientales, sociales y económicos, son los siguientes:

- Indicadores ambientales
    - Indicador de calidad morfológica (MQI)
    - Indicador de ramping (HP1)
    - Indicador de grado de regulación (DOR)
    - Indicador de alteración de sedimentos (SAI)
    - Indicador de conectividad dendrítica (DCI)
    - Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI)
    - Indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)
    - Indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC)
    - Indicador de gestión del riesgo de desastres (IGRD)
- Indicadores económicos
    - Indicador de generación de empleos directos (GED)
    - Indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL)
    - Indicador de dinamización de la economía local (DEL)
- Indicadores sociales
    - Indicador de pobreza de ingreso (IPI)
    - Indicador de pobreza multidimensional (IPM)
    - Indicador de bienestar (IB)
    - Indicador de retorno social de inversión (SROI)
    - Indicador de conectividad beta (Iβ)

A partir de la información recopilada en el marco de la construcción del Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare &

TNC, 2021b), se determinó que el cálculo de los indicadores listados anteriormente era viable a nivel de las unidades NSS 3 de ambas cuencas, bajo ciertas decisiones metodológicas. Por consiguiente, a continuación, se describe el procedimiento y las consideraciones tomadas en el cálculo de los indicadores por dimensión.

14.4.1 *Indicadores ambientales*

Como se presentó en el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c), fueron 9 los indicadores seleccionados para representar la sostenibilidad ambiental de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, a saber:

- Indicador de calidad morfológica (MQI)
- Indicador de ramping (HP1)
- Indicador de grado de regulación (DOR)
- Indicador de alteración de sedimentos (SAI)
- Indicador de conectividad dendrítica (DCI)
- Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI)
- Indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)
- Indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC)
- Indicador de gestión del riesgo de desastres (IGRD)

En el presente numeral, se detalla el procediendo de cálculo de cada uno de los indicadores listados anteriormente, además, se listan las decisiones metodológicas que fueron consideradas según sea el caso.

14.4.1.1 Indicador de calidad morfológica (MQI)

El indicador de calidad morfológica (MQI por sus siglas en ingles), es un indicador basado en criterio experto (es decir, una selección de variables, subindicadores, clases y puntajes relativos) derivado del conocimiento específico y la experiencia, el cual permite evaluar la desviación que presenta un río, de sus condiciones inalteradas, a través de tres componentes (Rinaldi et al., 2013):

- Funcionalidad geomorfológica de los procesos y formas de los ríos (F)
- Artificialidad (A)
- Ajustes de canal (B)

De acuerdo con Rinaldi et al. (2013), para el cálculo del MQI, se realizó una subdivisión de la red fluvial en tramos relativamente homogéneos, definidos como secciones de río a lo largo de los cuales las condiciones limítrofes son suficientemente uniformes (es decir, sin cambios significativos en la configuración del valle, pendiente del canal, flujo y carga de sedimentos). Esta subdivisión, se realizó a partir de la clasificación geomorfológica propuesta por (Flores et al., 2006) y (Beechie et al., 2006), aprovechando que estos esquemas de clasificación reúnen elementos de diferentes enfoques de clasificación que incluyen: la diferenciación y caracterización de patrones de alineamiento, la configuración y la movilidad del lecho, y jerarquías que consisten en aproximaciones que anidan escalas espaciales sucesivas de condiciones físicas y biológicas y que permiten mayor entendimiento de los procesos que tienen lugar en una cuenca (Montgomery & Buffington, 1997). Ambas clasificaciones son presentadas en Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b).

La segunda fase de cálculo del MQI tiene como objetivo la selección de los subindicadores asociados a los componentes de funcionalidad, artificialidad y ajuste de canal. Según Rinaldi et al. (2013), el MQI es flexible en el sentido de incluir menos subindicadores o incluir subindicadores adicionales. En este orden de ideas, a continuación, se describen los subindicadores utilizados, así como sus respectivas puntuaciones.

- ✓ *F1: Continuidad de flujo de maderas y sedimentos*

Este subindicador evalúa si la continuidad longitudinal de sedimentos y sólidos de madera es alterada por estructuras humanas que interceptan o crean obstáculos a su flujo (no se consideran las discontinuidades debidas a factores naturales, tales como afloramientos rocosos, lagos o presas de deslizamiento).

La evaluación no depende del número de alteraciones, sino de su relevancia: sólo una estructura puede causar una alteración completa del flujo o, de manera diferente, muchas estructuras pueden no tener efectos significativos (el número de estructuras se contabiliza en los indicadores de artificialidad).

Para estimar este subindicador se seleccionaron identificaron los puentes vehiculares de la cartografía básica escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, adicionalmente se consideraron los proyectos hidroeléctricos según los escenarios de modelación planteados previamente. Para valorar el subindicador se utilizó la clasificación presentada en la Tabla 165.

Tabla 165. Clasificación del indicador F1: continuidad de flujo de maderas y sedimentos

Caracterización	Descripción	Valor asignado
A	Ausencia o presencia muy insignificante de alteraciones en la continuidad del sedimento y del flujo de la madera, es decir, no existen obstáculos o intercepciones significativas al paso libre de material sólido relacionado con estructuras transversales y / o de cruce:	0
B	Una ligera alteración en la continuidad del sedimento y el flujo de la madera, es decir, la mayoría del material sólido es capaz de fluir a lo largo del alcance. Pueden existir formas de deposición que indiquen la sedimentación de las fracciones más gruesas en el sustrato, pero sin intercepción completa: Puentes, pequeñas centrales.	3
C	Existe una fuerte alteración en la continuidad del sedimento y el flujo de la madera, es decir, una fuerte discontinuidad de los sedimentos en las estructuras aguas arriba y aguas abajo: Represas, descargas de centrales, grandes obras.	5

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los criterios definidos por Rinaldi et al. (2013)

- ✓ *F2: Presencia de planicies inundables*

Un río en equilibrio dinámico construye una llanura de inundación que es generalmente inundada para descargas que apenas superan flujos que forman canales como puede ser el Q10% (Ruiz et al. 2016). Los ajustes del canal o las estructuras artificiales pueden alterar esta dinámica, así como generar incisión en la estructura del lecho, generando desconexiones entre la llanura inundable y los procesos del canal. Para estimar este subindicador se requiere determinar la llanura potencialmente inundable de cada unidad de segmentación con presencia de planicies inundables (no confinadas y limitadas por capacidad).

Para la determinación de estas zonas, se retomó la información realizada en el análisis geomorfológico donde a partir de un proceso de fotointerpretación y análisis de sensores remotos de la cuenca, usando la información básica disponible como análisis de sensores remotos y

fotografías aéreas, mapas topográficos, mapa de pendientes y un modelo de elevación digital (MED) se identifican las subunidades geomorfológicas a analizar correspondiente a las relacionadas con el ambiente fluvial, es decir, las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes. Una vez identificadas desde el punto de vista geomorfológicas las planicies inundables, fue necesario evaluar su continuidad y extensión lateral y para esto se hizo uso de la cartografía básica disponible y el criterio igualmente geomorfológico. Los resultados de estos análisis, pueden ser consultados en el Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b). Finalmente se asigna un valor entre 0 y 5, de acuerdo con la clasificación presentada en la Tabla 166.

Tabla 166. Clasificación del indicador F2: Presencia de planicies inundables.

Caracterización	Descripción	Valor asignado
A	Presencia de una zona de inundación relativamente continua	0
B	Presencia de una llanura de inundación discontinua	3
C	Ausencia o presencia insignificante de una llanura de inundación	5

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los criterios definidos por Rinaldi et al. (2013)

- ✓ *F6: Configuración del lecho – pendiente del valle*

Este subindicador evalúa si la presencia de estructuras transversales ha alterado la configuración esperada del lecho (Flores et al., 2006). Estas morfologías tienen implicaciones ecológicas ya que cada una de ellas se caracteriza por un mosaico de hábitats típicos (mesohábitat). La existencia de una estructura transversal puede provocar un descenso artificial de la pendiente energética local y, por lo tanto, una alteración posible de la configuración del lecho, resultando en una alteración de los hábitats asociados.

Para estimar este subindicador se evalúa la presencia o ausencia de elementos que pueden alterar las formas del lecho, que pueden incluir puentes, obras de corrección (utilizando los polígonos urbanos como indicador de una posible obra de corrección de cauce), presas, embalses, vertederos de descargas, entre otros. Para estimar este indicador se utilizaron los mapas de puentes, vías principales y polígonos urbanos de la cartografía básica del IGAC y shapefile de presas y embales de cartografía de IGAC y de la información suministrada por Cornare, Corpocaldas, Corantioquia y ANLA. Las puntuaciones que fueron asignadas a este subindicador se presentan en la Tabla 167.

Tabla 167. Clasificación del indicador F6: configuración del lecho – pendiente del valle

Caracterización	Descripción	Valor asignado
A	Ausencia de elementos que alteren las formas de lecho consistentes con la pendiente media del valle. También se incluyen las alteraciones debidas a factores naturales (por ejemplo, escalones de registro, deslizamientos de tierra, etc.) que localmente pueden determinar formas de lecho inesperadas.	0
B	Se presentan alteraciones a las formas de lecho que no son consistentes con la pendiente media del valle, debido a la presencia de estructuras transversales: Puentes, obras de corrección (ubicadas en asentamientos urbanos).	3
C	Completa alteración de las formas del lecho: transformación de la estructura del lecho a una complemente artificial: presas, embalses, vertederos, descargas de embalses.	5

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los criterios definidos por Rinaldi et al. (2013)

- ✓ *F7: Formas y procesos típicos del patrón de alineamiento*

El objetivo de este subindicador es evaluar cualitativamente si los procesos activos y las formas resultantes esperadas para un tipo morfológico (Beechie et al., 2006) se encuentran inalterados. Por ejemplo, un tramo canalizado clasificado como meándrico basado en su configuración planimétrica puede no presentar procesos típicos de esa morfología debido a que se encuentra alterado por cruzar una población.

Para determinar este subindicador se evalúa la porción de la unidad de segmentación afectada por presencia de elementos que puedan alterar los patrones de alineamiento del tramo, tales como asentamientos urbanos, vías, obras de cruce, infraestructura en general, utilizando los insumos cartográficos relacionados en el indicador anterior. Es decir, para unidad de segmentación, se estima la porción del área cubierta por polígonos urbanos, embalses, puentes, zonas mineras, entre otros que puedan indicar alteración del nivel de confinamiento y las formas aluviales. Las puntuaciones que fueron asignadas a este subindicador se presentan en la Tabla 168.

Tabla 168. Clasificación del indicador F7: formas y procesos típicos del patrón de alineamiento

Caracterización	Descripción	Valor asignado
A	La estructura del lecho es la esperada de acuerdo con clasificación geomorfológica (Flores et al. 2006), con ausencia de obstrucciones tales como diques, muros de contención, presas artificiales.	0
B	Evidentes obstrucciones en varias porciones del tramo.	3
C1	Obstrucción evidente y generalizada (> 90% de la longitud del tramo).	5
C2	Alteración generalizada del sustrato por revestimientos del cauce (cualquier tipo) (> 33% de la longitud del tramo).	6

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los criterios definidos por Rinaldi et al. (2013)

- ✓ *F12: Ancho de la vegetación funcional*

Este subindicador se refiere a la vegetación existente en el corredor del río que incluye las áreas adyacentes que se extienden desde el canal hasta las laderas y que es funcional a los procesos geomorfológicos normales (resistencia al flujo, estabilización de bancas, atrapamiento de madera, control de sedimentos, etc.). Es de resaltar que, este subindicador no hace consideraciones ecológicas sobre el tipo de vegetación (es decir, especies invasoras, etc.); sin embargo, las plantaciones con un propósito industrial (o con un nivel de transformación) se consideran parcialmente funcionales, ya que se caracterizan por densidades notablemente más bajas y, por consiguiente, no realizan plenamente sus funciones geomorfológicas, entre las que se incluyen los cultivos.

En este estudio, se resume la importancia de la vegetación en este indicador a partir de la proporción del área cubierta por vegetación funcional para cada unidad de segmentación (NSS-3). La vegetación funcional es definida a partir del mapa de coberturas vegetales que está disponible en los POMCAs de ambas cuencas y que puede ser consultada en el Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b). Los valores asignados a este subindicador se presentan en Tabla 169.

Tabla 169. Clasificación del indicador F12: Ancho de la vegetación funcional

Caracterización	Descripción	Valor asignado
A	La vegetación cubre gran parte de la unidad de segmentación (>90%) incluyendo especies con menor funcionalidad	0
B	La vegetación cubre una porción importante de la unidad de segmentación (33%-90%), pueden existir especies con funcionalidad pobre pero la presencia debe ser inferior al 66% de la vegetación funcional presente.	3
C	La vegetación funcional cubre una porción pequeña de la unidad de segmentación (<33%) o la vegetación con pobre funcionalidad es superior al 33% de la totalidad del área de vegetación funcional.	5

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los criterios definidos por Rinaldi et al. (2013)

- ✓ *F13: Extensión de la vegetación funcional*

Este subindicador evalúa la continuidad longitudinal de la vegetación funcional a lo largo de las bancas, como porcentaje de la longitud cubierta por vegetación frente a la longitud total del tramo (en ambas bancas). Como criterio para la evaluación de este subindicador, se considera las hileras de árboles para ámbitos ornamentales (árboles plantados para el cercado o embellecimiento de predios) como parcialmente funcionales y se asimilan a plantaciones industriales. Para evaluar este subindicador se realizó un Buffer a la red de drenaje teniendo en cuenta el orden de Strahler (orden 1 y 2 buffer de 30 metros; orden 3 y 4 buffer de 40 metros y orden mayor 50 metros de buffer). Posteriormente se cruzó el buffer con la vegetación funcional extraída de los POMCAs de ambas cuencas las cuales pueden ser consultadas en el Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b) y se procedió a evaluar según la asignación descrita en la Tabla 170.

Tabla 170. Clasificación del indicador F13: extensión de la vegetación funcional

Caracterización	Descripción	Valor asignado
A	La vegetación cubre gran parte de la longitud del cauce (>90%) incluyendo especies con menor funcionalidad	0
B	La vegetación cubre una porción importante de la longitud del cauce (33%-90%), pueden existir especies con funcionalidad pobre pero la presencia debe ser inferior al 66% de la vegetación funcional presente.	2
C	La vegetación funcional cubre una porción pequeña de la longitud del cauce (<33%) o la vegetación con pobre funcionalidad es superior al 33% de la totalidad del área de vegetación funcional.	3

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los criterios definidos por Rinaldi et al. (2013)

- ✓ *A5: Presencia y frecuencia de estructuras de cruce*

Este subindicador busca reflejar la presencia y frecuencia de estructuras de cruce, incluyendo puentes, box culverts, alcantarillas y PCHs. Dado que la mayor parte de los subindicadores de artificialidad requieren un análisis detallado que requiere un conocimiento específico para la zona, para la escala de este trabajo, la información utilizada para el cálculo de este indicador se obtuvo a partir de un proceso de fotointerpretación y revisión de información secundaria. Vale la pena señalar que, a la escala del análisis no fue posible identificar si las estructuras de cruces presentan algún elemento artificial dentro del canal o llanura adyacente, o que puedan interferir con los flujos de agua, para lo cual se requeriría información detallada del tramo.

En esta línea, una vez cartografiadas estas alteraciones, se asignó un valor de entre 0 y 5, de acuerdo con la clasificación presentada en la Tabla 171:

Tabla 171. Clasificación del indicador de alteraciones

Caracterización	Descripción	Valor asignado
A	Ausencia de alteraciones	0
B	Presencia de al menos una alteración en el tramo analizado	3
C	Presencia de 2 o más alteraciones	5

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los criterios definidos por Rinaldi et al. (2013)

- ✓ *A13: Alteración de la calidad del agua*

Este subindicador se propone con el fin de dar rigor a la aplicabilidad de elementos que alteran la disponibilidad de hábitats en una corriente y con el fin de mejorar y robustecer la descripción del estado del sistema.

Para este caso se propone una evaluación a partir de la información procedente del POMCA, específicamente el Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL), que es el referente de la presión sobre las condiciones de calidad de agua en los sistemas hídricos superficiales del país. La puntuación otorgada a este subindicador se presenta en la Tabla 172.

Tabla 172. Clasificación de la alteración de la calidad del agua

Caracterización	Descripción	Valor asignado
A	Poco o nulo impacto sobre la calidad de agua. IACAL= Alto y Muy Alto	0
B	Impacto medio sobre la calidad de agua. IACAL=Medio	3
C	Alto impacto sobre la calidad de agua. IACAL=Bajo y Muy Bajo	6

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de los criterios definidos por Rinaldi et al. (2013)

- ✓ *Cálculo del MQI*

Una vez definidos los tramos y los sub-indicadores, se calcula una puntuación total como la suma de las puntuaciones de todos los componentes y aspectos. El indicador de alteración morfológica (MAI) se define primero de la siguiente manera:

$$MAI = \frac{Stot}{Smax}$$

Donde *Stot* es la suma de los puntajes y *Smax* es el puntaje máximo que se puede alcanzar cuando todos los sub-indicadores tienen su valor máximo. Por lo tanto, MAI varía de 0 (sin alteración) a 1 (alteración máxima). En este sentido, el indicador de calidad morfológica se define como:

$$MQI = 1 - MAI$$

Así pues, el MQI es directamente proporcional a la calidad del tramo e inversamente proporcional a las alteraciones, variando de 0 (calidad mínima) a 1 (calidad máxima).

De acuerdo con esta estructura, las condiciones de referencia (correspondientes a MQI = 1) se identifican con lo siguiente: (i) la funcionalidad completa de los procesos geomorfológicos a lo largo del tramo; (ii) la ausencia o presencia insignificante de elementos artificiales a lo largo del tramo y en cierta medida (en términos de caudal y flujo de sedimentos) en la cuenca; y (iii) la ausencia de ajustes significativos del canal (configuración, ancho, elevación del lecho) en un marco temporal de aproximadamente 100 años.

14.4.1.2 Indicador de ramping (HP1)

El indicador de ramping (HP1) fue propuesto por Meile et al. (2011) y reinterpretado por Punys et al. (2015). Este indicador brinda una medida adimensional de la magnitud de la hidroalimentación que experimenta un río con presencia de centrales hidroeléctricas. Matemáticamente este indicador se expresa como:

$$HP1_i = \frac{Q^T_{max,i} - Q^T_{min}}{Q_{mean,i}}, \qquad i\epsilon[1, N]$$

$$HP1 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} HP1_i$$

Donde $HP1_i$ es el indicador en el día *i*, $Q^T_{max,i}$ corresponde al caudal máximo de operación en el día *i*, Q^T_{min} es el caudal mínimo de operación de la turbina, $Q_{mean,i}$ es el caudal medio del día *i*, N es número de días de caudal registrados y $HP1$ es el indicador de magnitud de la hidroalimentación.

Como lo exige el indicador, fue necesario contar con series de caudales medios diarios ($Q_{mean,i}$) para su estimación. Dado que las unidades de análisis no se encuentran instrumentalizadas en su totalidad, para la estimación de los caudales medios diarios ($Q_{mean,i}$) se utilizó el hidrológico conceptual denominado LU3 (la descripción y ecuaciones matemáticas de este modelo se presentan en el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c)).

La calibración del modelo hidrológico consideró la estimación de siete parámetros de calibración, a saber:

- Lámina de capacidad de almacenamiento útil (Hu), dimensiones [L] y unidades mm.
- Capacidad de infiltración del agua en la capa superficial de suelo de la cuenca (Ks), dimensiones [L/T] y unidades mm/d.
- Capacidad de percolación del agua en la capa inferior de suelo de la cuenca (Kp), dimensiones [L/T] y unidades mm/d.
- Pérdidas subterráneas profundas ($Perd$), dimensiones [L] y unidades mm.
- Tiempo de residencia de la escorrentía superficial en la cuenca (Ts), dimensiones [T] y unidades d.
- Tiempo de residencia de la escorrentía subsuperficial en la cuenca (Tp), dimensiones [T] y unidades d.
- Tiempo de residencia del flujo base en la cuenca (Ta), dimensiones [T] y unidades d.

La estimación de los parámetros se obtiene de tal forma que la serie de caudales observada sea representada de la mejor manera posible por los caudales simulados. Los criterios de bondad de ajuste en la calibración de los modelos se denominan Funciones Objetivo (FO). En este estudio se

empleó como FO la eficiencia de Nash-Sutcliffe, E, es un estadístico normalizado que determina la magnitud relativa de la varianza de los residuales comparada con la varianza de la muestra de referencia. Por lo tanto, indica que tanto se ajustan las series de referencia y la simulada a la línea de pendiente unitaria. La expresión clásica para calcular la eficiencia es:

$$E1 = \left(1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(Q_t^o - Q_t^s)^2}{\sum_{t=1}^{n}(Q_t^o - \bar{Q})^2}\right) \text{x} 100\%$$

donde n es el número de días en el horizonte de calibración, Q_t^o [L^3/T] es el caudal medio diario observado en el t-ésimo día, Q_t^s [L^3/T] es el caudal medio simulado para el t-ésimo día y $\bar{Q}$ [L^3/T] es el promedio de los caudales medios observados. Existe un consenso general de que la principal desventaja de $E1$ es que las diferencias entre los valores observados y los valores predichos se representa de forma cuadrática, con lo cual los errores de estimación en los máximos tienen mayor influencia que los correspondientes a los mínimos.

El procedimiento práctico de calibración se efectuó mediante una calibración automática usando el 70% de los datos registrados en la estación hidrológica y usando como FO la maximización de $E1$ y tratando de representar lo mejor posible las curvas de duración de las series de caudal observadas. Se utilizó el algoritmo Second-Harmonic Generation (SHG) para maximizar la FO considerada. La ventaja del algoritmo implementado es que permite realizar evaluaciones de la FO propuesta por efecto de combinaciones de parámetros dentro de intervalos plausibles.

Por otra parte, para validar el modelo se tomó el 30% restante de la estación hidrológica y se simularon los caudales con los parámetros que fueron calibrados y nuevamente se calculan los estadísticos y la curva de duración de caudales.

Como el HP1 requiere conocer además el $Q_{max,i}^T$ y Q_{min}^T para cada unidad de análisis, esta información se infirió haciendo uso de las siguientes expresiones matemáticas:

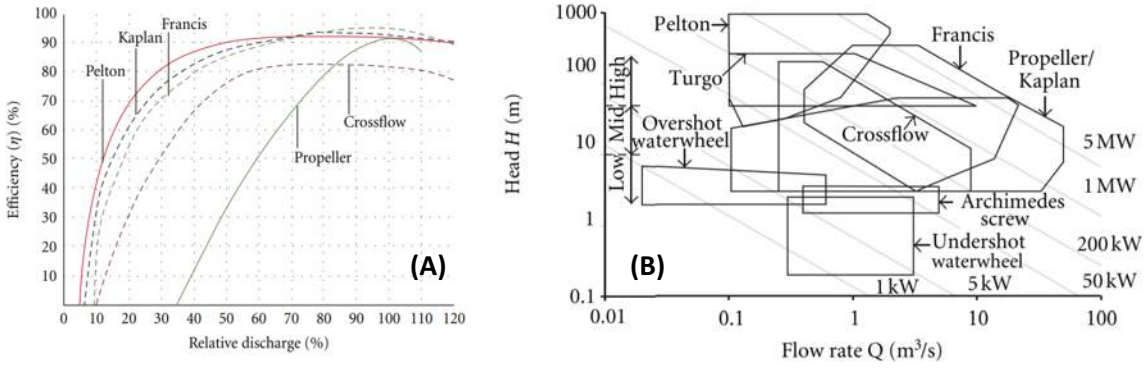
$$Q_{\text{max_T}}^T = W_{max} * QD$$

$$Q_{min}^T = W_{min} * QD$$

Donde $Q_{\text{max}_T}^T$ es el caudal de la turbina en su máxima eficiencia, W_{min} y W_{max} corresponden a la proporción del caudal de diseño QD para el Q_{max}^T y Q_{min}^T. Dado que alguno de los escenarios de análisis contempla la inclusión de proyectos que se encuentran en trámite de permisos de estudio (no se conoce la ubicación el proyecto); para conocer él QD, se utilizó el software K-Hidro, el cual es un conjunto de herramientas para la estimación de potencial hidroeléctrico (Emergente, 2020). Con esta herramienta fue posible obtener variables como: Caudal de diseño, potencia instalada, diferencia de alturas entre captación y casa de máquinas, longitud de conducciones, potencia vs longitud de túnel, entre otras.

Tomando en cuenta que los factores W_{min} y W_{max} se encuentran asociados a el tipo de turbina que posea la hidroeléctrica, en los casos donde no se cuento con esta información, se estimó a partir de las curvas presentadas en la Figura 366.

Figura 366. (A) Curva de eficiencias típicas para diferentes tipos de turbinas y (B) rangos de carga de turbinas



Fuente: (A) IPCC (2007) y (B) Williamson et al. (2011)

Conociendo el tipo de turbina, se tomaron los porcentajes de caudal mínimos de operación, de acuerdo con lo propuesto por Penche (1998) (ver Tabla 173):

Tabla 173. Porcentaje del caudal de operación mínimo para operación de turbinas

Tipo de Turbina	W_{min}
Francis	30
Kaplan	15
Pelton	10
Turgo	20
Propeller	65

Fuente: Penche, 1998; Sakulphan & Bohez (2018)

El valor de $Q^T_{max,i}$ se estimó mediante una serie de reglas simples que involucran la serie de caudales medios diarios (Q) y el valor de caudal ambiental (Q_{amb}). Así pues, matemáticamente Q_T se expresa como:

$$Q^T_{max,i} = \begin{cases} 0 & if \quad (Q - Q_{amb}) < Q^T_{min} \\ (Q - Q_{amb}) & if \quad Q^T_{min} \leq (Q - Q_{amb}) \leq Q^T_{\max_T} \\ Q^T_{\max_T} & if \quad (Q_i - Q_{amb}) > Q^T_{\max_T} \end{cases}$$

Para el cálculo del caudal ambiental mes a mes, se utilizó el método propuesto por la Northern Great Plains Resource Program (NGPRP, 1974). Este método consiste en construir las curvas de duración de caudal (Searcy, 1959) para cada uno de los meses y estimar el Q95%, el cual se asocia como caudal ambiental. Es de resaltar que el valor de Q_{amb} estimados no deben ser considerados para otros fines más que los aquí mencionados, pues para la obtención de un régimen de caudales ambientales adecuado deben considerarse los múltiples atributos de los componentes ambientales del caudal (no solo los caudales mínimos).

Estimada toda la información el procedimiento de cálculo sigue las siguientes 3 reglas:

- Si la unidad presenta ausencia de proyectos hidroeléctricos y no cuenta con proyectos hidroeléctricos en las unidades aguas arriba, tendrán un HP1 = 0. Por el contrario, las

unidades con presencia de proyectos hidroeléctricos en su interior o aguas arriba presentan un valor mayor que cero.

- Si la unidad de análisis presenta proyectos hidroeléctricos en su interior, pero no cuenta con proyectos hidroeléctricos en las unidades aguas arriba, entonces los parámetros de $Q^T_{max,i}$ y $Q^T_{min,i}$ para el cálculo del HP1 corresponde a los de la hidroeléctrica al interior de la unidad.
- Si la unidad de análisis presenta proyectos hidroeléctricos en su interior y además hay presencia de proyectos hidroeléctricos en las unidades aguas arriba de esta, se considera que los efectos de hidroalimentación se acaban cuando hay presencia de un pondaje o embalse. En ese sentido, los parámetros de $Q^T_{max,i}$ y $Q^T_{min,i}$ corresponde a los de la hidroeléctrica al interior de la unidad.
- Si la unidad de análisis corresponde a una confluencia y no tiene presencia de proyectos hidroeléctricos en su interior, pero cuenta con proyectos hidroeléctricos en las dos o más unidades aguas arriba, se considera como $Q^T_{max,i}$ al máximo de los $Q^T_{max,i}$ y el $Q^T_{min,i}$ es el mínimo de los $Q^T_{min,i}$ de los proyectos hidroeléctricos inmediatamente aguas arriba de la unidad (esto último se modifica de acuerdo con lo descrito en el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c)).

Los cálculos descritos anteriormente, se realizan a nivel de píxel mediante un algoritmo desarrollado en MATLAB. Por consiguiente, se cuenta con un valor de HP1 para todos los pixeles identificados como drenajes a partir del modelo de elevación digital de terreno de 10 metros consolidado en la información cartográfica de los POMCAs de ambas cuencas. Dado que la unidad mínima de análisis corresponde a las subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3), la asignación en cada unidad se realizó mediante el promedio de los HP1 obtenidos sobre los pixeles del cauce principal de dicha unidad, esto incluye los pixeles cuyo valor de HP1 sean iguales a cero.

14.4.1.3 Indicador de grado de regulación (DOR)

El indicador de grado de regulación o DOR (por sus siglas en inglés: Degree of Regulation) permite cuantificar de manera porcentual, la alteración que sufre el régimen de caudales bajo la presencia de un proyecto hidroeléctrico (Opperman et al., 2015) (Lehner et al., 2011). Matemáticamente este indicador se define como la relación entre el volumen de almacenamiento disponible aguas arriba de un tramo fluvial *k* y el volumen de escorrentía media anual en el tramo *k*. Por lo tanto, corresponde al porcentaje de la oferta hídrica anual que es retenida en embalses localizados aguas arriba del tramo analizado *k*:

$$DOR_k = \frac{Capacidad\ de\ almenamiento\ aguas\ arriba\ del\ tramo_k\ [m^3]}{Escorrentía\ media\ anual\ en\ el\ tramo_k\ [\frac{m^3}{\text{año}}]} * 100\ [\%_{\text{año}}]$$

Ahora bien, si el proyecto hidroeléctrico corresponde a una PCH, la capacidad de almacenamiento se considera como el volumen de agua que es derivado para generación de energía (caudal turbinado). Para este caso, la regulación hídrica estaría dada solamente en el tramo comprendido entre la captación y la descarga, si estas dos se sitúan en el mismo afluente. Si, por el contrario, la descarga se ubica en otro cuerpo de agua, la regulación estaría dada hasta el afluente en el cual se recupera el caudal extraído. Los datos de escorrentía media anual utilizados para el cálculo de este indicador, corresponden a los volúmenes calculados a partir del rendimiento hídrico, información que fue estimada a partir de las modelaciones de servicios ecosistémicos con el Annual Water Yield – InVEST. Los resultados de las modelaciones fueron presentados en el Producto 3 – Fase II -

(Cornare & TNC, 2021b). En los que respecta a la capacidad de almacenamiento, para el caso de los proyectos como Porvenir, esta información fue obtenida del volumen almacenado consolidado en los estudios de impacto ambiental, mientras que para los proyectos que no generan embalse, se tomaron los caudales máximos turbinados por cada proyecto, estimados para el cálculo del HP1.

Los cálculos descritos anteriormente, se realizan a nivel de píxel mediante un algoritmo desarrollado en MATLAB. Por consiguiente, se cuenta con un valor de DOR para todos los pixeles identificados como drenajes a partir del modelo de elevación digital de terreno de 10 metros consolidado en la información cartográfica de los POMCAs de ambas cuencas. Dado que la unidad mínima de análisis corresponde a las subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3), la asignación en cada unidad se realizó mediante el promedio de los DOR obtenidos sobre los pixeles del cauce principal de dicha unidad, esto incluye los pixeles cuyo valor de DOR sean iguales a cero.

14.4.1.4 Indicador de alteración de sedimentos (SAI)

El indicador de alteración de sedimentos (SAI), permite cuantificar las alteraciones relacionadas con el cambio en la carga de sedimentos suspendidos totales (SST) considerando los efectos acumulativos de captura de sedimentos de los embalses. Matemáticamente se expresa como:

$$P_s = \left(1 - \frac{Q_{s,e}}{Q_{s0}}\right) * 100$$

Donde:

P_s Porcentaje de perdida acumulativa de caudal solido medio en un tramo fluvial

$Q_{s,e}$ Carga media de sedimentos suspendidos en el escenario analizado considerando la retención acumulada aguas arriba.

$Q_{s,o}$ Carga media de sedimentos suspendidos en el escenario de referencia (sin embalses).

Para el caso de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur la carga de sedimentos se tomó de los resultados de las modelaciones de servicios ecosistémico con el Sediment Delivery Ratio – InVEST presentados en el Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b). En lo que respecta a la carga de sedimentos retenida, esta se estimó como una porción de la carga de sedimentos producida por la cuenca, de acuerdo con el volumen del embalse. No obstante, esto solo se efectuó para los proyectos que embalsan o que transvasan agua a otra cuenca. En el caso de las PCH, el porcentaje de retención fue cero dado que está retornando al río los sedimentos retenidos en el sedimentador, operación que se realiza en un periodo muy corto.

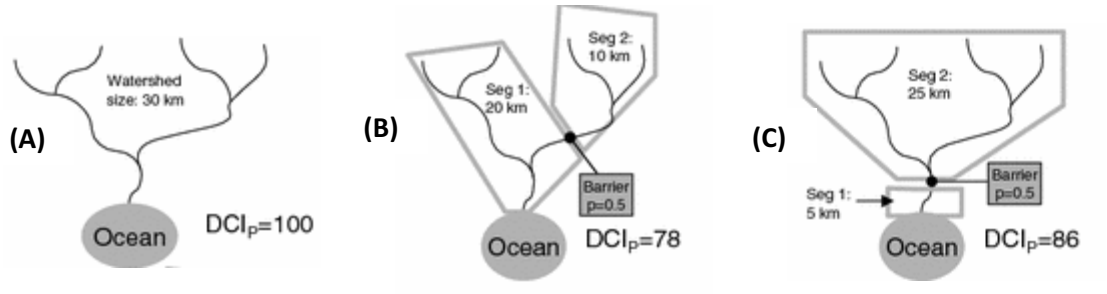
Los cálculos descritos anteriormente, se realizan a nivel de píxel mediante un algoritmo desarrollado en MATLAB. Por consiguiente, se cuenta con un valor de SAI para todos los pixeles identificados como drenajes a partir del modelo de elevación digital de terreno de 10 metros consolidado en la información cartográfica de los POMCAs de ambas cuencas. Dado que la unidad mínima de análisis corresponde a las subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3), la asignación en cada unidad se realizó mediante el promedio de los SAI obtenidos sobre los pixeles del cauce principal de dicha unidad, esto incluye los pixeles cuyo valor de SAI sean iguales a cero.

14.4.1.5 Indicador de conectividad dendrítica (DCI)

El indicador de conectividad dendrítica (Cote et al., 2009) evalúa la conectividad en términos de probabilidad de coincidencia, es decir, la probabilidad de que los peces puedan moverse entre dos puntos elegidos al azar en una red fluvial. Por lo tanto, la conectividad depende de cuántas barreras haya entre dos puntos y de la viabilidad de estas barreras (probabilidad de que los peces puedan cruzar una barrera tanto en la dirección aguas arriba como aguas abajo).

Por consiguiente, en un sistema sin barreras, existe una conectividad completa de la red fluvial, por lo que el DCI tiene un valor máximo de 100 (ver Figura 367 - A). La introducción de una sola barrera crea dos secciones de corriente (ver Figura 367 - B), y el DCI se basa en los tamaños (longitudes totales del canal) de las secciones resultantes y la permeabilidad de la barrera en ambas direcciones, aguas arriba y aguas abajo (en este caso, el producto de las dos permeabilidades = 0.5). Cambiar la ubicación de la barrera (ver Figura 367 - C) para crear una mayor desigualdad en el tamaño de la sección de río da como resultado un sistema más conectado (DCI más alto) (Cote et al., 2009).

Figura 367. Representación esquemática de la variación del DCI



Fuente: Cote et al. (2009)

En principio, el DCI consta de dos componentes: el DCI_p, el cual mide la conectividad de las especies de peces residentes en el sistema fluvial, y el DCI_d, que mide la conectividad de los peces que migran desde el tallo principal del río hacia los afluentes de la cuenca. Para el caso particular del marco, se hará uso del componente DCI_p, el cual se nombra de aquí en adelante como DCI

Para el cálculo del DCI se divide el sistema fluvial en secciones según la ubicación de las barreras. Luego, se calculan los componentes en función de la probabilidad de movilidad entre las secciones expresada como (Shaad et al., 2018):

$$DCI = 100 * \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{l_i}{L}\right)\left(\frac{l_j}{L}\right)\left(\prod_{m=1}^{M} p_m^u p_m^d\right)\right]$$

Donde L es la longitud total de la sección del río y (l_i, l_j) son las longitudes de las secciones *i* y *j*. *M* es el número total de barreras entre las secciones *i* y *j* (para DCI_p). p_m^u y p_m^dson la transitabilidad aguas arriba y aguas abajo, respectivamente, de la $m - ésima$ barrera entre las secciones y la transitabilidad general de una barrera $p_m = p_m^u * p_m^d$ (Shaad et al., 2018).

El DCI intenta dar cuenta de la modificación de cada barrera a la conectividad con un parámetro de "pasabilidad o transitabilidad " (p_m) que varía de 0 a 1, donde 0 indica que no hay paso de peces a través de la barrera, y 1 indica que no hay bloqueo (es decir, todos los peces que intentan pasar la

barrera en cualquier dirección pueden hacerlo con éxito). Los valores de transitabilidad entre 0 y 1 indican pasadas de peces construidas de diferentes eficiencias, con valores más altos que representan pasadas más eficientes que valores más bajos (Shaad et al., 2018).

Para efecto de este estudio, se consideró la transitabilidad como un resultado binario, es decir, una barrera cumple con los criterios de transitabilidad de los peces designados ($p_m^u = 1\ y\ p_m^d = 1$) entonces el indicador se simplifica a:

$$DCI = 100 * \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{{l_i}^2}{L^2} \right)$$

La información utilizada para la estimación de este indicador correspondió al modelo de elevación digital (DEM) de terreno consolidado en los POMCAs y la ubicación de los proyectos hidroeléctricos que conforman cada uno de los escenarios de análisis. En este sentido, se obtuvo un valor de DCI para todos los pixeles identificados como drenajes a partir del modelo de elevación digital de terreno de 10 metros consolidado en la información cartográfica de los POMCAs de ambas cuencas. Dado que la unidad mínima de análisis corresponde a las subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3), la asignación en cada unidad se realizó tomando el valor de DCI a la salida de cada unidad.

14.4.1.6 Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI)

El indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI) es un indicador basado en el indicador de idoneidad de hábitat (HSI) el cual permite estimar las respuestas de múltiples especies a un factor ambiental del hábitat (Zhao et al., 2015). Para hallar este indicador se contaron con registros históricos de los peces y de las variables ambientales.

El cálculo del indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI), partió del cruce de los valores de abundancia de los individuos junto con la biomasa de cada una de las especies de peces en las unidades de cuenca nivel 3 (unidad de análisis), con la información de los factores de hábitat en las mismas unidades de análisis. Se seleccionaron los peces como la biota a priorizar para estudiar la calidad ecológica de los ríos, quebradas y nacimientos de agua de las cuencas Samaná Norte y Samaná Sur, pues han sido utilizados como indicadores de ecosistemas acuáticos eficaces, ya que son relativamente fáciles de identificar y su posición en la parte superior de la cadena alimentaria ayuda a proporcionar una visión integradora del medio ambiente (Wu et al., 2014; Zhao et al., 2015). Además, existe amplia información sobre las historias de vida de muchas especies, presentan amplia variedad de niveles tróficos aprovechando alimentos de origen terrestre y acuático (Velázquez Velázquez & Vega-Cendejas, 2004), también son un canal de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad preservar la calidad de ríos y lagos. Por ello su caracterización resulta muy importante porque éstos son reconocidos como una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental y como indicador de la calidad del medio acuático en el mundo (Ibarra, 2005). Por lo tanto, comprender la respuesta de los peces a la variación del hábitat en términos de hidrología y calidad del agua es importante para el monitoreo y rehabilitación de los ecosistemas acuáticos.

Los datos necesarios para el cálculo de los indicadores propuestos partieron de la revisión de los estudios de impacto ambiental, principalmente los de línea base o los destinados para el licenciamiento ambiental de los proyectos hidroeléctricos. Así mismo, se emplearon los monitoreos

realizados por las empresas generadoras a los proyectos en operación; también se usó información presentada en el estudio de caudal ambiental realizado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible junto con la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare (MADS y Cornare, 2016), reportes encontrados en el Servicio de información sobre diversidad biológica mundial (*GBIF.Org*, 2021), información del trabajo doctoral de Silvia López Casas sobre peces migradores de la cuenca del río Magdalena(Silvia López Casas, 2015), y lo hallado en el Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b).

En las unidades de análisis que contaban con información de varias fuentes, se realizó el promedio histórico de los registros, tanto para la abundancia de individuos como para la cantidad de biomasa aportada por esas especies. Para las unidades de cuenca de nivel subsiguiente 3 que no presentaron información de abundancia y biomasa de peces, se realizó un agrupamiento de las cuencas por características morfológicas e hidrológicas, revisando rigurosamente la ubicación geográfica y que realmente compartieran estas características lo más similares posible. De esta forma se asumió que las cuencas similares, también presentan los mismos valores de abundancia y biomasa, y así se complementó esta información para las especies de peces siguiendo criterios de distribución de especies en el gradiente altitudinal (a menor altura sobre el nivel de mar, mayor es la riqueza de especies, y a mayor altura sobre el nivel del mar, menor es la riqueza de especies y por lo general son endémicas), y del ensamblaje de las comunidades de peces en el oriente de Antioquia (Jaramillo et al., 2008; Jaramillo-Villa et al., 2010; Carvajal-Quintero et al., 2015).

Teniendo en cuenta los escenarios de análisis considerados y la información de los peces disponible, se procedió a seleccionar el criterio de cómo pueden ser afectadas las comunidades y poblaciones de peces en ambas cuencas, y aunque a nivel local la información es muy descriptiva y no es clara la estandarización de los muestreos, se revisaron varios artículos donde se comenta que las hidroeléctricas de pequeña, mediana y gran escala, pueden ocasionar principalmente la deriva de los caudales por tuberías o túneles, lo cual ocasiona disminución en la oferta de hábitat en los tramos con caudal reducido, además de los bloqueos de las rutas migratorias, siendo ocasionado por los muros de contención de los ríos y las extensas áreas embalsadas; aunque existen otros impactos generados por las hidroeléctricas, estas son las principales afectaciones que pueden generar: disminución en la biodiversidad, dominancia de especies introducidas e invasivas, y la diminución de la abundancia de individuos en las especies (Poff et al., 2010 y Jumani et al., 2019).

Dentro de los posibles impactos generados en la salud de los ecosistemas, así como en las comunidades y poblaciones de peces ocasionados por los proyectos hidroeléctricos de diferentes tamaños, se encuentran la ruptura de las rutas de migratorias, disminución de caudal y hábitats en los tramos entre la captación y la descarga, retención de los sedimentos y variación en las dinámicas de estos, y perdida de cobertura vegetal debido a la inundación ocasionada por los embalses (Jiménez-Segura et al., 2016; Héctor Angarita et al., 2018); como también, afectación a la fauna íctica, deforestación para construir zonas de depósito, vías de acceso y otras instalaciones, vertimiento de residuos sólidos y líquidos contaminantes a los cuerpos de agua (A. Osorio & Cifuentes, 2020). Considerando estas afectaciones, se decidió realizar el siguiente análisis, siguiendo supuestos conservadores, dada la carencia de estudios científicos que hayan sido sometidos y publicados en revistas especializadas y que describan la disminución en la cantidad de individuos y de especies de peces a nivel de cuenca en los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

De esta manera, para la estimación del MHSI en los escenarios de análisis (Cornare & TNC, 2021c), se usó el criterio de reducir al 50 % de la abundancia de individuos y de la biomasa en las unidades de análisis (cuencas nivel 3), lo cual es un conceso de los trabajos revisados (Anderson et al., 2006; Santos et al., 2006; Poff et al., 2010; Jumani et al., 2019; Carvalho & Araújo, 2020); esto significa que cada vez que entra un proyecto de acuerdo con el escenario, se reduce la abundancia de cada especie registrada en la cuenca de nivel subsiguiente 3 al 50 %. En caso de existir más de un proyecto en la misma unidad de análisis, no se realizó la reducción de individuos ya que esta se había ejecutado anteriormente, y las unidades no presentan subdivisiones dentro de esta unidad de análisis según lo descrito en el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c). Las especies migratorias fueron retiradas del análisis en las cuencas de nivel subsiguiente 3 ubicadas en la zona de influencia del proyecto, y aguas arriba en las unidades donde están reportadas, caso particular de las cuencas ubicadas río arriba de los proyectos hidroeléctricos Palagua y Porvenir II en la cuenca Samaná Norte; en cuanto a la cuenca Samaná Sur, no se encontraron reportes de especies migratorias aguas arriba de proyectos hidroeléctricos. Estas rutas migratorias se describen en el Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b) en el apartado de servicios ecosistémicos de soporte, en el cual se mencionan las barreras naturales y la importancia de ambos ríos para la reproducción de las especies migratorias que son las que más aportan en las pesquerías de la cuenca del río Magdalena.

Teniendo como insumo los datos descritos anteriormente, se procedió a realizar las ponderaciones usando el centro de masa y la identificación del punto de ruptura en la curva de la dominancia acumulada, con el fin de seleccionar las especies que más contribuyen en las comunidades de peces. Posteriormente, se continuo con el cálculo matemático del MHSI como lo expresa la siguiente formula usando código Python:

$$MHSI_k = \sum_{i=1}^{I} \frac{P_{k_i}}{I} \, donde \; P_{ki} = \frac{n_{ki}}{N_i}$$

Donde *k* representa el *k – ésimo* gradiente de un determinado hábitat (Caudal mínimo, máximo y medio, profundidad mínima, máxima y media, y velocidad mínima, máxima y media), *k* = 1, … , *K* donde *k* es el número total de gradientes a lo largo del factor hábitat; *i* representa la *i – ésimo* especie dominante (*i* = 1, … , *I*) e *I* es la el número de especies dominantes; n_{ki} es la abundancia de la *i − ésimo* especie en el *k − ésimo* gradiente del factor hábitat; N_i es la abundancia de la *i – ésimo* especie en todos los gradientes del factor hábitat; $N_i = \Sigma_{k=1}^{K} n_{ki}$; P_{ki} es la probabilidad adecuada de la *i – ésimo* especie en el *k − ésimo* gradiente; $MHSI_K$ es el HSI basado en múltiples especies, es decir, la probabilidad adecuada de que todas las especies dominantes en el *k − ésimo* gradiente (Zhao et al., 2015). El resultado del MHSI varía entre 0 que indica los hábitats no preferidos y 1 que serían los hábitats más preferidos.

La ponderación de la abundancia y la biomasa para las cuencas se obtuvo a partir del procedimiento propuesto por Zhao et al., (2015), que se basa en elegir las especies que mayor cantidad de individuos y biomasa aportan, seleccionando las más pesadas, ya que se consideran especies que necesitan mayores requerimientos de hábitat. Esto se realiza mediante la siguiente fórmula, $I_{mportance,i} = \omega_1 \, P_{a,i} + \omega_2 \, P_{b,i}$ donde P_a y P_b se refiere respectivamente a las proporciones de la abundancia y la biomasa de todas las considerando la presencia / ausencia por unidad de análisis cuenca nivel 3; ω_1 y ω_2 son las ponderaciones de la abundancia y la biomasa ($\omega_1 + \omega_2 = 1.0$).

La selección de las especies más importantes se realizó siguiendo la propuesta Gippel & Stewardson, (1998) mediante la siguiente formula, $K = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}$ donde $\frac{d^2y}{dx^2}$ corresponde a la segunda derivada de *y* respecto a *x, y* $\frac{dy}{dx}$ sería la primera derivada de *y* respecto a *x*. Las especies que muestran dominancia antes del punto de quiebre de la curvatura son las que más contribuyen en todas las comunidades en comparación con las que muestran dominancia después del punto de ruptura. Por lo tanto, la curvatura máxima se utiliza para identificar las especies dominantes dentro de las comunidades de peces en el área de estudio. (Zhao et al., 2015).

En la implementación del indicador en los escenarios propuestos, se decidió dejar constante el número de las clases obtenidas en los factores de hábitat como referencia para la cuenca, para de esta manera poder analizar lo que sucede entre escenarios con los valores del MHSI. Con el objetivo de simular los impactos de los proyectos hidroeléctricos que se consideran en cada uno de los escenarios a futuro y estimar los cambios en el MHSI, además de la estimación de la alteración de los factores ambientales, se asumió una reducción de la abundancia de las especies de peces en un 50% (tal y como se explicó arriba), así como la desaparición de las especies migratorias presentes en cada una de las cuencas. Las cuencas en las que no se evidenciaron proyectos hidroeléctricos y por ende no hubo modificación de la abundancia ni extracción de especies migratorias, se dejaron constantes los resultados del MHSI hallado durante el escenario 1 en los 7 escenarios posteriores o hasta la entrada de un proyecto. Por último, se promediaron los valores obtenidos para el MHSI en cada uno de los 6 factores de hábitat para tener un único valor del indicador en cada cuenca de nivel subsiguiente 3.

14.4.1.7 Indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)

El indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH) mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas – como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño) – podría generar riesgos de desabastecimiento. El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del indicador de regulación hídrica (IRH) y el indicador de uso de agua (IUA). Las categorías de este indicador se presentan en la Figura 368 (IDEAM, 2019).

Figura 368. Categorías del indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)

Vulnerabilidad del recurso hídricorelación IRH – IUA					
IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda)		Índice de regulación			
Rango	Categoría	Alta	Moderado	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 - 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 - 20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20 -50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
50 - 100	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: IDEAM (2015)

Este indicador fue tomado de los POMCAs de ambas cuencas. Dado que este es un indicador categórico, se le asignación una valoración numérica a cada de la siguiente manera: 0.2 Muy Baja, 0.4 Baja, 0.6 Media, 0.8 Alta y 1 Muy Alta. Es de resaltar que este indicador se consideró invariante con los escenarios, esto se debió a que en el POMCA no se consideró la demanda hídrica de los proyectos hidroeléctricos para la estimación del IUA por ser un uso no consuntivo, es decir, que el indicador IVH es igual para los 8 escenarios de análisis.

14.4.1.8 Indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC)

Este indicador permite evaluar la vulnerabilidad y el riesgo de un sistema frente al cambio climático. A nivel de Colombia este indicador se desarrolló en un esfuerzo conjunto entre los integrantes del equipo de vulnerabilidad y adaptación de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC). El indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático se desarrolla bajo un proceso riguroso de selección de las Variables Indicadores e Índices (VII), de tal forma que sea posible evaluar la trazabilidad de la vulnerabilidad y el riesgo por cambio climático en Colombia. La descripción detallada del esquema de cálculo de este indicador puede ser consultada en IDEAM et al. (2017). La asignación de este indicador en cada una de las unidades de nivel subsiguiente 3 de ambas cuencas, se efectuó mediante el promedio ponderado de acuerdo con la participación porcentual de dicho indicador en cada unidad. Es de resaltar que este indicador se consideró invariante para los escenarios de análisis propuestos.

14.4.1.9 Indicador de gestión del riesgo de desastres (IGRD)

En concordancia con lo acordado en el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c), se utiliza el indicador de gestión del riesgo de desastres para cuantificar el riesgo a nivel municipal ante eventos hidrometeorológicos (inundaciones lentas, movimientos en masa y flujos torrenciales) y las capacidades de las entidades territoriales para gestionarlo. Este indicador reconoce las particularidades del territorio en términos de riesgo y capacidades, orienta prioridades de política pública de forma diferenciada, se enfoca en eventos hidrometeorológicos, por ser los más frecuentes y ocasionar el 74% de la afectación de la población.

El indicador municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades se construye a partir de dos componentes: el primero que mide el riesgo y el segundo que mide las capacidades (Figura 369).

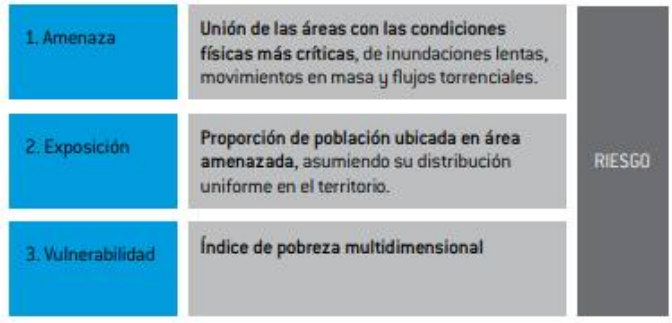
Figura 369. Indicador municipal de riesgo desastres ajustado por capacidades



Fuente: DNP (2018)

El componente de riesgo, medido a través del indicador municipal de riesgo de desastres, cuantifica la proporción de la población de los municipios que es vulnerable socialmente y está expuesta a las condiciones más críticas de amenazas hidrometeorológicas, relacionadas con inundaciones lentas, movimientos en masa y flujos torrenciales. Para ello, agrega en una sola dimensión variables asociadas con la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad (Figura 370).

Figura 370. Dimensiones del indicador municipal de riesgo de desastres



Fuente: DNP (2018)

Como resultado, el indicador asigna un valor de riesgo de cero (0) a cien (100), donde cero es un municipio con riesgo bajo, donde la vulnerabilidad social de sus habitantes es muy baja y no están expuestos a las condiciones más críticas de inundaciones, flujos torrenciales y movimientos en masa y, cien, corresponde a un municipio donde sus habitantes son altamente vulnerables y están expuestos a las condiciones más críticas de los tres tipos de fenómenos considerados

El componente de capacidades, medido a través del indicador de capacidades, evalúa a los municipios de acuerdo con su capacidad financiera, socioeconómica e institucional, ya que estas dimensiones definen el accionar de las entidades territoriales frente a la gestión de riesgo de desastres. El indicador de capacidades se construye a partir de tres dimensiones y seis variables, tal como lo muestra la Figura 371.

Figura 371. Dimensiones y variables del indicador de capacidades

1. Financiera	Ingresos del municipio	Ingresos tributarios y no tributarios per cápita 2012-2015
2. Gestión del riesgo de desastre	Instrumentos de gestión	• Consejos de Gestión del Riesgo • Plan Municipal de Gestión del Riesgo aprobado • Estartegia de Manejo de Respuesta
	Inversión en gestión del riesgo	Inversión en gestión del riesgo per cápita 2012-2015 (conocimiento y reducción)
3. Socioeconómica	Población urbana	Porcentaje de poblaciones en cabeceras municipales 2016
	Valor agregado	Valor agregado per cápita 2012-2015
	Densidad empresarial	Número de empresas por cada 100.000 habitantes en 2016

Fuente: DNP (2018)

El indicador que se obtiene va de cero (0) a cien (100), siendo 100 el valor que representa las mayores capacidades. Con esta medición se logra comparar a los municipios según sus capacidades para gestionar el riesgo y refleja que tan heterogéneos son entre ellos para cumplir esta tarea. Para facilitar dicha comparación, los municipios fueron clasificados en cinco grupos según el puntaje obtenido en el indicador de capacidades, siendo el grupo 1 el de menor capacidad, el grupo 4 el de mayor capacidad y un grupo adicional con las 13 principales ciudades.

El indicador municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades (IMRC) se calcula de la siguiente forma:

$$IMRC_i = \sqrt{(100 - índice\ de\ riesgo_i)^2 + índice\ de\ capacidades_i{}^2}$$

Donde i = municipio

El indicador de riesgo ajustado por capacidades, una vez se estandariza, asigna valores de cero (0) a cien (100), donde el cero está asociado a un municipio con menor riesgo y mayor capacidad, y cien, a un municipio con mayor riesgo y baja capacidad.

Se destaca que existen incertidumbres en el cálculo realizado, asociadas a la información, tales como: (i) Escalas de la información disponible (mapas de amenaza o susceptibilidad 1:100.000 y 1:500.000); (ii) La fecha de la generación de la información del indicador sintético de condiciones de vida del DANE, además de que el indicador asigna un valor del riesgo a cada municipio, que considera las condiciones más críticas de amenaza por inundaciones, flujos torrenciales y movimientos en masa, y la población con condiciones de vulnerabilidad social en dichas áreas amenazada.

Dado que este indicador ha sido calculado a nivel nacional a escala municipal en el año 2018 por el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2018), la asignación de este indicador en cada una de las unidades de nivel subsiguiente 3 de ambas cuencas, se efectuó mediante el promedio ponderado de acuerdo con la participación porcentual de dicho indicador en cada unidad. Es de resaltar que este indicador se consideró invariante para los escenarios de análisis propuestos.

14.4.2 *Indicadores económicos*

Como se presentó en el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c), fueron 3 los indicadores seleccionados para representar la sostenibilidad económica de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, a saber:

- Indicador de generación de empleos directos (GED)
- Indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL)
- Indicador de dinamización de la economía local (DEL)

A continuación, se detalla el procedimiento metodológico desarrollado para el cálculo de cada uno de los indicadores listados anteriormente. Además, se listan las decisiones metodológicas que fueron consideradas según sea el caso.

14.4.2.1 Indicador de generación de empleos directos (GED)

La construcción y operación de una central hidroeléctrica implica la participación de un gran número de personas, por lo que la generación de empleos es uno de los impactos económicos más notables de los proyectos hidroeléctricos. El número de empleos que puede generar una hidroeléctrica en su etapa de construcción y de operación, se traduce en la mejora en la calidad de vida de la población la cual se refleja en aspectos como la posibilidad de acceder a los servicios públicos básicos, la disminución en los tiempos de traslados de un lugar a otro por la construcción de vías, contar con servicios de salud, acceder a programas recreativos y de capacitación, y, sobre todo, en la transformación de la percepción de una población frente a su región de residencia (I. Osorio, 2017).

Para capturar esta inyección de capital hacia la población, se ha propuesto usar como indicador la suma de la cantidad de empleos generados en la fase de construcción (F_c) y operación (F_o). Si bien los proyectos hidroeléctricos requieren mano de obra calificada como no calificada, el cálculo del indicador solo toma como base la cantidad de empleos no calificados que se generan, dado que, normalmente el empleo calificado proviene de otros municipios que no hacen parte del área de influencia del proyecto.

$$GED = \frac{F_c + F_o}{PEA}$$

La información de la mano de obra vinculada o a vincular por parte de los proyectos fue tomada de los documentos asociados a Estudio de Impacto Ambiental o Diagnostico Ambiental de Alternativas, para los proyectos que tienen radicada dicha información ante la Autoridad Ambiental. Para los proyectos restantes se hizo una estimación de la potencial mano de obra a vincular considerando el tamaño de este. En ese orden de ideas, se tomó como referencia la potencia máxima generada y se estimó la cantidad de personas operativas que eventualmente se pudieran emplear. Ahora bien, el indicador asociado a la generación de empleos se estima como proporción de la población económicamente activa (PEA)[11] del municipio en el cual se circunscribe el proyecto

Para el análisis por escenario, se parte de la hipótesis de que los proyectos entran en forma secuencial, por tanto, se asume una economía de escala en la generación de empleos municipales; para ello se toma el máximo de empleos generados en la etapa de construcción para cada municipio, y la sumatoria de los empleos para la operación, dado que estos últimos se mantienen en el tiempo (50 años aproximadamente).

14.4.2.2 Indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL)

Los proyectos hidroeléctricos incurren en costos operativos los cuales deberán ser cancelados por el ente generador al Estado, estos costos se convierten en ingresos que impactan positivamente los presupuestos de los municipios en los cuales se implantan las centrales hidroeléctricas, generando así un beneficio para los municipios generadores y que repercute positivamente en la calidad de vida de sus pobladores.

[11] El DANE define a la Población Económicamente Activa (PEA) o fuerza laboral como las personas en edad de trabajar (10 años o más), que trabajan o están buscando empleo. Por lo cual esta población se divide en ocupados(as) y desocupados(as).

Según Gallego (2015) la unidad de planeación minero energética en su texto "Costos Indicativos de Generación Eléctrica en Colombia" establece que dentro de los rubros que deben aportar los proyectos de generación de energía eléctrica se encuentran la tasa por utilización del agua, el impuesto de Industria y Comercio y el impuesto predial; así mismo, Osorio (2017) expone que las pequeñas centrales hidroeléctricas que tengan una capacidad instalada inferior a 20 MW generan la mayor cantidad de transferencias del sector eléctrico a los municipios del área de influencia y a la respectiva corporación regional, sin que se vea afectada su viabilidad económica por los cargos de ley, tomando en cuenta que, el costo de ley por transferencia es el más importante significando el 6 % del valor total de la energía generada, donde el 3 % va al el municipio y el otro 3 % le corresponde a la corporación autónoma regional.

Considerando lo anterior, el indicador asociado a contribuciones económicas anuales por ley considera la sumatoria de las contribuciones anuales (C_i) a las cuales están obligas por ley las hidroeléctricas ($CEAL$).

$$CEAL = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{PIB}$$

Siendo n la cantidad de contribuciones económicas por ley y que corresponden a transferencias, tasa por uso del agua, impuesto de industria y comercio e impuesto predial.

Ahora bien, el indicador se calcula como porcentaje del PIB municipal, esto es, se estiman las CEAL realizadas por los proyectos hidroeléctricos a que porcentaje del Producto Interno Bruto municipal reportado por el DANE corresponde.

Para el cálculo de las transferencias (6% de las ventas brutas), se estimaron inicialmente las ventas brutas, con base en la potencia instalada (MWh) de cada proyecto, un costo de generación de 215 $/kWh reportado por la Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios, en su boletín tarifario de octubre-diciembre de 2020, el cual atiende las disposiciones de la Resolución CREG 015 de 2018 y un factor de producción del 80%.

En lo que respecta a la tasa por uso, el Decreto 1076 de 2015 reglamenta las tasas por utilización de agua y establece en su Artículo 2.2.9.6.1.12 el cálculo del monto a pagar, el cual está compuesto por el producto de la tarifa unitaria anual de la tasa por utilización de agua (TU), expresada en pesos/m^3 y el volumen captado (V), expresado en metros cúbicos (m^3) como lo muestra en la siguiente expresión.

$$VP = TU * (V * Fop)$$

Donde:

VP: Corresponde al valor a pagar por el usuario sujeto pasivo de la tasa, en el periodo de cobro que determine la autoridad ambiental, expresado en pesos.

TU: Es la tarifa unitaria anual de la tasa por utilización de agua, expresada en pesos por metro cúbico ($/m3). La cual se estima en 12,82 $/$m^3$, según la Resolución 112-2865 del 2020 de Cornare.

V: Es el volumen de agua base para el cobro. Corresponde al volumen de agua captada por el usuario sujeto pasivo de la tasa que presenta reporte de mediciones para el período de cobro determinado por la autoridad ambiental, expresado en metros cúbicos (m3).

FOP: Factor de costo de oportunidad, adimensional.

Según el Decreto 1076 de 2015, el factor de costo de oportunidad se toma en cuenta si el usuario del agua se encuentra haciendo un uso consuntivo o no consuntivo, generando costos de oportunidad para los demás usuarios aguas abajo. Este factor no podrá tomar un valor menor a 0,1 ni mayor a 1. Teniendo en cuenta que los proyectos no realizan uso consuntivo, se toma el mínimo valor de costo de oportunidad, el cual corresponde a 0,1.

En lo que respecta al impuesto de industria y comercio, tanto el artículo 7 de la Ley 56 de 1981, como el artículo 51 de la Ley 383 de 1997 establecen un valor de $5 pesos anuales por cada Kilovatio instalado, por lo cual se hace uso de dicho factor.

Por su parte el monto del impuesto predial reglamentado por la Ley 383 de 1997 y fijado por los concejos municipales oscila entre el 1y el 16 por mil del avalúo catastral. Para el cálculo del mismo, se utilizó un valor promedio del 12 por mil referenciado por Ríos-Ocampo & Vélez-Gómez (2015). En lo que respecta al valor por ha fue calculado con base en el reporte de precios del mercado de tierras de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria – UPRA, a partir de la línea base de precios comerciales de la tierra rural agropecuaria – Departamento de Antioquia - vigencia 2016-2017 (UPRA, 2017), en ella se determina el avalúo catastral departamental para la zona rural, para los municipios de Amagá, Andes, Belmira, Concepción, Don Matías, Entrerríos, Fredonia, Jardín, Jericó, Pueblorrico, San Pedro, San Vicente, Santa Bárbara, Támesis, Tarso y Venecia. Si bien no se presenta la información para los municipios de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, la estimación usó como referencia la información reportada para San Vicente, considerando la proximidad de este municipio a la cuenca en estudio, así como la similitud de la dinámica del precio de la tierra en comparación con los municipios que conforman las cuencas del Samaná. La información reportada por la UPRA se encuentra por rango de precios, por lo cual se estima un promedio de dichos rangos, considerando el mayor porcentaje del área municipal. En este orden de ideas, se estima un valor por hectárea que asciende a 15.586.351/ha.

Ahora bien, para el cálculo del impuesto predial se hace uso de la siguiente referencia en términos de área requerida según el tamaño del proyecto (potencia instalada del mismo) (ver Tabla 174).

Tabla 174. Área requerida según potencia máxima

Potencia	Área requerida por el proyecto*
< 5 MW	5 ha
5 a 10 MW	10 ha
10 a 20 MW	15 ha
20 a 40 MW	20 ha
>40MW	25 ha

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Para los proyectos Palagua y Porvenir II los valores se toman del área de intervención reportada en el EIA. Palagua: 41,66 ha. Provenir II 975 ha.

Tal y como se anotó anteriormente, este indicador asociado a las contribuciones económicas se calcula como un porcentaje del PIB municipal.

14.4.2.3 Indicador de dinamización de la economía local (DEL)

Este indicador considera el efecto multiplicador que genera la construcción de la obra civil de los proyectos hidroeléctricos sobre la economía local, al estimular la demanda de bienes y servicios en la zona, relacionados con otros sectores como vivienda, alimentación, transporte, combustible, entre otros; demanda que usualmente genera empleos indirectos adicionales, al ser atendida por contratistas y proveedores locales, lo cual deriva en un aumento de los ingresos de la población local y por tanto en un incremento de su bienestar. La estimación considera los multiplicadores de Leontief calculados por el DANE (2013), los cuales permiten identificar diferentes tipos de encadenamientos (hacia adelante y hacia atrás), derivados de la inversión del proyecto.

Sobre las inversiones realizadas por los proyectos de generación de energía, se estima que desencadenarán variaciones positivas en la función de bienestar de la población local, dado que los beneficios son absorbidos directamente por la población local que se encuentra vinculada a los diferentes sectores económicos, así como los bienes y servicios potencializados por el proyecto en la zona.

La estimación de los multiplicadores se realiza a partir de los encadenamientos que genera el sector "Generación de energía eléctrica; transmisión de energía eléctrica y distribución y comercialización de energía eléctrica". Los sectores considerados en la dinamización corresponden a: extracción de otras minas y canteras, captación, tratamiento y distribución de agua, evacuación y tratamiento de aguas residuales, recolección, tratamiento y disposición de desechos, construcción de edificaciones residenciales y no residenciales, construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil, actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil (alquiler de maquinaria y equipo de construcción con operadores), comercio al por mayor y en comisión o por contrata; comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles); comercio de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas, alojamiento, actividades de servicios de comidas y bebidas , actividades profesionales, científicas y técnicas, otras actividades de servicios.

El valor del multiplicador asociado corresponde a 0,6132. Esto indica que, por cada peso invertido por el proyecto, la economía regional se dinamiza en 0,6132 pesos. Este valor se aplica a la inversión en obra civil del proyecto, la que se estima genera la mayor dinamización local. El rubro asociado a obra civil se obtuvo de la información radicada por los proyectos hidroeléctricos ante la Autoridad Ambiental. Para los proyectos que no contaban con dicha información, el valor fue estimado considerando un promedio de $ 3.115.525.659 /MWh (inversión promedio por MW de acuerdo con los datos obtenidos de proyectos radicados ante Cornare).

14.4.3 *Indicadores sociales*

Como se presentó en el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c), fueron 5 los indicadores seleccionados para representar la sostenibilidad social de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, a saber:

- Indicador de pobreza de ingreso (IPI)
- Indicador de pobreza multidimensional (IPM)
- Indicador de bienestar (IB)
- Indicador de retorno social de inversión (SROI)
- Indicador de conectividad beta (Iβ)

A continuación, se detalla el procedimiento metodológico desarrollado para el cálculo de cada uno de los indicadores listados anteriormente. Además, se listan las decisiones metodológicas que fueron consideradas según sea el caso.

14.4.3.1 Indicador de pobreza multidimensional (IPM)

Tal y como lo indica el CONPES 150 de 2012 (DNP, 2012), el indicador de pobreza multidimensional (IPM) es un indicador que refleja la privación de los hogares en distintas dimensiones. En este sentido, permite observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria, al reflejar diversos conjuntos de privaciones. Está conformado por cinco dimensiones: i) condiciones educativas del hogar; ii) condiciones de la niñez y la juventud; iii) trabajo; iv) salud y acceso a servicios públicos domiciliarios y, v) condiciones de la vivienda; medidas a través indicadores, donde cada dimensión tiene el mismo peso y cada variable tiene el mismo peso al interior de cada dimensión, tal y como se indica en la Tabla 175.

Tabla 175. Dimensiones y variables del IPM de Colombia

Dimensión	Variables
Condiciones educativas del hogar (0.2)	Bajo logro educativo (0.1) Analfabetismo (0.1)
Condiciones de la niñez y juventud (0.2)	Inasistencia escolar (0.05) Rezago escolar (0.05) Barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia (0.05) Trabajo infantil (0.05)
Trabajo (0.2)	Desempleo de larga duración (0.1) Empleo informal (0.1)
Salud (0.2)	Sin aseguramiento en salud (0.1) Barreras de acceso a servicio de salud (0.1)
Servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda (0.2)	Sin acceso a fuente de agua mejorada (0.04) Inadecuada eliminación de excretas (0.04) Pisos inadecuados (0.04) Paredes exteriores inadecuadas (0.04) Hacinamiento crítico (0.04)

Fuente: DNP (2012)

Para el cálculo del IPM en ambas cuencas se utiliza al hogar como unidad de análisis. Esto quiere decir que las personas al interior de un hogar experimentan simultáneamente las privaciones y no cada persona de forma aislada. Se considera que un hogar, y todas las personas que lo componen, es multidimensionalmente pobre si tiene privaciones en al menos el 33% de las 15 variables seleccionadas, teniendo en cuenta la ponderación asignada a cada una de ellas.

La información asociada al indicador de pobreza multidimensional municipal tomada del Censo Nacional de Población y Vivienda (DANE, 2018b) fue presentada en el Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b). Los datos de cada municipio muestran la misma jerarquía para las variables más destacadas: trabajo informal, seguido del bajo logro educativo y tasa de dependencia económica, lo

que permite identificar la misma tendencia en los niveles de pobreza multidimensional para los municipios que conforman la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur.

14.4.3.2 Indicador de pobreza de ingreso (IPI)

La medición de la pobreza en Colombia se da de forma directa e indirecta, de acuerdo a la clasificación de Amartya Sen (1981) citado por (DANE, 2019b). El método directo evalúa los resultados de satisfacción (o no privación) que tiene un individuo respecto a ciertas características que se consideran vitales como salud, educación, empleo, entre otras. Este se calcula a través del indicador de pobreza multidimensional (IPM); el cual fue descrito anteriormente. Por su parte, la medición indirecta evalúa la capacidad de adquisición de bienes y servicios que tienen los hogares, esta medición se hace a través de la línea de pobreza monetaria, la cual se define como el costo per cápita mínimo de una canasta básica de bienes y servicios (alimentarios y no alimentarios) en un área geográfica determinada. Según el Boletín Técnico de Pobreza monetaria en Colombia (DANE, 2019a), la línea de pobreza monetaria nacional del 2019 fue de $257.433 pesos para centros poblados y rural disperso (valor percápita). Mientras que la línea de pobreza extrema o línea de indigencia nacional fue de $117.605.

Tal y como lo plantean Cárdenas-Rodríguez & López-Feldman (2015), este indicador establece un nivel de bienestar mínimo, que generalmente se define como el ingreso que permite al hogar cubrir sus necesidades básicas, tales como una alimentación y una vivienda elemental.

14.4.3.3 Indicador de bienestar (IB)

Este indicador pretende valorar las condiciones de vida de las personas que habitan en ambas cuencas mediante la medición de variables relacionadas con el acceso a servicios públicos y saneamiento básico, a servicios sociales de vivienda, salud y educación, y al desarrollo de los derechos a la recreación y la organización comunitaria.

Este indicador es de carácter cuantitativo y el mayor valor que puede tomar es 100. Está compuesto por seis variables, que a su vez se componen de datos, a los que se les asigna un peso que permiten medir su importancia dentro de cada variable. Así mismo cada variable tiene asignado un peso que determina su impacto dentro del indicador general, como lo muestra la Tabla 176. El peso dado a cada variable y dato se definió mediante análisis multidisciplinario de lo determinante de cada variable en el bienestar de una comunidad.

La fórmula de caculo para el indicador municipal es la suma de puntuaciones obtenidas por cada variable, que a su vez es la sumatoria de los puntos asignadas de acuerdo con su valor.

Tabla 176. Discriminación de pesos por variable y dato

Variable	Peso	Dato	Peso
Cobertura servicios públicos y saneamiento básico	20	% Cobertura servicio de acueducto	5
		% Cobertura servicio de alcantarillado	5
		% Cobertura servicio de energía eléctrica	3
		%Cobertura servicio de recolección de basuras	3
		% Cobertura de acceso a internet	2
		% Cobertura de acceso a telefonía	2
Vivienda	20	% Déficit Cuantitativo	10
		% Déficit Cualitativo	10
Educación	20	Tasa de analfabetismo	6
		Tasa de cobertura bruta educación primaria	6

Variable	Peso	Dato	Peso
		Tasa de cobertura bruta educación media	8
Cobertura en salud	15	% Afiliados a un régimen	15
Recreación y pertenencia	15	mt de espacios para el disfrute de la naturaleza	15
Organización comunitaria	10	% Organización comunitaria	10
Total		100	

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Se explican a continuación las variables, datos y las fórmulas mediante las cuales se calcula el indicador:

- ✓ *Cobertura servicios públicos y saneamiento básico.*

Esta variable da cuenta del porcentaje de cobertura de los servicios públicos de energía eléctrica, internet y telefonía, y de los de saneamiento básico de acueducto, alcantarillado y recolección de basuras. La variable tiene un peso de veinte puntos dentro del indicador, debido a lo determinante que resulta el saneamiento básico dentro de las condiciones de salubridad de las personas. En este sentido los datos correspondientes al saneamiento básico son los de mayor peso dentro de la variable. El mayor puntaje se da cuando el valor del dato es 100 por ciento de cobertura. La fórmula de cobertura de los servicios públicos es la sumatoria de los puntos obtenidos a partir de los datos de acuerdo con la Tabla 177.

Tabla 177. Pesos para cobertura de servicios

Dato	Puntos	Formula
% Cobertura servicio de acueducto	5	Valor*5/100
% Cobertura servicio de alcantarillado	5	Valor*5/100
% Cobertura servicio de energía eléctrica	3	Valor*3/100
%Cobertura servicio de recolección de basuras	3	Valor*3/100
% Cobertura de acceso a internet	2	Valor*2/100
% Cobertura de acceso a telefonía	2	Valor*2/100

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- ✓ *Vivienda*

Esta variable reconoce la vivienda como el elemento físico construido que satisface la necesidad de abrigo e intimidad que un hogar requiere para desarrollarse en condiciones de dignidad. Su valoración dentro del indicador de bienestar se logra a través de los datos sobre déficit cuantitativo y cualitativo que reporta cada municipio, a los cuales se les asigna igual valor. El puntaje se calcula por medio de una escala que da el mayor puntaje cuando el valor de los datos es 0 por ciento de déficit. La fórmula es la sumatoria de los puntos obtenidos a partir de los dos datos, de acuerdo con la Tabla 178.

Tabla 178. Pesos para vivienda

Dato	Puntos	Escala	
		Valor	Puntaje
Déficit cuantitativo	10	0	10
		1	9
		1,1 a 3	8
		3,1 a 4	7
		4,1 a 5	6
		5,1 a 6	5
		6,1 a 7	4
		7,1 a 8	3

Dato	Puntos	Escala	
		8,1 a 9	2
		9,1 a 10	1
		>10	0
Déficit cualitativo	10	0	10
		1 a 3	9
		3,1 a 5	8
		51 a 7	7
		7,1 a 9	6
		9,1 a 12	5
		12,1 a 14	4
		14,1 a 18	3
		18,1 a 21	2
		21,1 a 27	1
		>27	0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

✓ *Educación*

La educación es una variable determinante en el mejoramiento de las condiciones de bienestar de los habitantes de un territorio determinado, toda vez que aporte elementos de comprensión de la realidad y herramientas para ejercer actividades productivas a sus habitantes. Para el caso del indicador de bienestar se toman los datos sobre las tasas de analfabetismo, de cobertura bruta de educación primaria y de cobertura bruta de educación media, siendo esta última de la de mayor peso dentro de la variable, precisamente porque posibilita la obtención de empleos mejor calificados.

El puntaje se calcula por medio de una escala, para el dato correspondiente a la tasa de analfabetismo; para el caso de las tasas de cobertura bruta en educación primaria y media, se otorga el mayor puntaje cuando el valor del dato es 100 por ciento de cobertura.

El cálculo final de esta variable se hace mediante la sumatoria de los puntos asignados a los tres datos que la conforman, de acuerdo con la Tabla 179.

Tabla 179. Pesos para educación

Dato	Puntos	Escala	
		Valor	Puntaje
Tasa de analfabetismo	6	0	6
		0 a 5	5
		5,1 a 10	4
		10,1 a 20	3
		20,1 a 40	2
		40, 1 a 50	1
		>51	0
Tasa de cobertura bruta educación primaria	6	Formula	
		Valor*6/100	
Tasa de cobertura bruta educación media	8	Valor*8/100	

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

✓ *Cobertura en salud*

El porcentaje de afiliados a uno de los regímenes establecidos por las normas y políticas sociales nacionales es el dato por medio del cual se da un valor a la variable de cobertura en salud. El mayor puntaje se da cuando el valor del dato es 100 por ciento de cobertura (ver Tabla 180).

Tabla 180. Pesos para cobertura de salud

Dato	Puntos	Formula
% de afiliados a un régimen	15	Valor*15/100

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- ✓ *Recreación y pertenencia*

Teniendo en cuenta que el disfrute del paisaje y los espacios al aire libre es una condición fundamental para los habitantes de los territorios de las cuencas, se toman los metros de espacios para el disfrute de la naturaleza como un dato que permite medir el desarrollo del derecho a la recreación y el sano esparcimiento. Al valor que toma la variable se le da un puntaje tomando como referente el estándar internacional de espacio público efectivo por habitante que está definido en términos de metros cuadrados por habitante. El mayor puntaje se da cuando el valor del dato es de 15 o más metros cuadrados por habitante y de acuerdo con la Tabla 181.

Tabla 181. Pesos para recreación y pertenecía

Dato	Puntos	Escala	
		Valor	Puntaje
Metros cuadrados de espacios para el disfrute de la naturaleza/habitantes	15	15 o >	15
		14	14
		13	13
		12	12
		11	11
		10	10
		9	9
		8	8
		7	7
		6	6
		5	5
		4	4
		3	3
		2	2
		1	1
		0	0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- ✓ *Organización comunitaria*

La organización comunitaria es reconocida como la base de la vida social en el territorio y principal referente de resolución comunitaria de problemas. Para calcular esta variable se revisa cuantos, de los territorios definidos como unidades político-administrativas dentro del municipio, cuentan con organización junta de acción comunal JAC. El mayor puntaje se da cuando el valor del dato es de 100 por ciento o mayor y de acuerdo con la Tabla 182.

Tabla 182. Pesos para organización comunitaria

Dato	Puntos	Escala	
		Valor	Puntaje
Porcentaje de territorios con organización comunitaria	15	100 o >	10
		99,9 -97	9
		96,9 - 94	8
		93,9 - 91	7
		90,9 - 88	6
		87,9 -85	5

Dato	Puntos	Escala	
		Valor	Puntaje
		84,5 - 82	4
		81,9 - 79	3
		78, 9 - 76	2
		75,9 - 73	1

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Para la cuenca del río Samaná Norte las fuentes por medio de las cuales se obtuvo la información son las siguientes:

Los datos sobre servicios públicos y sociales se obtuvieron a partir de: la Encuesta de Calidad de Vida 2019 (Gobernación de Antioquia, 2019).

Para la cuenca del río Samaná Sur las fuentes por medio de las cuales se obtuvo la información son las siguientes:

Para los municipios de Antioquia, los datos sobre servicios públicos y sociales se obtuvieron a partir de: la Encuesta de Calidad de Vida 2019 (Gobernación de Antioquia, 2019).

Para municipios de Caldas: Déficit de vivienda Fuente: Fichas municipales Departamento Nacional de Planeación, 2016.

Cobertura Servicios públicos: Consorcio POMCA Oriente Antioqueño (2017) y Plan de Desarrollo Norcasia 2020-2023 (Alcaldía de Norcasia, 2020).

Fuente analfabetismo Pensilvania: (DANE, 2018b)

Los datos sobre metros cuadrados de espacios para el disfrute de la naturaleza se obtuvieron a partir de construcción propia a partir de identificación de espacios apropiados por las comunidades y los visitantes para la recreación y el sano esparcimiento.

14.4.3.4 Indicador de retorno social de inversión (SROI)

El indicador de Retorno Social de la Inversión, SROI por sus siglas en inglés, es una herramienta que sirve para medir los efectos de un programa social sobre la población beneficiaría, aporta al conocimiento sobre los efectos atribuidos -o no- realmente a la creación de valor. No obstante, el SROI trata de valor, en lugar de dinero. El dinero es simplemente una unidad común y, como tal, es la forma más útil y comúnmente aceptada de expresar valor (Nicholls et al., 2012). Así mismo, “es un marco para medir y cuantificar este concepto, mucho más amplio, de valor; busca reducir la desigualdad y la degradación medioambiental, y mejorar el bienestar incorporando costos y beneficios sociales, medioambientales y económicos” (GRUPO CIVIS, 2014). De esta manera, el SROI permite entender los efectos de un programa o proyecto en términos sociales.

Sin embargo, debido a la disponibilidad de la información, en este convenio el indicador SROI parte de la información de los documentos de Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) específicamente en los Planes de Manejo Ambiental o en el Diagnóstico Ambiental de Alternativas en torno a la inversión en la dimensión social, de algunos proyectos hidroeléctricos que se encuentran en operación y/o cuentan con licencia ambiental y reportan los valores para llevar a cabo las actividades en torno al área de influencia social y que van más allá de las obligaciones legales y que tienen radicada dicha información ante la Autoridad Ambiental. Asimismo, la evaluación del

indicador se realiza para proyectos hidroeléctricos en diferentes estados de gestión bajo diferentes escenarios (en trámite de licencia ambiental o concesión de agua, DAA en proceso, permisos de estudio vigentes o vencidos, entre otros) en donde no cuentan con información de sus actividades específicas, por lo tanto, se realiza una ponderación de la inversión social de estos proyectos tomando como referencia la potencia máxima generada y los reportes de inversión social disponibles.

Por otro lado, para determinar la contribución de la inversión social anual de los proyectos hidroeléctricos se tiene en cuenta el presupuesto de cada uno de los municipios en jurisdicción de ambas cuencas. En los presupuestos municipales se toman los sectores de inversión que corresponden a saneamiento básico rural, protección del patrimonio, proyectos productivos del sector agropecuario, la conservación ambiental a partir de la educación, compra de tierras para la protección y conservación de áreas de acueductos, manejo y conservación de cuencas y mejoramiento de viviendas.

De esta forma, para evaluar las contribuciones a la dimensión social de los proyectos hidroeléctricos en los municipios en los que se encuentra para los diferentes escenarios, se calcula el SROI para efectos de este convenio de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$SROI = \frac{IS}{PMS}$$

Donde:

IS: corresponde a la inversión anual a la dimensión social de los proyectos hidroeléctricos

PMS: corresponde al presupuesto municipal en sectores del área social

14.4.3.5 Indicador de conectividad beta (Iß)

La red vial de un sistema determinado constituye en un eje principal para éste, puesto que le permite a cada uno de sus elementos (puntos estratégicos y las vías que los conectan) estar conectados y por lo tanto interactuar entre sí. Esta conectividad puede ser medida mediante los denominados indicadores topológicos, entre los cuales se encuentra el indicador beta.

El objetivo general del indicador beta es hallar la relación entre el número de arcos o segmentos y el número de nodos o puntos estratégicos, como se muestra en la siguiente expresión.

$$\mathrm{I}\beta = \frac{N°Arcos}{N°Nodos}$$

Donde el $N°Arcos$ hace referencia a los transeptos de vía y el $N°Nodos$ a las conexiones entre las mismas. Cuando su valor es igual a 0 se determina que la red es nula, si su valor es igual a 1 entonces la red es de un solo circuito (bajo grado de conectividad), y si el valor se encuentra entre 1 y 3 se interpreta que son redes complejas. Se pude decir que a mayor número de arcos, mayor es el grado de conectividad (Bautista, 2018).

En el caso de este proyecto se pretende implementar el indicador beta para cuantificar la conectividad vial entre los proyectos hidroeléctricos y los centros poblados para cada uno de los escenarios establecidos, tanto para la cuenca hidrográfica del río Samaná Norte como para la cuenca

del río Samaná Sur. En la ecuación, los arcos corresponden a las vías actuales y proyectadas (para el caso específico de cada escenario), y por otro lado los nodos corresponden a los proyectos y a los centros poblados. De este modo, se espera que el valor del indicador sea mayor en los escenarios con proyectos que están en construcción o en proceso de licencia que en escenarios de proyectos en operación puesto que con los nuevos proyectos aumentaría la red vial y por lo tanto la conectividad.

Para la evaluación de la conectividad en ambas cuencas se utilizaron programas de SIG para procesar la información contenida en la geodatabase suministrada por Cornare; las líneas de vías (o arcos) en escala 1:100000, tomando los tipos de vía del 1 al 4 (ver Tabla 183) por sus características que permiten una mejor conectividad, y los puntos (o nodos) donde se marca la ubicación de los centros poblados, además de los proyectos hidroeléctricos identificados previamente para cada escenario.

Tabla 183. Tipos de vías utilizadas en el cálculo del índice beta para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

Tipo de vía	Descripción
1	Pavimentada – Carretera de dos o más carriles
2	Sin pavimentar – Carretera de dos o más carriles
3	Pavimentada – Carretera angosta
4	Sin pavimentar – Carretera angosta

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021)

14.5 Paso 5: Subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social

la construcción de los subíndices integrados para cada una de las dimensiones consideradas, se realizó de acuerdo con los lineamientos brindados por Juwana et al. (2012) para la creación de índices integrados. Metodológicamente, se realizaron 3 pasos, a saber:

- Normalización de indicadores por dimensión
- Definición de pesos por indicador por dimensión
- Ponderación de indicadores por dimensión

De acuerdo con Nardo et al. (2005), con este método, se produce una perfecta sustituibilidad y compensabilidad entre todos los indicadores seleccionados. En este sentido, a continuación, se describen cada uno de los pasos anteriormente mencionados.

14.5.1 *Paso 5.1: Normalización de indicadores por dimensión ambiental, económica y social*

Dado que no todos los indicadores seleccionados por dimensión poseen las mismas unidades ni el mismo rango de valores, no es posible agregarlos o compararlos directamente. Por tal razón, es necesario realizar un proceso de normalización de tal forma que los indicadores sean adimensionales y tengan el mismo rango.

Para esto, se hizo uso del método de cambio de escala continuo entre 0 y 1. La ecuación general para calcular los valores de los indicadores utilizando este método es la siguiente (Juwana et al., 2012):

$$S_{i,j} = \frac{I_{i,j} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

Donde S_i es el valor del índice para el indicador *i* en la unidad de análisis *j*, $I_{i,j}$ es el valor real para el indicador *i*, y I_{min} y I_{max} son los valores umbral mínimo y máximo del indicador. La ecuación calcula el valor del índice en una escala de 0 a 1. La ecuación anterior se utiliza cuando I_{min} es el valor menos preferido y I_{max} es el valor más preferido. Si I_{min} y I_{max} son los valores más y menos preferidos respectivamente, la ecuación se modifica a (Juwana et al., 2012):

$$S_{i,j} = 1 - \frac{I_{i,j} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

Ahora bien, las anteriores expresiones se utilizan cuando los indicadores presentan un comportamiento lineal frente a una segmentación categórica para brindar una valoración cualitativa al indicador (por ejemplo, alto, medio o bajo). Sin embargo, para los indicadores que no presentaban un comportamiento lineal frente a una segmentación categórica como es el caso del DOR (ver ejemplo ilustrado en Producto 2 – Fase I - (Cornare & TNC, 2021c)), se realizó una normalización entre rangos, esto con el fin de tener una coherencia en la definición de categorías del índice integrado de sostenibilidad. En este sentido, las anteriores ecuaciones se pueden generalizar para cualquier valor de escalamiento de la siguiente manera.

$$I_{k,j} = \left(m * \beta_{w,k,j}\right) + min\{\alpha_{w,k}\} - \left(m * min\{\beta_{w,k}\}\right)$$

$$siendo;\ m = \frac{max\{\alpha_{w,k}\} - min\{\alpha_{w,k}\}}{max\{\beta_{w,k}\} - min\{\beta_{w,k}\}}$$

Donde:

w Denota el indicador a normalizar, este toma valores de 1,…,W donde W es la cantidad de indicadores a normalizar. En este caso W = 17 (9 indicadores ambientales, 3 económicos y 5 sociales).

k Indica el número de rangos en el cual se normaliza el indicador *w, este toma valores de 1,…,K,* donde k es el número de rango. Para toso los casos se toma K = 4.

j Demarca el valor del indicador de unidad de nivel subsiguiente 3 a la cual se le está realizando la normalización. Este puede tomar valores que van de 1,…,J donde J es el número total de unidades que posee la cuenca. Para la cuenca del Samaná Norte J = 220 y para Samaná Sur J = 140.

β Hace referencia al valor real del indicador *w.*

α Identifica el valor de normalización en el rango *k* del indicador por dimensión que se quiere normalizar.

min Expresa el valor del umbral mínimo del indicador *w* en el rango *k*

max Expresa el valor del umbral máximo del indicador *w* en el rango *k*

A continuación, se desarrollan las expresiones matemáticas del proceso de normalización para los indicadores que hacen parte de la dimensión ambiental, económica y social, de acuerdo.

- ✓ *Dimensión ambiental*

Para la normalización de los indicadores ambientales se definieron 4 rangos de escalamiento, a saber: Rango 1 (calificación muy baja del indicador), Rango 2 (calificación baja del indicador), Rango 3 (calificación media del indicador) y Rango 4 (calificación alta del indicador).

En la Tabla 184 se presentan los valores reales de los indicadores de la dimensión ambiental, en los 4 rangos definidos para normalización.

Tabla 184. Rangos de indicadores ambientales

Indicador	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
MQI	0.0 – 0.5	0.5 – 0.7	0.7 – 0.85	0.85 – 1.0
$HP1$	1.0 - 0.75	0.75 – 0.5	0.5 – 0.25	0.25 – 1.0
DOR	100.0 – 30.0	30.0 – 10.0	10.0 – 5.0	5.0 – 0.0
SAI	100.0 – 75.0	75.0 – 50.0	50.0 – 25.0	25.0 – 0.0
DCI	0.0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
$MHSI$	0.0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
IVH	1.0 – 0.75	0.75 – 0.5	0.5 – 0.25	0.25 – 0.0
$IVRCC$	1.0 - 0.427	0.427 - 0.24	0.24 - 0.18	0.18 - 0.0
$IGRD$	100.0 – 75.0	75.0 – 50.0	50.0 – 25.0	25.0 – 0.0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 185 se presentan los valores normalizados de los indicadores de la dimensión ambiental entre 0 y 1, en los 4 rangos definidos para normalización.

Tabla 185. Rango de escalamiento de indicadores ambientales

Indicador	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
MQI	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
$HP1$	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
DOR	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
SAI	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
DCI	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
$MHSI$	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
IVH	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
$IVRCC$	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0
$IGRD$	0 - 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1.0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

De acuerdo con los valores consolidados en la Tabla 184 y Tabla 185 para los 4 rangos definidos, la ecuación de normalización generalizada aplicada entre rangos para los indicadores ambientales se presenta a continuación.

- Normalización de indicador ambiental – MQI
  - Rango 1 - $\{0{,}0 < MQI_j < 0{,}5\}$

$$MQI_{1,j} = \left((m * MQI_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{0{,}5 - 0{,}0}$$

- Rango 2 - $\{0{,}5 < \ MQI_j < 0{,}7\}$

$$MQI_{2,j} = \left(\left(m * MQI_{2,j}\right) + 0{,}25 - (m * 0{,}5)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - \ 0{,}25}{0{,}7 - \ 0{,}5}$$

- Rango 3 - $\{0{,}7 < \ MQI_j < 0{,}85\}$

$$MQI_{3,j} = \left(\left(m * MQI_{3,j}\right) + \ 0{,}5 - (m * 0{,}7)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{0{,}85 - \ 0{,}7}$$

- Rango 4 - $\{0{,}85 < \ MQI_j < 1{,}0\}$

$$MQI_{4,j} = \left(\left(m * MQI_{4,j}\right) + \ 0{,}75 - (m * 0{,}85)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - \ 0{,}75}{1{,}0 - 0{,}85}$$

- Normalización de indicador ambiental – $HP1$

- Rango 1 - $\{1{,}0 > \ HP1_j > 0{,}75\}$

$$HP1_{1,j} = \left(\left(m * HP1_{1,j}\right) + \ 0{,}0 - (m * 1{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - \ 0{,}0}{0{,}75 - \ 1{,}0}$$

- Rango 2 - $\{0{,}75 > \ HP1_j > 0{,}5\}$

$$HP1_{2,j} = \left(\left(m * HP1_{2,j}\right) + 0{,}25 - (m * 0{,}75)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - \ 0{,}25}{0{,}5 - \ 0{,}75}$$

- Rango 3 - $\{0{,}5 > \ HP1_j > 0{,}25\}$

$$HP1_{3,j} = \left(\left(m * HP1_{3,j}\right) + \ 0{,}5 - (m * 0{,}5)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{0{,}25 - \ 0{,}5}$$

- Rango 4 - $\{0{,}25 > HP1_j > 1{,}0\}$

$$HP1_{4,j} = \left(\left(m * HP1_{4,j}\right) + \ 0{,}75 - (m * 0{,}25)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - \ 0{,}75}{0{,}0 - 0{,}25}$$

- Normalización de indicador ambiental - DOR
  - Rango 1 - $\{100{,}0 > \ DOR_j > 30{,}0\}$

$$DOR_{1,j} = \left((m * DOR_{1,j}) + \ 0{,}0 - (m * 100{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - \ 0{,}0}{30{,}0 - \ 100{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{30{,}0 > DOR_j > 10{,}0\}$

$$DOR_{2,j} = \left((m * DOR_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 30{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - \ 0{,}25}{10{,}0 - \ 30{,}0}$$

  - Rango 3 - $\{10{,}0 > DOR_j > 5{,}0\}$

$$DOR_{3,j} = \left((m * DOR_{3,j}) + \ 0{,}5 - (m * 10{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{5{,}0 - \ 10{,}0}$$

  - Rango 4 - $\{5{,}0 > DOR_j > 0{,}0\}$

$$DOR_{4,j} = \left((m * DOR_{4,j}) + \ 0{,}75 - (m * 5{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - \ 0{,}75}{0{,}0 - 5{,}0}$$

- Normalización de indicador ambiental - SAI
  - Rango 1 - $\{100{,}0 > \ SAI_j > 75{,}0\}$

$$SAI_{1,j} = \left((m * SAI_{1,j}) + \ 0{,}0 - (m * 100{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - \ 0{,}0}{75{,}0 - \ 100{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{75{,}0 > SAI_j > 50{,}0\}$

$$SAI_{2,j} = \left((m * SAI_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 75{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - \ 0{,}25}{50{,}0 - \ 75{,}0}$$

  - Rango 3 - $\{50{,}0 > SAI_j > 25{,}0\}$

$$SAI_{3,j} = \left((m * SAI_{3,j}) + \ 0{,}5 - (m * 50{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{25{,}0 - \ 50{,}0}$$

- Rango 4 - $\{25{,}0 > SAI_j > 0{,}0\}$

$$SAI_{4,j} = \left((m * SAI_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 25{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{0{,}0 - 25{,}0}$$

- Normalización de indicador ambiental - DCI
  - Rango 1 - $\{0{,}0 < DCI_j < 0{,}25\}$

$$DCI_{1,j} = \left((m * DCI_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{0{,}25 - 0{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{0{,}25 < DCI_j < 0{,}5\}$

$$DCI_{2,j} = \left((m * DCI_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 0{,}25)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{0{,}5 - 0{,}25}$$

  - Rango 3 - $\{0{,}5 < DCI_j < 0{,}75\}$

$$DCI_{3,j} = \left((m * DCI_{3,j}) + 0{,}5 - (m * 0{,}5)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{0{,}75 - 0{,}5}$$

  - Rango 4 - $\{0{,}75 < DCI_j < 1{,}0\}$

$$DCI_{4,j} = \left((m * DCI_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 0{,}75)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{1{,}0 - 0{,}75}$$

- Normalización de indicador ambiental - $MHSI$
  - Rango 1 - $\{0 < MHSI_j < 0{,}25\}$

$$MHSI_{1,j} = \left((m * MHSI_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{0{,}25 - 0{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{0{,}25 < MHSI_j < 0{,}5\}$

$$MHSI_{2,j} = \left((m * MHSI_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 0{,}25)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{0{,}5 - 0{,}25}$$

- Rango 3 - $\{0{,}5 < \ MHSI_j < 0{,}75\}$

$$MHSI_{3,j} = \left((m * MHSI_{3,j}) + \ 0{,}5 - (m * 0{,}5)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{0{,}75 - \ 0{,}5}$$

- Rango 4 - $\{0{,}75 < \ MHSI_j < 1{,}0\}$

$$MHSI_{4,j} = \left((m * MHSI_{4,j}) + \ 0{,}75 - (m * 0{,}75)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - \ 0{,}75}{1{,}0 - 0{,}75}$$

- Normalización de indicador ambiental - IVH
  - Rango 1 - $\{1{,}0 > \ IVH_j > 0{,}75\}$

$$IVH_{1,j} = \left((m * IVH_{1,j}) + \ 0{,}0 - (m * 1{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - \ 0{,}0}{0{,}75 - \ 1{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{0{,}75 > IVH_j > 0{,}5\}$

$$IVH_{2,j} = \left((m * IVH_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 0{,}75)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - \ 0{,}25}{0{,}75 - \ 0{,}5}$$

  - Rango 3 - $\{0{,}5 > IVH_j > 0{,}25\}$

$$IVH_{3,j} = \left((m * IVH_{3,j}) + \ 0{,}5 - (m * 0{,}5)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{0{,}5 - \ 0{,}25}$$

  - Rango 4 - $\{0{,}25 > IVH_j > 0{,}0\}$

$$IVH_{4,j} = \left((m * IVH_{4,j}) + \ 0{,}75 - (m * 0{,}25)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - \ 0{,}75}{0{,}0 - 0{,}25}$$

- Normalización de indicador ambiental - $IVRCC$
  - Rango 1 - $\{1{,}0 > \ IVRCC_j > 0{,}427\}$

$$IVRCC_{1,j} = \left((m * IVRCC_{1,j}) + \ 0{,}0 - (m * 1{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - \ 0{,}0}{0{,}427 - \ 1{,}0}$$

- Rango 2 - $\{0{,}427 > IVRCC_j > 0{,}241\}$

$$IVRCC_{2,j} = \left((m * IVRCC_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 0{,}427)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{0{,}241 - 0{,}427}$$

- Rango 3 - $\{0{,}241 > IVRCC_j > 0{,}18\}$

$$IVRCC_{3,j} = \left((m * IVRCC_{3,j}) + 0{,}5 - (m * 0{,}241)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{0{,}18 - 0{,}241}$$

- Rango 4 - $\{0{,}18 > IVRCC_j > 0{,}0\}$

$$IVRCC_{4,j} = \left((m * IVRCC_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 0{,}18)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{0{,}0 - 0{,}18}$$

- Normalización del indicador ambiental - $IGRD$

  - Rango 1 - $\{0{,}0 < IGRD_j < 25{,}0\}$

$$IGRD_{1,j} = \left((m * IGRD_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{25{,}0 - 0{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{25{,}0 < IGRD_j < 50{,}0\}$

$$IGRD_{2,j} = \left((m * IGRD_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 25{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{50{,}0 - 25{,}0}$$

  - Rango 3 - $\{50{,}0 < IGRD_j < 75{,}0\}$

$$IGRD_{3,j} = \left((m * IGRD_{3,j}) + 0{,}5 - (m * 50{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{75{,}0 - 50{,}0}$$

  - Rango 4 - $\{75{,}0 < IGRD_j < 100{,}0\}$

$$IGRD_{4,j} = \left((m * IGRD_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 75{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{100{,}0 - 75{,}0}$$

✓ *Dimensión económica*

Para la normalización de los indicadores económicos se definieron 4 rangos de escalamiento, a saber: Rango 1 (calificación muy baja del indicador), Rango 2 (calificación baja del indicador), Rango 3 (calificación media del indicador) y Rango 4 (calificación alta del indicador).

En la Tabla 186 se presentan los valores reales de los indicadores de la dimensión económica, en los 4 rangos definidos para normalización.

Tabla 186. Rangos de indicadores económicos

Indicador	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
GED	0,0 – 25,0	25,0 – 50,0	50,0 – 75,0	75,0 – 100,0
$CEAL$	0,0 – 25,0	25,0 – 50,0	50,0 – 75,0	75,0 – 100,0
DEL	0,0 – 25,0	25,0 – 50,0	50,0 – 75,0	75,0 – 100,0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 187 se presentan los valores normalizados de los indicadores de la dimensión económica entre 0 y 1, en los 4 rangos definidos para normalización. Como se observa en la Tabla 187, el rango 1 no inicia en 0, sino que lo hace en 0.5 para GED y en 0.4 para CEAL y DEL. Estos valores se toman reconociendo que los aportes a nivel económico en las comunidades que tiene lugar en las unidades de nivel subsiguiente 3 de ambas, generan una contribución directa a la sostenibilidad. Es de resaltar que, en unidades donde no se evidencian este tipo de dinámicas, el GED, CEAL y DEL no presentan valor. Esto ocurre principalmente en unidades con figuras de protección donde la población es muy baja a nula y por accesibilidad los proyectos hidroeléctricos no inciden en ellas.

Tabla 187. Rango de escalamiento de indicadores económicos

Indicador	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
GED	0,5 - 0,625	0,625 – 0,75	0,75 – 0,875	0,875 – 1,0
$CEAL$	0,4 - 0,55	0,55 – 0,7	0,7 – 0,85	0,85 – 1,0
DEL	0,4 - 0,55	0,55 – 0,7	0,7 – 0,85	0,85 – 1,0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

De acuerdo con los valores consolidados en la Tabla 186 y Tabla 187 para los 4 rangos definidos, la ecuación de normalización generalizada aplicada entre rangos para los indicadores económicos se presenta a continuación.

- Normalización de indicador económico - GED
  - Rango 1 - $\{0{,}0 < \ GED_j < 25{,}0\}$

$$GED_{1,j} = \left(\left(m * GED_{1,j}\right) + \ 0{,}5 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}625 - \ 0{,}5}{25{,}0 - \ 0{,}0}$$

- Rango 2 - $\{25{,}0 < \ GED_j < 50{,}0\}$

$$GED_{2,j} = \left((m * GED_{2,j}) + 0{,}625 - (m * 25{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - \ 0{,}625}{50{,}0 - \ 25{,}0}$$

- Rango 3 - $\{50{,}0 < \ GED_j < 75{,}0\}$

$$GED_{3,j} = \ \left((m * GED_{3,j}) + \ 0{,}75 - (m * 50{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}875 - 0{,}75}{75{,}0 - \ 50{,}0}$$

- Rango 4 - $\{75{,}0 < \ GED_j < 100{,}0\}$

$$GED_{4,j} = \ \left((m * GED_{4,j}) + \ 0{,}875 - (m * 75{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - \ 0{,}875}{100{,}0 - 75{,}0}$$

- Normalización de indicador económico - $CEAL$
  - Rango 1 - $\{0{,}0 < \ CEAL_j < 25{,}0\}$

$$CEAL_{1,j} = \ \left((m * CEAL_{1,j}) + \ 0{,}4 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}55 - \ 0{,}4}{25{,}0 - \ 0{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{25{,}0 < \ CEAL_j < 50{,}0\}$

$$CEAL_{2,j} = \left((m * CEAL_{2,j}) + 0{,}55 - (m * 25{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}7 - \ 0{,}55}{50{,}0 - \ 25{,}0}$$

  - Rango 3 - $\{50{,}0 < \ CEAL_j < 75{,}0\}$

$$CEAL_{3,j} = \ \left((m * CEAL_{3,j}) + \ 0{,}7 - (m * 50{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}85 - 0{,}7}{75{,}0 - \ 50{,}0}$$

  - Rango 4 - $\{75{,}0 < \ CEAL_j < 100{,}0\}$

$$CEAL_{4,j} = \ \left((m * CEAL_{4,j}) + \ 0{,}85 - (m * 75{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - \ 0{,}85}{100{,}0 - 75{,}0}$$

- Normalización de indicador económico - DEL

  - Rango 1 - $\{0{,}0 < DEL_j < 25{,}0\}$

$$DEL_{1,j} = \left((m * DEL_{1,j}) + 0{,}4 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}55 - 0{,}4}{25{,}0 - 0{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{25{,}0 < DEL_j < 50{,}0\}$

$$DEL_{2,j} = \left((m * DEL_{2,j}) + 0{,}55 - (m * 25{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}7 - 0{,}55}{50{,}0 - 25{,}0}$$

  - Rango 3 - $\{50{,}0 < DEL_j < 75{,}0\}$

$$DEL_{3,j} = \left((m * DEL_{3,j}) + 0{,}7 - (m * 50{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}85 - 0{,}7}{75{,}0 - 50{,}0}$$

  - Rango 4 - $\{75{,}0 < DEL_j < 100{,}0\}$

$$DEL_{4,j} = \left((m * DEL_{4,j}) + 0{,}85 - (m * 75{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}85}{100{,}0 - 75{,}0}$$

✓ *Dimensión social*

Para la normalización de los indicadores sociales se definieron 4 rangos de escalamiento, a saber: Rango 1 (calificación muy baja del indicador), Rango 2 (calificación baja del indicador), Rango 3 (calificación media del indicador) y Rango 4 (calificación alta del indicador).

En la Tabla 188 se presentan los valores reales de los indicadores de la dimensión social, en los 4 rangos definidos para normalización.

Tabla 188. Rangos de indicadores sociales

Indicador	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
IPI	100,0 – 75,0	75,0 – 50,0	50,0 – 25,0	25 – 0,0
IPM	100,0 – 75,0	75,0 – 50,0	50,0 – 25,0	25 – 0,0
IB	0,0 – 25,0	25,0 – 50,0	50,0 – 75,0	75,0 – 100,0
Iβ	0,0 - 0,75	0,75 – 1,5	1,5 – 2,25	2,25 – 3,0
SROI	0,0 - 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 189 se presentan los valores normalizados de los indicadores de la dimensión social entre 0 y 1, en los 4 rangos definidos para normalización.

Tabla 189. Rango de escalamiento de indicadores sociales

Indicador	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
IPI	0 - 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
IPM	0 - 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
IB	0 - 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
$SROI$	0 - 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
$I\beta$	0 - 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

De acuerdo con los valores consolidados en la Tabla 188 y Tabla 189 para los 4 rangos definidos, la ecuación de normalización generalizada aplicada entre rangos para los indicadores sociales se presenta a continuación.

- Normalización de indicador social - IPI
  - Rango 1 - $\{100{,}0 > IPI_j > 75{,}0\}$

$$IPI_{1,j} = \left((m * IPI_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 100{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{75{,}0 - 100{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{75{,}0 > IPI_{2,j} > 50{,}0\}$

$$IPI_{2,j} = \left((m * IPI_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 75{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{50{,}0 - 75{,}0}$$

  - Rango 3 - $\{50{,}0 > IPI_j > 25{,}0\}$

$$IPI_{3,j} = \left((m * IPI_{3,j}) + 0{,}5 - (m * 50{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{25{,}0 - 50{,}0}$$

  - Rango 4 - $\{25{,}0 > IPI_j > 0{,}0\}$

$$IPI_{4,j} = \left((m * IPI_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 25{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{0{,}0 - 25{,}0}$$

- Normalización de indicador social - IPM
  - Rango 1 - $\{100{,}0 > IPM_j > 75{,}0\}$

$$IPM_{1,j} = \left((m * IPM_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 100{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{75{,}0 - 100{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{75{,}0 > IPM_j > 50{,}0\}$

$$IPM_{2,j} = \left((m * IPM_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 75{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{50{,}0 - 75{,}0}$$

  - Rango 3 - $\{50{,}0 > IPM_j > 25{,}0\}$

$$IPM_{3,j} = \left((m * IPM_{3,j}) + 0{,}5 - (m * 50{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{25{,}0 - 50{,}0}$$

  - Rango 4 - $\{25{,}0 > IPM_j > 0{,}0\}$

$$IPM_{4,j} = \left((m * IPM_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 25{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{0{,}0 - 25{,}0}$$

- Normalización de indicador social - IB
  - Rango 1 - $\{0{,}0 < IB_j < 25{,}0\}$

$$IB_{1,j} = \left((m * IB_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{25{,}0 - 0{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{25{,}0 < IB_j < 50{,}0\}$

$$IB_{2,j} = \left((m * IB_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 25{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{50{,}0 - 25{,}0}$$

  - Rango 3 - $\{50{,}0 < IB_j < 75{,}0\}$

$$IB_{3,j} = \left((m * IB_{3,j}) + 0{,}5 - (m * 50{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{75{,}0 - 50{,}0}$$

- Rango 4 - $\{75{,}0 < IB_j < 100{,}0\}$

$$IGRD_{4,j} = \left((m * IB_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 75{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{100{,}0 - 75{,}0}$$

- Normalización de indicador social - Iβ
  - Rango 1 - $\{0{,}0 < \mathrm{I}\beta_j < 0{,}75\}$

$$\mathrm{I}\beta_{1,j} = \left((m * \mathrm{I}\beta_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{0{,}75 - 0{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{0{,}75 < \mathrm{I}\beta_j < 1{,}5\}$

$$\mathrm{I}\beta_{2,j} = \left((m * \mathrm{I}\beta_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 0{,}75)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{1{,}5 - 0{,}75}$$

  - Rango 3 - $\{1{,}5 < \mathrm{I}\beta_j < 2{,}25\}$

$$\mathrm{I}\beta_{3,j} = \left((m * \mathrm{I}\beta_{3,j}) + 0{,}5 - (m * 1{,}5)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{2{,}25 - 1{,}5}$$

  - Rango 4 - $\{2{,}25 < \mathrm{I}\beta_j < 3{,}0\}$

$$\mathrm{I}\beta_{4,j} = \left((m * \mathrm{I}\beta_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 2{,}25)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{3{,}0 - 2{,}25}$$

- Normalización de indicador social - $SROI$
  - Rango 1 - $\{0 < SROI_j < 0{,}25\}$

$$SROI_{1,j} = \left((m * SROI_{1,j}) + 0{,}0 - (m * 0{,}0)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}25 - 0{,}0}{0{,}25 - 0{,}0}$$

  - Rango 2 - $\{0{,}25 < SROI_j < 0{,}5\}$

$$SROI_{2,j} = \left((m * SROI_{2,j}) + 0{,}25 - (m * 0{,}25)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}5 - 0{,}25}{0{,}5 - 0{,}25}$$

- Rango 3 - $\{0{,}5 < SROI_j < 0{,}75\}$

$$SROI_{3,j} = \left((m * SROI_{3,j}) + 0{,}5 - (m * 0{,}5)\right)$$

$$donde\ m = \frac{0{,}75 - 0{,}5}{0{,}75 - 0{,}5}$$

- Rango 4 - $\{0{,}75 < SROI_j < 1{,}0\}$

$$SROI_{4,j} = \left((m * SROI_{4,j}) + 0{,}75 - (m * 0{,}75)\right)$$

$$donde\ m = \frac{1{,}0 - 0{,}75}{1{,}0 - 0{,}75}$$

14.5.2 *Paso 5.2: Pesos de indicadores por dimensión ambiental, económica y social*

Normalizados los indicadores de cada dimensión, se procedió a realizar la asignación de sus respectivos pesos. En la Tabla 190 se presentan los pesos asignados a cada indicador por dimensión. Los pesos definidos aplican tanto para la cuenca del río Samaná Norte como del río Samaná Sur.

Tabla 190. Pesos de indicadores por dimensión

Indicadores ambiéntales	*W*	Indicadores económicos	*W*	Indicadores sociales	*W*
MQI	1/9	GED	1/3	IPI	1/5
HP1	1/9	CEAL	1/3	IPM	1/5
DOR	1/9	DEL	1/3	IB	1/5
SAI	1/9			SROI	1/5
DCI	1/9			Iβ	1/5
IVH	1/9				
MHSI	1/9				
IVRCC	1/9				
IGRD	1/9				

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Es importante señalar que, las unidades de nivel subsiguiente 3 que no presentan valores de GED, CEAL, DEL, SROI y Iβ por los factores mencionados anteriormente, se les realizo una modificación en los pesos, asignándoles de manera uniforme el faltante para cumplir la siguiente condición:

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1, W_i \geq 0$$

Donde W_i es el peso del indicador i y n es la cantidad de indicadores en la dimensión de análisis (ambiental, económica o social) (Nardo et al., 2005).

14.5.3 *Paso 5.3: Integración de indicadores por dimensión ambiental, económica y social*

Normalizados los indicadores de cada dimensión y definidos los pesos, se procedió a calcular el subíndice integrado de cada dimensión. Para esto se implementó el método aritmético siguiendo los lineamientos brindados por Nardo et al. (2005). El método aritmético consiste en realizar una suma de los indicadores, ponderados por los pesos de cada índice. Matemáticamente el método se expresa de la siguiente manera:

$$I_{E,j} = \sum_{i=1}^{n} I_{N_{i,j,k}} * W_i$$

Donde $I_{E,j}$ es el subíndice integrado de la unidad *j*, I_{N_i} es el indicador normalizado i de la dimensión k (social, ambiental y económico) y W_i es el peso asignado al indicador i. A continuación, se desarrollan las ecuaciones para cada dimensión.

- Subíndice integrado de la dimensión ambiental - I_A

$$I_{A_j} = \left(MQI_{N,j} * W_{MQI}\right) + \left(HP1_{N,j} * W_{HP1}\right) + \left(DOR_{N,j} * W_{DOR}\right) + \left(SAI_{N,j} * W_{SAI}\right) + \left(DCI_{N,j} * W_{DCI}\right) + \left(MHSI_{N,j} * W_{MHSI}\right) + \left(IVH_{N,j} * W_{IVH}\right) + \left(IVRCC_{N,j} * W_{IVRCC}\right) + \left(IGRD_{N,j} * W_{IGRD}\right)$$

- Subíndice integrado de la dimensión económica - I_E

$$I_{E_j} = \left(GED_{N,j} * W_{GED}\right) + \left(CEAL_{N,j} * W_{CFAL}\right) + \left(DEL_{N,j} * W_{DEL}\right)$$

- Subíndice integrado de la dimensión social - I_S

$$I_{S_j} = \left(IPI_{N,j} * W_{IPI}\right) + \left(IPM_{N,j} * W_{IPM}\right) + \left(IB_{N,j} * W_{IB}\right) + \left(SROI_{N,j} * W_{SROI}\right) + \left(\mathrm{I}\beta_{N,j} * W_{\mathrm{I}\beta}\right)$$

14.6 Paso 6: Índice de sostenibilidad integrado

La construcción del índice de sostenibilidad integrado se efectúa replicando el paso 5.3. Para efectos de este marco metodológico, se considera 0,6; 0,2 y 0,2 los pesos para dimensión ambiental, económica y la social respectivamente. Matemáticamente, el índice de sostenibilidad integrado estaría dado de la siguiente manera:

$$I_{SI,j} = I_{S,j} * W_S + I_{E,j} * W_E + I_{A,j} * W_A$$

Donde I_{SI} es el índice de sostenibilidad integrado de la unidad *j*, $I_{S,j}$ es el subíndice integrado de la dimensión social, $I_{E,j}$ es el subíndice integrado de la dimensión económica y $I_{A,j}$ es el subíndice integrado de la dimensión ambiental. W_s, W_E y W_A son pesos de la dimensión social, económica y ambiental respectivamente. Es importante señalar que, las unidades de nivel subsiguiente 3 que no presentan valores de $I_{E,j}$ por los factores mencionados anteriormente, se les realizo una modificación en los pesos, asignándoles de manera uniforme el faltante para cumplir la siguiente condición:

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1, W_i \geq 0$$

Donde W_i es el peso del subíndice de la dimensión i y n es la cantidad de dimensión de análisis (ambiental, económica o social) (Nardo et al., 2005).

14.7 Paso 7: Definición de rangos y categorías de sostenibilidad

La definición de los rangos para hacer referencia a la valoración cualitativa del índice de sostenibilidad integrado (bueno, regular, malo), se tomó bajo intervalos regular en los rangos de cada categoría de sostenibilidad. En la Tabla 191 se presentan las categorías y los rangos para el índice de sostenibilidad.

Tabla 191. Categorías del indicador integrado de sostenibilidad

Categoría	Rango
Muy Baja	0,0-0,2
Baja	0,2-0,4
Media	0,4-0,6
Alta	0,6-0,8
Muy Alta	0,8-1,0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

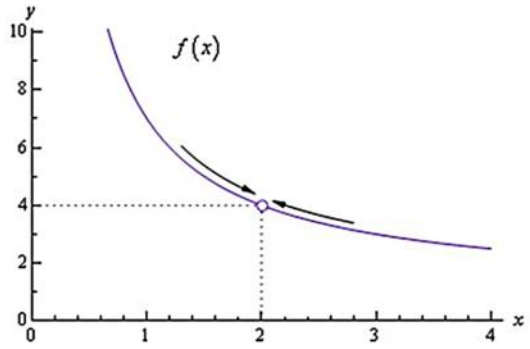
14.8 Paso 8: Límites de sostenibilidad

Matemáticamente, el límite de una función se define como (Leithold, 1998): Sea *f* una función definida en cada número de algún intervalo abierto que contiene a *a,* excepto posiblemente en el número *a* mismo. El límite de *f(x)* conforme *x* se aproxima a *a* es *L,* lo que se describe como:

$$\lim_{x \to a} f(x) = L$$

En otras palabras, un límite establece que los valores de una función *f(x)* se aproxima a *L* conforme *x* lo hace número *a*. Ahora bien, en una función de una sola variable el límite puede encontrase siguiendo 2 trayectorias, a saber: limite por la derecha y limite por la izquierda (ver Figura 372).

Figura 372. Descripción grafica del límite de una función



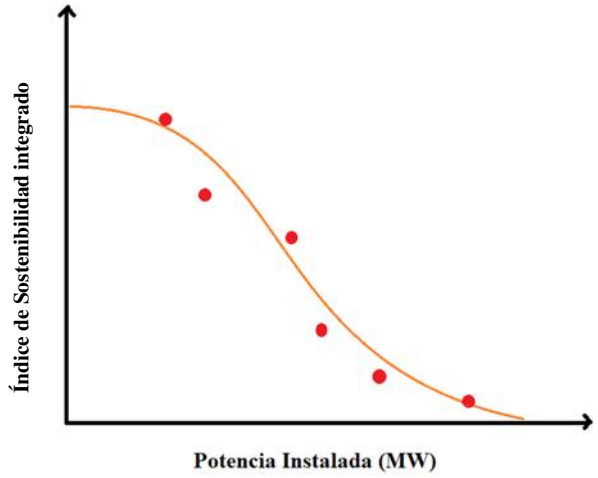
Fuente: https://byjus.com/jee-questions/what-is-limit-of-a-function-in-calculus/

Partiendo de la definición matemática, en un sistema hídrico un límite podría entenderse como la condición (*L)* hacia la cual tiende un sistema natural (*f(x)*), cuando una o más variables (*x*) se acercan a un valor determinado (*a*). En nuestro caso, la condición de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, se encuentra dada por el índice de sostenibilidad integrado; mientras que la variable de cambio correspondería a los impactos (*x*) que generan los proyectos hidroeléctricos que se

encuentran en los diferentes estados de trámite y, por último, *a* se interpretaría como la configuración especifica de los escenarios de análisis.

En concordancia con lo anterior, con los resultados de cada escenario, se construyeron las curvas de límites de sostenibilidad vs la ganancia o beneficio que generan los proyectos (para representar la cantidad de proyectos) a nivel de cuenca (NSS-1), subcuenca de nivel subsiguiente 2 (NSS-2) y 3 (NSS-3). Para efecto de este estudio, se consideró usar como ganancia la sumatoria de las potencias instaladas individuales de cada proyecto hidroeléctrico que configura un escenario en particular. En la Figura 373 se ilustra la representación esquemática de la curva de límites de sostenibilidad.

Figura 373. Representación esquemática de la curva de sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tomando en cuenta que el índice de sostenibilidad integrado se estima en las unidades de nivel subsiguen 3 (NSS-3), para construir las curvas en los niveles NSS-1 y NSS-2, se realizó la agregación el índice de sostenibilidad integrado mediante un promedio ponderado por área. Las expresiones matemáticas que permiten calcular el indicar de sostenibilidad integrado en los diferentes niveles se presentan en la Figura 374.

Figura 374. Cálculo del índice de sostenibilidad integrado en los tres niveles de análisis



$$I_{SI_c} = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} I_{SI_k} \qquad L_T = \sum_{j=1}^{J_k} L_j \qquad I_{SI,j} = I_{S,j} * W_S + I_{E,j} * W_E + I_{A,j} * W_A$$

$$I_{SI_k} = \frac{1}{L_T}\sum_{j=1}^{J_k} I_{SI_j} * L_j$$

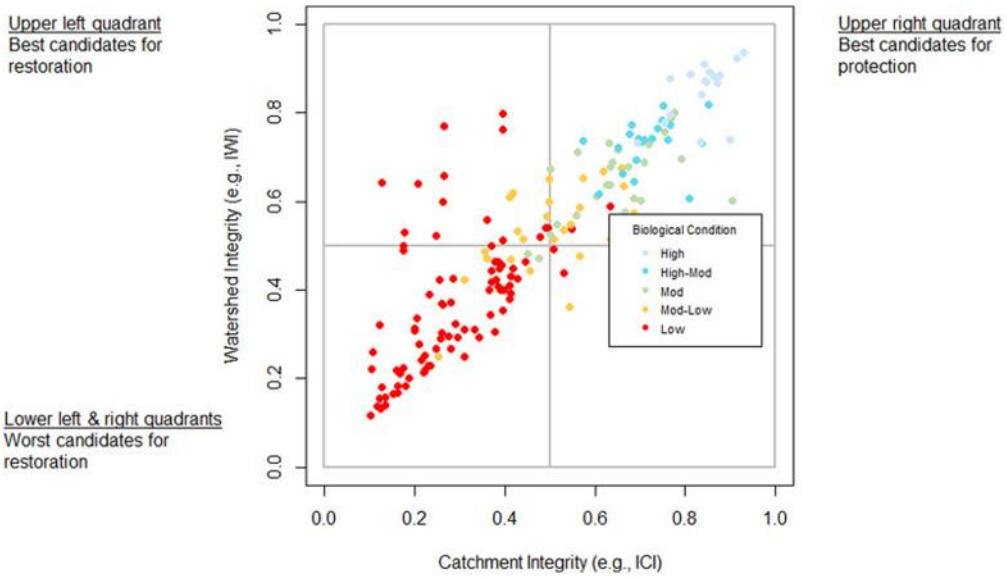
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Donde $I_{S_j}, I_{E_j}, I_{A_j}$ corresponde a los subíndices de sostenibilidad para la dimensión social, económica y ambiental en la unidad mínima de análisis j respectivamente; $I_{SI}, I_{SI_w}, I_{SI_j}$ son los índices de sostenibilidad para los niveles subsiguientes 1 (c), 2 (k) y 3 (j) respectivamente; K es la cantidad de unidades en el nivel subsiguiente 2 y J_k es la cantidad de unidades de nivel subsiguiente 3 (j) que pertenecen a una unidad de nivel subsiguiente 2 (k); L_j hace referencia a la longitud de ríos en las unidades j.

Como se mencionó en el Producto 2 – Fase I - Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico (Cornare & TNC, 2021c), el hecho de tener el índice de sostenibilidad integrado en los niveles NSS-1, NSS-2 y NSS-3, posibilita realizar análisis de sostenibilidad en múltiples escalas. En este sentido, se construyeron para ambas cuencas, los diagramas de dispersión 2D, en los cuales se relaciona el indicadores a nivel NSS-2 y NSS-3, siguiendo los lineamientos descritos por Riato et al. (2020).

Riato et al. (2020) aplicó esta metodológica para ilustrar cómo los datos de condiciones biológicas a escala del sitio podrían combinarse con datos de integridad del paisaje de múltiples escalas para informar las decisiones de gestión sobre las acciones apropiadas para proteger o restaurar el hábitat en un río. En la Figura 375 se presenta el diagrama de dispersión en 2D original de Riato et al. (2020). Los puntos representan estimaciones de la condición del sitio desde malas condiciones (rojo) hasta buenas condiciones (azul pálido). Los indicadores a escala de cuenca y a escala de laderas pueden trazarse en una escala de integridad o de factores estresantes que se representarían como 1 menos el valor del índice (p. ej., 1 - valor IWI) de modo que los factores estresantes altos están en el origen y los factores estresantes bajos están asociados con el cuadrante superior derecho.

Figura 375. Diagrama de dispersión en 2D que muestra la relación hipotética entre un indicador genérico de condición a escala de cuenca e indicadores genéricos de integridad a escala de laderas



Fuente: Riato et al. (2020)

Con este tipo de diagramas, es posible priorizar cuales cuencas son candidatas para intervención de manera prioritaria.

Capítulo 15. Salidas de campo visitas de campo y talleres

15.1 Visitas de campo e información primaria

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, se realizaron 3 visitas de campo para la verificación y/o obtención de información primaria de las dimensiones ambiental, económica, social y cultural de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, asimismo del análisis en campo de las dinámicas del territorio. A continuación, se realiza una breve descripción de cada visita, sin embargo, para mayor detalle, se pueden remitirse a los Anexo - Fase III - 2, Anexo - Fase III - 3 y Anexo - Fase III - 4.

15.1.1 *Salida de campo 1*

La salida de campo 1 se efectuó entre el 22 y 23 de julio de 2021. Durante los recorridos se observó que la cuenca del río Samaná Sur es típicamente rural. Por otra parte, el retorno de la población después de los acuerdos de paz y la desmovilización de grupos armados ocasiono un retroceso visible del bosque en gran parte de la cuenca (en el 38% de la cuenca, según el informe de diagnóstico, la cobertura es típicamente pastos y algunos cultivos). Las comunidades manifiestan además su preocupación ante la caza indiscriminada de especies vulnerables o en peligro de extinción. Durante la visita de campo se logró evidenciar zonas donde se han practicado quemas recientes como se puede apreciar en la Foto 37, así como también, zonas con incendios activos.

Foto 37. proceso de quema de bosques en la vía que conduce del municipio de Nariño a la vereda de Puente Linda



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Durante los recorridos de campo, se ratificó que la cuenca del río Samaná Sur cuenta con un alto potencial ecoturístico, dado que posee reservas naturales, ríos cristalinos y puntos de observación como el mismo municipio de Nariño (conocido como el Balcón de Antioquia). En la Foto 38 (imagen izquierda) se muestra la visual hacia el Valle del Magdalena que se obtiene desde un sitio ubicado sobre la vía que conduce del municipio de Sonsón a Nariño. Este lugar, visibiliza la riqueza del paisaje

en la zona. En la imagen de la izquierda (tomada al río Samaná Sur a la altura del sector de Puente Linda), se puede apreciar como el paisaje y río forman un conjunto ecosistémico de gran riqueza ambiental con un alto potencial para el turismo, sumado a esto la zona se encuentra a pocos kilómetros de los termales del Espíritu Santo.

Foto 38. Imágenes de algunos sitios de la cuenca Samaná Sur como muestra del potencial ecoturístico de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

15.1.2 *Salida de campo 2*

La segunda salida de campo fue desarrollada del 25 y 26 de agosto de 2021. De acuerdo con los resultados del análisis de sostenibilidad con el indicador agregado desarrollado en el marco de este estudio, se corroboró en campo el estado de conservación de las diferentes subcuencas que conforman la cuenca del río Samaná Sur. Se encontró además que el turismo más que una amenaza a la conservación, resulta ser una oportunidad para las comunidades locales en todos los municipios de la cuenca (ver Foto 39), esta actividad hasta ahora es incipiente, el estado de las vías no permite una gran afluencia de turistas. El acceso vial y el hecho de que la vía que comunica a Medellín con Bogotá está en la cuenca Samaná Norte hace que la cuenca del Samaná Sur sea como su versión antigua, la pavimentación de la vía hasta el sector de puente linda (antigua vía Medellín-Bogotá) dinamizaría la economía local, pero traería los problemas propios del desarrollo vial sobre los ecosistemas terrestres o de agua dulce.

Por otra parte, los conflictos por uso del suelo actuales están más relacionados con la llegada de nuevos sistemas productivo como el aguacate Hass que ha ocupado grandes hectáreas en los últimos 5 años. Es de destacar que el aprovechamiento de los beneficios que ofrece la naturaleza a las actividad sociales y productivas de la cuenca, tienen diferentes implicaciones entre los beneficiarios. Por ejemplo, el turismo presenta una distribución de beneficios muy amplia, pese a las grandes limitaciones que tiene en su desarrollo. La generación de energía partir de pequeñas centrales hidroeléctricas y la explotación minera, son actividades que concentran grandes beneficios en términos económicos; sin embargo, generan serios conflictos a nivel social y ambiental.

A pesar de que la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur cuentan con diversas áreas con diferentes figuras de protección, se evidencia el interés de las comunidades y de las instituciones de

promover el desarrollo de sistemas productivos y la implementación de proyectos hidroeléctricos. En ese sentido, se identificó que hace necesario fortalecer los procesos de seguimiento, control y licenciamiento ambiental para evitar efectos adversos sobre la cuenca y los recursos asociados.

Foto 39. Monumento religioso del cerro de los cristos (izquierda) y vegetación de bosque alto andino frente al cerro de los cristos (derecha)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

15.1.3 *Salida de campo 3*

El trabajo de campo de esta salida se realizó del 7 al 09 de septiembre de 2021. Durante el recorrido entre los municipios de Sonsón y Argelia se evidenció el gran auge e incremento de los cultivos para la producción de aguacate. Este crecimiento se atribuye en gran medida a que la mayor comercializadora de este producto se encuentra situada en el municipio de Sonsón, lo que genera presión sobre los agricultores para cambiar sus sistemas de producción tradicionales, propiciando la adecuación del suelo para la implementación de los cultivos de aguacate y responder a la demanda. En la Foto 40 se evidencia la expansión de la frontera agropecuaria para la implementación de cultivos sobre laderas con alta pendiente, en donde debido a las actividades de implementación de productos pesticidas y demás pueden verter mediante escorrentía a las fuentes de agua más próximas alterando las condiciones de calidad de agua del recurso hídrico y a su vez la provisión de los servicios ecosistémicos asociados a éstos.

Asimismo, se lograron observar el uso de diferentes sistemas de bombeo para riego, situados en fuentes hídricas como cascadas. Sin un adecuado control y vigilancia, el aumento de captaciones no legalizadas, pueden traer consigo alteraciones de la disponibilidad de agua a corto y/o largo plazo y alterar las condiciones del recurso hídrico vitales para el sostenimiento de los ecosistemas.

Por otra parte, como se identificó en las salidas de campo realizadas durante la fase de diagnóstico, los municipios de Argelia y Nariño cuentan con diversos sitios de interés turísticos, donde varios de estos se enmarcan como símbolos religiosos. En estos municipios, es posible encontrar teleféricos, charcos y cascadas naturales, miradores, entre otros. Lo anterior, da cuenta del alto potencial que presentan estos municipios para las actividades ecoturísticas.

Foto 40. Implementación de cultivos entre los municipios de Sonsón y Argelia



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

15.2 Talleres

En el marco de este producto, se realizaron un total de 17 talleres con la comunidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, de los 2 talleres establecidos en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy. En el Tabla 192 se relaciona los talleres realizados.

Tabla 192. Fecha y modalidad de los talleres realizados

Taller	Fecha	Modalidad	Talleres
1	8/09/2021	Presencial	Talleres de socialización con las comunidades de Sonsón, Argelia y Nariño
2	8/09/2021	Presencial	
3	7/09/2021	Presencial	
4	27/08/2021	Presencial	Talleres de socialización con las comunidades de La Cristalina, La Garrucha, Centro Urbano de San Luis, Puerto Garza El Pajuí y Boquerón
5	26/08/2021	Presencial	
6	25/08/2021	Presencial	
7	24/08/2021	Presencial	
8	23/08/2021	Presencial	
9	23/07/2021	Presencial	Talleres de socialización con las comunidades de El Recreo y Puente Linda
10	22/07/2021	Presencial	
11	11/06/2021	Presencial	Talleres de socialización con las comunidades de San Francisco, San Luis y San Carlos
12	10/06/2021	Presencial	
13	9/06/2021	Presencial	
14	27/05/2021	Presencial	Talleres con las comunidades de Boquerón, El Pajuí, San Luis y la Garrucha
15	26/05/2021	Presencial	
16	25/05/2021	Presencial	
17	24/05/2021	Presencial	

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

A continuación, se realiza una breve descripción de los diferentes ciclos de talleres (para mayor detalle remitirse al Anexo - Fase III - 5).

15.2.1 *Ciclo de talleres 1: Talleres con las comunidades de Boquerón, El Pajuí, San Luis y la Garrucha*

El objetivo de este taller consistió en realizar procesos participativos de planificación comunitaria en temas de agua dulce para identificar e implementar acciones que se puedan fortalecer el rol de las comunidades locales en la conservación de los ecosistemas de agua dulce presentes en sus territorios, siguiendo el marco conceptual de TNC, de *Voz, Acción y Elección*.

Durante este taller, se realizó en conjunto con las comunidades, la ubicación espacial de los objetos de conservación identificando sus problemáticas, aunque se generaron los grupos propuestos para el desarrollo de este punto, se evidencio que, el mayor conocimiento del territorio por parte de los hombres mayores en la vereda de Boquerón, mientras que en la vereda El Pajuí el conocimiento del territorio es compartido entre hombres y mujeres, tanto jóvenes como adultos, igual sucedió con las personas que participaron del taller en el municipio de San Luis.

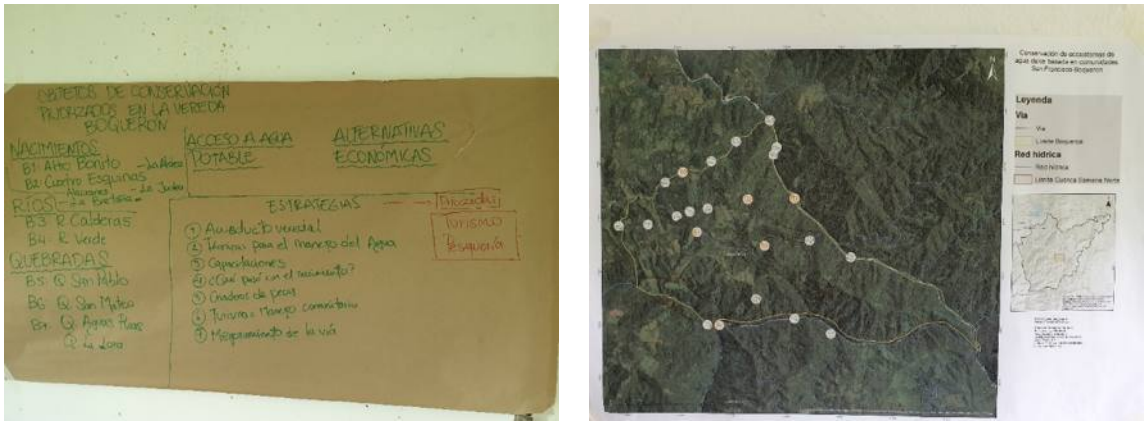
En el proceso de ubicar los objetos de conservación previamente definidos en los talleres anteriores, en los mapas, los grupos se fueron fusionando espontáneamente y el ejercicio por grupos resultó en una ronda donde cada persona pasaba y señalaba en el mapa los objetos de conservación. Simultáneamente junto a los líderes que reconocen mejor el territorio, se confirmó la ubicación y el nombre del objeto de conservación.

Además de los objetos de conservación previamente identificados, también se mapearon sitios importantes para la implementación de las estrategias, se identificaron nacimientos adicionales que sirven de abasto para el consumo humano, para las actividades productivas, para la recreación y corredores ecológicos para las especies de animales, esto principalmente en las veredas del municipio de San Francisco.

En el municipio de San Luis, se señalaron principalmente objetos de conservación usados en actividades culturales como lo es el turismo y las fiestas tradicionales, como también senderos ecológicos que se desean recuperar y fomentar. En la vereda Boquerón se identificaron en el mapa 6 nacimientos, 4 quebradas y 2 ríos; en la vereda El Pajuí se mapearon 18 nacimientos, una quebrada, 2 ríos, 5 atractivos turísticos y ecológicos, 4 grupos culturales y productivos en los que se incluyeron las personas que tienen estanques para la producción piscícola; y en el municipio de San Luis, se señalaron en el mapa 5 quebradas, 4 ríos y 23 lugares o recorridos que se interpretaron como patrimonio cultural y social del municipio, en los cuales predominan los charcos, senderos y rutas que son usados para el turismo y la recreación. En los tres talleres se evidenció la importancia de los bosques de ribera o rondas hídricas como objetos de conservación, estos no se señalaron en los mapas ya que se argumenta que para todos los cuerpos de agua señalados es importante y necesario conservar y restaurar estas coberturas vegetales alrededor de todos los ecosistemas acuáticos.

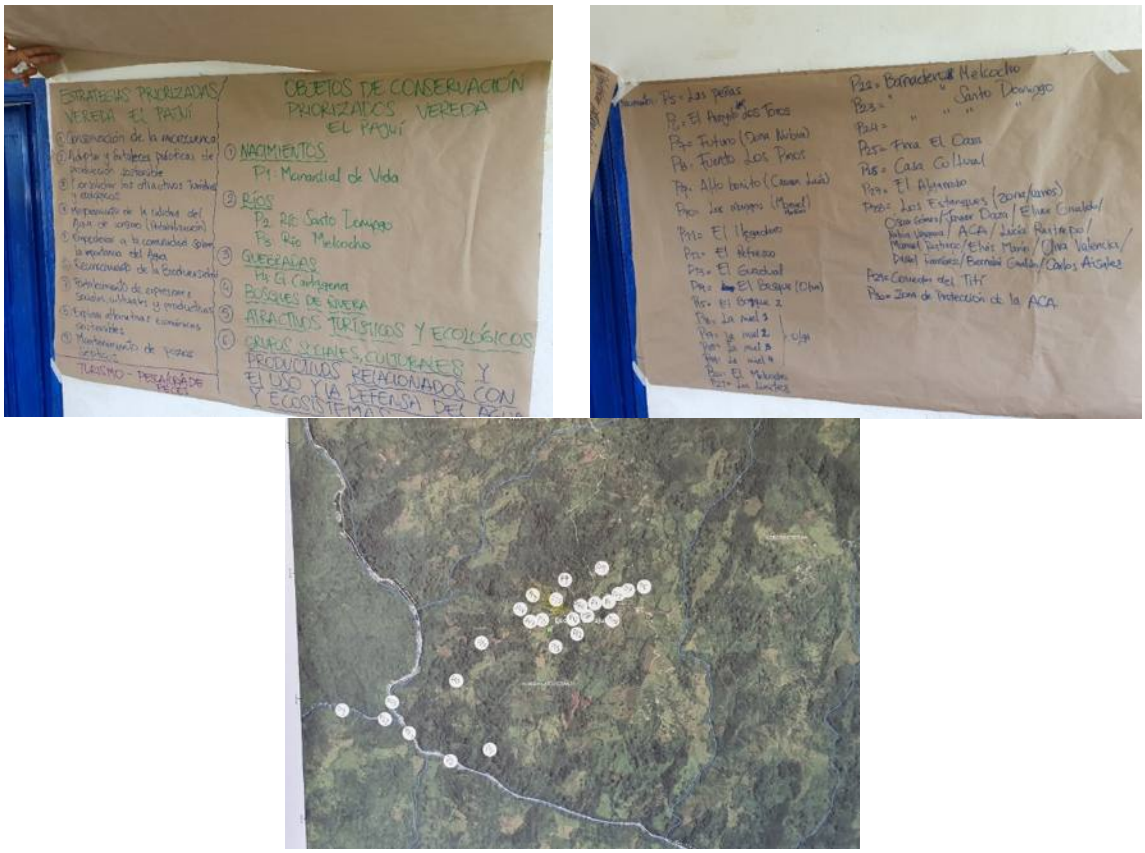
En la Foto 41, Foto 42 y Foto 43 se muestran el listado de los objetos de conservación y las ubicaciones en los mapas.

Foto 41. Listado (imagen izquierda) y ubicación espacial (imagen derecha) de los objetos de conservación identificados vereda Boquerón de San Francisco



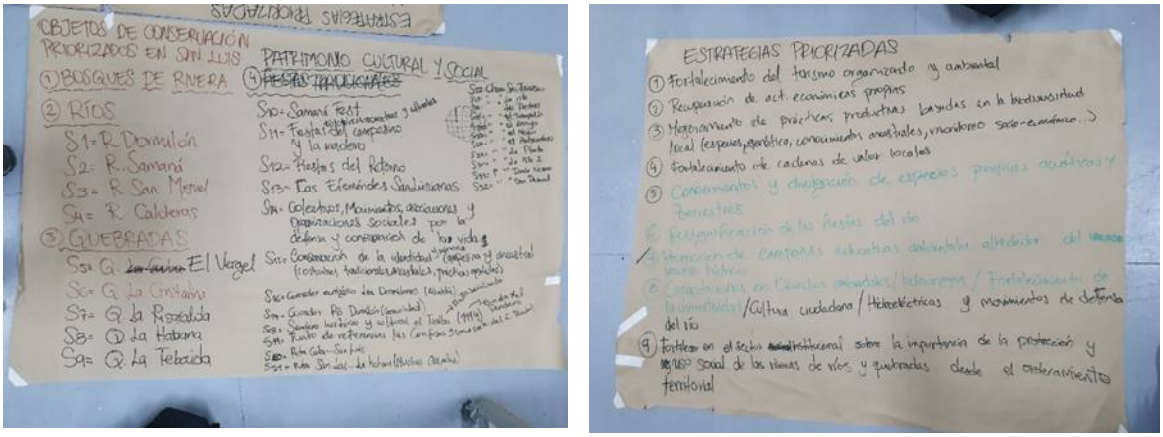
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Foto 42. Listado (imagen superior) y ubicación espacial (imagen inferior) de objetos de conservación identificados en la vereda El Pajuí de San Francisco



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Foto 43. Listado de los objetos de conservación identificados en el municipio de San Luis



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

15.2.2 *Ciclo de talleres 2: Talleres de socialización con las comunidades de San Francisco, San Luis y San Carlos*

Este ciclo de talleres tuvo lugar los días 9, 10 y 11 de junio de 2021. El primer día se cubrió el taller de socialización del diagnóstico en el municipio de San Francisco, el segundo día se realizó el taller con algunos actores de San Luis y finalmente, al tercer día se realizó el taller en la vereda de Puerto Garza del municipio de San Carlos. Los talleres, cumplieron con todos protocolos de bioseguridad, entre los que estuvieron: ofrecimiento de tapabocas no quirúrgicos a la entrada de la reunión, disponibilidad permanente de gel antibacterial y distanciamiento, así como el uso de tapabocas de alta eficiencia y de caretas de parte del equipo facilitador.

Los talleres tuvieron como objetivo la socialización de los resultados del análisis situacional de las dimensiones ambiental desde los componentes de hidrología, geología, análisis de los cambios de las coberturas naturales, biodiversidad, el concepto de servicios ecosistémicos a partir de su importancia y la identificación de dichos servicios ecosistémicos en las cuencas y la socialización de los objetos de conservación de acuerdo al análisis de especies en estado crítico, vulnerables, en peligro y endémicos de las Cuencas; la dimensión socioeconómica y cultural a partir de los análisis de las dinámicas poblacionales y económicas de los municipios en jurisdicción de las cuencas, la organización de la comunidad, las tradiciones culturales, los atractivos turísticos y demás.

Uno de los temas que más llamó la atención durante el desarrollo de los talleres, fue la oferta hídrica de la cuenca, donde a pesar de los resultados presentados donde se manifiesta que la cuenca presenta buena oferta de agua, las comunidades cuestionaron esto, ya que hay veredas donde el abastecimiento de agua es más complejo, hablando de nacimientos y quebradas que no presentan los mismos niveles de agua, y que en algunos casos han desaparecido. Referente a este tema se respondió que, en la mayoría de los casos, el acceso al agua en un problema de ordenación y no de oferta de agua en la cuenca, y que en muchos casos esos problemas se debían a casos muy puntuales, pero que en general, la cuenca presenta una muy buena oferta hídrica. En la Foto 44 se presenta registro fotográfico del taller.

Foto 44. Taller de socialización del diagnóstico de la cuenca del río Samaná Norte en el municipio de San Francisco



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

15.2.3 *Ciclo de talleres 3: Talleres de socialización con las comunidades de El Recreo y Puente Linda*

Este ciclo de talleres tuvo lugar los días 22 y 23 de julio de 2021. El primer día se cubrió el taller de socialización del diagnóstico en el municipio de San Francisco, el segundo día se realizó el taller con algunos actores de San Luis y finalmente, al tercer día se realizó el taller en la vereda de Puerto Garza del municipio de San Carlos.

Los talleres, cumplieron con todos protocolos de bioseguridad, entre los que estuvieron: ofrecimiento de tapabocas no quirúrgicos a la entrada de la reunión, disponibilidad permanente de gel antibacterial y distanciamiento, así como el uso de tapabocas de alta eficiencia y de caretas de parte del equipo facilitador.

Para la socialización del diagnóstico, se realizó una presentación en power point que fue proyectada y acompañada de una narrativa sencilla de fácil comprensión por parte de los asistentes. Entre los comentarios predominantes por parte de los asistentes al taller, se manifiesta el agradecimiento por la presentación de estos resultados, e insisten en la necesidad de su divulgación con las comunidades. También es importante recalcar sobre el temor que existe por la construcción de nuevas hidroeléctricas y la desconexión de Cornare con el territorio.

Durante el taller, las comunidades manifestaron que uno de los principales problemas que se presentan en la zona es la deforestación acelerada y la caza indiscriminada de especies como la Guagua, de igual manera manifiestan que varias fincas en el sector están sustituyendo cultivos de café para sembrar limón Tahití, mostrando un cambio de vocación en los cultivos de café al ser sustituidos en su mayoría por aguacate y limón. La quema de bosques para la práctica de ganadería extensiva y sustitución de este preocupa a la comunidad pues han notado descenso de la oferta hídrica de sus acueductos veredales en los últimos años, debido a estas prácticas.

Adicionalmente, las comunidades expresaron su preocupación, en mayor proporción con los resultados de pobreza multidimensional y analfabetismo en la zona. Manifiestan, además, su preocupación por que este tipo de cosas, piensan ellos que están repercutiendo en procesos de deforestación acelerada que se vienen presentando en la cuenca. La comunidad expresa que las autoridades ambientales de ambos departamentos (Antioquia y Caldas) deberían tener mayor presencia en la zona y realizar campañas de educación ambiental, de tal manera que las comunidades puedan crear mayor conciencia sobre su territorio y desarrollar procesos productivos más organizados y ambientalmente sostenibles.

15.2.4 *Ciclo de talleres 4: Talleres de socialización con las comunidades de La Cristalina, La Garrucha, Centro Urbano de San Luis, Puerto Garza El Pajuí y Boquerón*

Este ciclo de talleres se realizó con las comunidades de La Cristalina, La Garrucha, Centro Urbano de San Luis, Puerto Garza El Pajuí y Boquerón se llevó acabo entre el 23 y 27 de agosto del 2021. A continuación, se listan las fechas y los horarios del ciclo de talleres realizados (ver Tabla 193).

Tabla 193. Lista del ciclo de talleres realizados entre el 23 y el 27 de agosto de 2021

Taller	Fecha	Verda/Municipio	Horario
1	23 de agosto	La Cristalina/San Luis	9:00 am – 2:00 pm
2	24 de agosto	La Garrucha/San Luis	8:30 am – 1:00 pm
3	24 de agosto	San Luis/San Luis	2:30 pm – 6:00 pm
4	25 de agosto	Puerto Garza/San Luis	9:30 am – 2:00 pm
5	26 de agosto	El Pajuí/San Francisco	9:00 am – 2:00 pm
6	27 de agosto	Boquerón/San Francisco	9:00 am – 2:00 pm

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los talleres, cumplieron con todos protocolos de bioseguridad, entre los que estuvieron: ofrecimiento de tapabocas quirúrgicos a la entrada de la reunión, disponibilidad permanente de gel antibacterial y distanciamiento, así como el uso de tapabocas de alta eficiencia de parte del equipo facilitador.

Los talleres comenzaron con la presentación de la abogada Andrea Rendon quien entabló un dialogo sobre las problemáticas que surgieron a partir de la recolección de información que se hizo previamente con el diagnóstico de los diferentes objetos de conservación. Andrea a partir de ello, enseño el marco normativo que puede soportar las estrategias de conservación y uso sostenible de los recursos naturales en la vereda La Cristalina.

Se desarrollo mediante un dialogo donde Andrea dio respuesta a los interrogantes generados sobre la protección de la boca toma del acueducto, la tenencia legal de los predios y la concesión de aguas, esto debido a que la cabecera del cuerpo de agua que surte el acueducto presenta una problemática

con el riego de venenos, y potreros donde caminan los equinos y bovinos. La quebrada *la reina* es de la que se surte el acueducto veredal, y trascurre por predios privados, lo cual se debe tener en cuenta a la hora de realizar las acciones legales e institucionales. En este acueducto no existe junta de agua y los mantenimientos son realizados esporádicamente por personas de la comunidad ya que no hay un plan de manejo ni cobro por uso del acueducto.

Se dialogó sobre el marco normativo del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), el cual es una obligación de las alcaldías municipales. También se comentó que ya no existen los puntos de recolección, puesto que eran focos de contaminación, no obstante, la administración tiene que garantizar las rutas de recolección de los residuos sólidos. Recolección en el sector rural.

Foto 45. Marcos legales de interés identificados en la vereda La Cristalina de San Francisco



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Se comenta que la deforestación está en ascenso, ya que una de las personas realizó rafting desde la vereda Boquerón en San Francisco hasta la Garrucha, observando en este trayecto muchos parches de deforestación. Cada vez son más las personas de comunidades de la cuenca que practican rafting, kayaking y llanting en el río Samaná Norte, y de esta manera han podido observar y fotografiar el cambio de las coberturas vegetales, lo cual se convierte en un monitoreo empírico de los recursos naturales, esto se convierte en un soporte particular, que debe ser visibilizado mediante mecanismos participativos que vinculen y valoren este conocimiento del territorio.

En cuanto a la problemáticas de la disminución de la pesca en la vereda, una de las personas menciona que los diálogos son un elemento fundamental para la resolución de los conflictos; tal es el caso de las malas prácticas de pesca, donde las poblaciones de pescadores de la parte baja de la cuenca del río Samaná Norte utilizan métodos de pesca que no permiten que los peces migradores suban a la parte media de la cuenca, lo cual también puede perjudicar el bienestar del río Magdalena, ya que los peces no pueden cumplir el ciclo reproductivo. El detalle de cada uno de los puntos tratados en el taller puede ser consultados en los anexos.

15.2.5 *Ciclo de talleres 5: Talleres de socialización con las comunidades de Sonsón, Argelia y Nariño*

Este ciclo de talleres se realizó en un período de 2 días entre el martes 07 al jueves 08 de septiembre de 2021. El primer día se cubrió el taller de socialización de los indicadores en el municipio de Sonsón, se pernoctó en Argelia. El segundo día se realizó el taller en Argelia y Nariño. Los talleres, cumplieron con todos protocolos de bioseguridad, entre los que estuvieron: ofrecimiento de tapabocas no quirúrgicos a la entrada de la reunión, disponibilidad permanente de gel antibacterial y distanciamiento, así como el uso de tapabocas de alta eficiencia y de caretas de parte del equipo facilitador.

El objetivo de estos talleres fue realizar la socializaron los resultados relacionados con el cálculo del índice de sostenibilidad. El primer taller se realizó en el municipio de Sonsón con los Alexander Orozco secretario de SARYMA, Cristian Pérez ingeniero ambiental y Valeria Cardona prácticamente de SARYMA. Durante la socialización, los funcionarios expresaron la importancia del convenio que se está realizando del análisis de sostenibilidad en la cuenca debido a la creciente solicitud de estudios de pequeñas centrales hidroeléctricas en el territorio y las inquietudes que genera en torno a sus impactos y características en la comunidad, asimismo, el análisis de sus efectos en la sostenibilidad bajo los escenarios desde los proyectos que ya cuentan con los permisos legales para entrar en construcción y operación y los escenarios en donde se acumulan diferentes PCH en tramos de ríos específicos. Por otro lado, expresan la necesidad de integrar en el estudio la explotación minera tanto artesanal como industrial que se presenta en el territorio y analizar los efectos frente a la sostenibilidad de la cuenca articulado con PCH.

El segundo taller fue realizado en el municipio de Argelia con Maria Camila Marín coordinadora de la secretaria de la UMATA del municipio de Argelia. Durante la socialización, Maria Camila expresa la necesidad de socializar los resultados de los indicadores sostenibilidad bajo los diferentes escenarios de proyectos hidroeléctricos a líderes de juntas de acción comunal de diferentes veredas y a la comunidad en general con el fin de aclarar confusiones e inquietudes en torno a las implicaciones de las centrales hidroeléctricas que cuentan actualmente con licencia ambiental y concesión de agua en el municipio.

Por último, el tercer taller se realizó en el municipio de Argelia con Clarisa Alzate de la dirección de la secretaria de la UMATA del municipio de Nariño. Durante la socialización, Clarisa expresa la necesidad de socializar los resultados de los indicadores sostenibilidad bajo los diferentes escenarios de proyectos hidroeléctricos a líderes de juntas de acción comunal de diferentes veredas y a la comunidad en general con el fin de aclarar confusiones e inquietudes en torno a las implicaciones de las centrales hidroeléctricas que cuentan actualmente con licencia ambiental y concesión de agua en el municipio; asimismo, de la importancia de incluir en el análisis las actividades que han tomado fuerza en el municipio en la exportación de limonaria y otros productos que con la presencia de PCH pueden alterar las dinámicas de producción y/o pueden generar actividades de apoyo a los empresarios rurales de exportación, con educación, análisis de proyectos y demás.

Capítulo 16. Límites de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte

En este capítulo se presenta el desarrollo del esquema metodológico descrito en el 0 aplicado para la cuenca del río Samaná Norte.

16.1 Unidad mínima de análisis

La unidad mínima de análisis considerada para la cuenca del río Samaná Norte, correspondió a las subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) definidas en su Plan de Ordenación y Manejo (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017j). En la Tabla 194 se presenta la codificación, nombre y área de las 220 subcuencas NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Norte. Además, se identifican las unidades con participación en 2 o más municipios (filas señalas con una x en la columna ID_X). Esto se tiene en cuenta para el cálculo y asignación de algunos indicadores que se determinan a nivel municipal, de esta forma se realiza la debida ponderación de acuerdo con el área de los municipios en la subcuenca que comparten y asignar el valor total por polígono.

Tabla 194. Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte

ID	ID_X	Municipio	Nivel NSS-3 (IDEAM)	Nombre de la Subcuenca NSS-3	Tipo de Cuenca	Área (Km2)
1		Sonsón	2308-03-18-32	Río Verde Los Montes Parte Alta	Cuenca	16,64
2		Sonsón	2308-03-18-34	Q. El Diablo	Cuenca	5,47
3		Sonsón	2308-03-18-36	Q. San Jerónimo	Cuenca	8,05
4		Sonsón	2308-03-18-07	Río Verde Los Montes Parte Baja	Intercuenca	24,05
5		Sonsón	2308-03-18-48	Río Cauza Parte Alta	Cuenca	47,93
6		Sonsón	2308-03-18-30	Q. La Mula	Cuenca	9,87
7		Sonsón	2308-03-18-28	Q. San José	Cuenca	3,46
8		Sonsón	2308-03-18-38	Q. La Soledad	Cuenca	3,81
9	x	San Francisco	2308-03-18-50	Q. Chupadero	Cuenca	12,14
9	x	Sonsón	2308-03-18-50	Q. Chupadero	Cuenca	4,01
10		Sonsón	2308-03-18-40	Q. Curubital	Cuenca	2,45
11		Sonsón	2308-03-18-26	Q. El Coco	Cuenca	2,95
12		Sonsón	2308-03-18-20	Río Verde de los Henáos Parte Alta	Cuenca	33,20
13		Sonsón	2308-03-18-42	Q. Negra	Cuenca	1,67
14		Sonsón	2308-03-18-22	Q. Los Alumbres	Cuenca	14,36
15		Sonsón	2308-03-18-46	Q. La Leona	Cuenca	10,90
16		Sonsón	2308-03-18-24	Q. Travesías	Cuenca	6,26
17	X	Sonsón	2308-03-18-09	Río Cauzal Parte Baja	Intercuenca	20,91
17	x	San Francisco	2308-03-18-09	Río Cauzal Parte Baja	Intercuenca	5,28
18		Sonsón	2308-03-18-44	Q. Playa Rica	Cuenca	2,29
19		El Carmen de Viboral	2308-03-16-34	Río Santo Domingo	Cuenca	24,38
20		Sonsón	2308-03-18-05	Río Verde de los Henáos Parte Baja	Intercuenca	8,13
21		Sonsón	2308-03-18-03	Río Verde Parte Alta	Intercuenca	21,03
22		Sonsón	2308-03-18-18	Q. La Torre	Cuenca	11,10
23		San Francisco	2308-03-20-02	Río Chumurro Parte Alta	Cuenca	37,01
24		San Francisco	2308-03-18-52	Q. El Jordán	Cuenca	10,63
25		Sonsón	2308-03-18-12	Q. Los Andamios	Cuenca	4,45
26		San Francisco	2308-03-20-04	Q. San Pedro	Cuenca	28,47
27		Sonsón	2308-03-18-14	Q. Planes	Cuenca	5,99
28		El Carmen de Viboral	2308-03-16-36	Q. Santa Rita	Cuenca	29,08
29		Sonsón	2308-03-18-16	Q. Peñoles	Cuenca	6,00
30		Sonsón	2308-03-18-10	Q. La Miranda	Cuenca	10,73

ID	ID_X	Municipio	Nivel NSS-3 (IDEAM)	Nombre de la Subcuenca NSS-3	Tipo de Cuenca	Área (Km2)
31		El Carmen de Viboral	2308-03-16-32	Q. El Tibet	Cuenca	5,85
32		San Francisco	2308-03-18-54	Q. La Nútria	Cuenca	2,16
33		Cocorná	2308-03-16-72	Q. Quebradona	Cuenca	34,69
34		El Carmen de Viboral	2308-03-16-62	Río Melcocho	Cuenca	15,39
35		San Francisco	2308-03-17-06	Q. Buga	Cuenca	15,53
36		San Francisco	2308-03-18-56	Q. La Sonadora o Dorada	Cuenca	7,07
37		Sonsón	2308-03-18-06	Q. El Campamento	Cuenca	1,98
38		Sonsón	2308-03-18-08	Q. La Cristalina	Cuenca	3,69
39	x	San Francisco	2308-03-18-01	Río Verde Parte Media	Intercuenca	4,57
39	x	Sonsón	2308-03-18-01	Río Verde Parte Media	Intercuenca	2,62
40	x	Sonsón	2308-03-18-04	Q. Sector Santa Rosa	Cuenca	0,96
40	x	Cocorná	2308-03-18-04	Q. Sector Santa Rosa	Cuenca	0,22
41		San Francisco	2308-03-17-08	Q. La Honda	Cuenca	6,68
42		El Carmen de Viboral	2308-03-16-30	Q. Romasón	Cuenca	6,56
43	x	El Carmen de Viboral	2308-03-16-03	Q. La Calera	Intercuenca	7,13
43	x	Cocorná	2308-03-16-03	Q. La Calera	Intercuenca	4,12
44		San Francisco	2308-03-20-06	Q. La Holanda	Cuenca	12,27
45		El Carmen de Viboral	2308-03-16-60	Q. El Plan	Cuenca	3,73
46		Sonsón	2308-03-18-02	Q. San Juan	Cuenca	1,68
47		El Carmen de Viboral	2308-03-16-28	Q. Honda	Cuenca	16,11
48		San Francisco	2308-03-20-01	Río Chumurro Parte Baja	Intercuenca	7,96
49		El Carmen de Viboral	2308-03-16-64	Q. La Aguada	Cuenca	6,17
50		Cocorná	2308-03-16-74	Q. El Seguro	Cuenca	1,95
51	x	Cocorná	2308-03-16-01	Río Santo Domingo	Intercuenca	22,83
51	x	El Carmen de Viboral	2308-03-16-01	Río Santo Domingo	Intercuenca	30,26
51	x	San Francisco	2308-03-16-01	Río Santo Domingo	Intercuenca	9,89
52		El Carmen de Viboral	2308-03-16-58	Q. Segovia	Cuenca	5,56
53	x	San Francisco	2308-03-17-01	Río Samaná Norte	Intercuenca	5,54
53	x	San Luis	2308-03-17-01	Río Samaná Norte	Intercuenca	6,76
54		El Carmen de Viboral	2308-03-16-66	Q. La Cuarenta	Cuenca	2,27
55		Cocorná	2308-03-16-68	Q. El Brasil	Cuenca	3,37
56		San Luis	2308-03-17-04	Q. La Bonita	Cuenca	7,20
57		San Francisco	2308-03-23-01	Río Verde Parte Baja	Intercuenca	9,65
58	x	San Luis	2308-03-19-01	Río Calderas Parte Baja	Intercuenca	14,60
58	x	Cocorná	2308-03-19-01	Río Calderas Parte Baja	Intercuenca	3,08
58	x	San Francisco	2308-03-19-01	Río Calderas Parte Baja	Intercuenca	8,30
59		San Francisco	2308-03-23-04	Q. El Chorro	Cuenca	1,13
60		San Francisco	2308-03-16-02	Q. Santa Rosa	Cuenca	1,36
61		Cocorná	2308-03-16-70	Q. Negra	Cuenca	1,09
62		San Luis	2308-03-17-02	Q. Cachumbo (El Chontillo)	Cuenca	2,69
63		Cocorná	2308-03-16-52	Q. Las Brujas	Cuenca	6,90
64		El Carmen de Viboral	2308-03-16-26	Q. Esteras	Cuenca	9,62
65		El Carmen de Viboral	2308-03-16-54	Q. Roblal o La calera	Cuenca	7,94
66		San Francisco	2308-03-23-02	Q. San Mateo	Cuenca	3,55
67		El Carmen de Viboral	2308-03-16-56	Q. Sonadora	Cuenca	5,31
68		San Luis	2308-03-15-02	Q. El Bosque	Cuenca	1,58
69		San Francisco	2308-03-16-04	Q. San Isidro	Cuenca	4,30
70		El Carmen de Viboral	2308-03-16-38	Q. Sector La Represa	Cuenca	1,69

ID	ID_X	Municipio	Nivel NSS-3 (IDEAM)	Nombre de la Subcuenca NSS-3	Tipo de Cuenca	Área (Km2)
71		San Francisco	2308-03-16-06	Q. Palo Santo	Cuenca	2,02
72		El Carmen de Viboral	2308-03-14-10	Río Cocorná	Cuenca	32,54
73		San Luis	2308-03-19-02	Q. La Pizarra	Cuenca	1,76
74		San Francisco	2308-03-15-04	Q. La Paja	Cuenca	7,72
75		El Carmen de Viboral	2308-03-16-40	Q. Las Alfombras	Cuenca	2,10
76	x	San Luis	2308-03-15-01	Río Samaná Norte Sector La Mesa	Intercuenca	7,67
76	x	San Francisco	2308-03-15-01	Río Samaná Norte Sector La Mesa	Intercuenca	3,29
77		San Francisco	2308-03-19-22	Q. La Lora	Cuenca	4,89
78	x	San Luis	2308-03-15-06	Q. El Portón	Cuenca	3,31
78	x	San Francisco	2308-03-15-06	Q. El Portón	Cuenca	1,67
79		San Luis	2308-03-19-04	Q. La Capitana	Cuenca	3,99
80		El Carmen de Viboral	2308-03-16-24	Q. Colorados o Los Alpes	Cuenca	6,23
81		San Luis	2308-03-08-10	Q. El Jagual	Cuenca	5,03
82		San Francisco	2308-03-16-08	Q. Dos Quebradas	Cuenca	3,06
83		San Luis	2308-03-19-06	Q. El Tabor	Cuenca	7,52
84		San Francisco	2308-03-19-20	Q. Santa Isabel	Cuenca	5,42
85		Cocorná	2308-03-16-42	Q. Sector El Sinaí	Cuenca	6,88
86		San Luis	2308-03-08-01	Q. La Tebaida	Intercuenca	10,19
87		El Carmen de Viboral	2308-03-16-22	Q. Santa Bárbara	Cuenca	5,37
88		San Luis	2308-03-08-08	Q. La Arenosa	Cuenca	5,21
89		San Luis	2308-03-19-08	Q. El Silencio	Cuenca	12,45
90	x	San Francisco	2308-03-16-10	Q. Las Aguadas	Cuenca	2,63
90	x	Cocorná	2308-03-16-10	Q. Las Aguadas	Cuenca	1,84
91		San Luis	2308-03-15-08	Q. La Salada	Cuenca	6,58
92		El Carmen de Viboral	2308-03-16-20	Q. Las Indias	Cuenca	11,81
93		San Francisco	2308-03-19-18	Q. La Vega	Cuenca	3,99
94		San Luis	2308-03-08-02	Q. Vallesol	Cuenca	1,56
95		El Carmen de Viboral	2308-03-14-08	Río San Lorenzo	Cuenca	39,62
96		Cocorná	2308-03-16-12	Q. La Quiebra	Cuenca	2,71
97		San Luis	2308-03-11-04	Q. Aures	Cuenca	16,74
98		San Luis	2308-03-08-04	Q. La Habana	Cuenca	11,36
99		San Luis	2308-03-06-10	Q. Costa Rica	Cuenca	1,43
100		San Luis	2308-03-15-10	Q. Leticia	Cuenca	1,54
101		Cocorná	2308-03-19-16	Q. La Granja	Cuenca	8,79
102		Cocorná	2308-03-16-14	Q. La Tolda	Cuenca	1,51
103		Cocorná	2308-03-16-18	Q. Macanal	Cuenca	8,36
104		San Luis	2308-03-06-01	Río Dormilón	Intercuenca	14,48
105		El Carmen de Viboral	2308-03-14-12	Cñda. La Paloma	Cuenca	2,93
106		Cocorná	2308-03-16-16	Q. Quebradona	Cuenca	4,04
107		San Luis	2308-03-19-10	Q. Poral	Cuenca	11,14
108		San Luis	2308-03-08-06	Q. La Tebaida Parte Alta	Cuenca	19,31
109		Cocorná	2308-03-14-24	Q. El Popal	Cuenca	1,13
110		Cocorná	2308-03-14-22	Q. El Coco	Cuenca	5,01
111		El Carmen de Viboral	2308-03-14-14	Q. Sector Corales	Cuenca	1,06
112		San Luis	2308-03-06-08	Q. La Cuba	Cuenca	3,86
113		San Luis	2308-03-11-01	Río Samaná Norte	Intercuenca	8,21
114		San Luis	2308-03-11-06	Q. Pocitos	Cuenca	5,02
115		Cocorná	2308-03-21-06	Q. Botijas	Cuenca	2,49
116		Cocorná	2308-03-21-04	Q. Sector San Lorenzo	Cuenca	1,01
117	x	Cocorná	2308-03-14-01	Río Cocorná	Intercuenca	31,27
117	x	El Carmen de Viboral	2308-03-14-01	Río Cocorná	Intercuenca	13,81
118		Cocorná	2308-03-14-20	Q. Salado	Cuenca	5,05

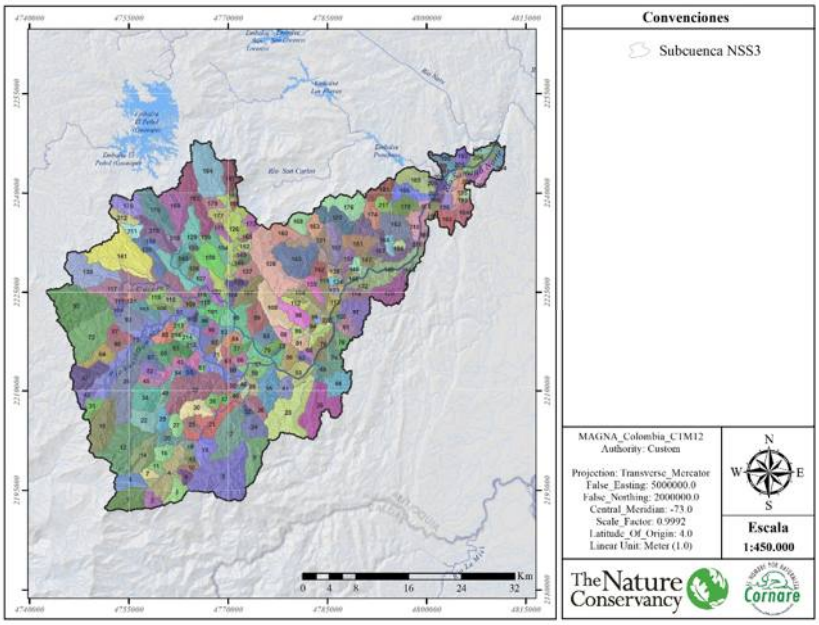
ID	ID_X	Municipio	Nivel NSS-3 (IDEAM)	Nombre de la Subcuenca NSS-3	Tipo de Cuenca	Área (Km2)
119		San Luis	2308-03-06-02	Q. El Trique	Cuenca	5,47
120		San Luis	2308-03-09-08	Q. Las Margaritas	Cuenca	17,06
121		Cocorná	2308-03-14-16	Q. La Cadavid	Cuenca	2,94
122	x	Granada	2308-03-21-01	Río Cocorná Parte Baja	Intercuenca	2,93
122	x	Cocorná	2308-03-21-01	Río Cocorná Parte Baja	Intercuenca	2,67
123		San Luis	2308-03-11-02	Q. Sector Santa Rita	Cuenca	1,72
124		San Luis	2308-03-19-12	Q. San Juanal	Cuenca	3,74
125		Cocorná	2308-03-14-18	Q. La Rumbona	Cuenca	1,28
126	x	San Luis	2308-03-10-01	Río Calderas Parte Media	Intercuenca	8,37
126	x	San Carlos	2308-03-10-01	Río Calderas Parte Media	Intercuenca	4,44
126	x	Granada	2308-03-10-01	Río Calderas Parte Media	Intercuenca	20,88
127		Granada	2308-03-21-02	Q. Sector La Arenosa	Cuenca	2,95
128		San Luis	2308-03-06-06	Río Dormilón Parte Alta	Cuenca	36,90
129	x	Granada	2308-03-12-01	Río Tafetanes	Intercuenca	22,11
129	x	Cocorná	2308-03-12-01	Río Tafetanes	Intercuenca	9,02
130		Cocorná	2308-03-14-02	Q. San Juan	Cuenca	10,54
131	x	San Carlos	2308-03-04-01	Río San Miguel	Intercuenca	10,44
131	x	San Luis	2308-03-04-01	Río San Miguel	Intercuenca	10,80
132		San Luis	2308-03-09-06	Q. La Angurria	Cuenca	1,89
133		San Luis	2308-03-10-02	Q. Sinaí	Cuenca	4,10
134		San Luis	2308-03-04-18	Q. Sector La Gaviota	Cuenca	1,94
135		San Luis	2308-03-06-04	Q. Cañaveral La Arabia	Cuenca	6,76
136		Granada	2308-03-12-02	Q. Astillero	Cuenca	3,70
137		San Luis	2308-03-10-04	Q. Minarrica	Cuenca	7,49
138		San Luis	2308-03-04-16	Q. El Recreo	Cuenca	1,16
139	x	El Carmen de Viboral	2308-03-14-06	Q. La Hundida	Cuenca	17,08
139	x	Cocorná	2308-03-14-06	Q. La Hundida	Cuenca	5,53
139	x	El Santuario	2308-03-14-06	Q. La Hundida	Cuenca	4,15
140	x	San Luis	2308-03-09-01	Río Samaná Norte	Intercuenca	16,45
140	x	San Carlos	2308-03-09-01	Río Samaná Norte	Intercuenca	11,80
140	x	Puerto Nare	2308-03-09-01	Río Samaná Norte	Intercuenca	0,95
141	x	Cocorná	2308-03-14-04	Q. Chorrera	Cuenca	41,82
141	x	El Santuario	2308-03-14-04	Q. Chorrera	Cuenca	1,48
142		San Luis	2308-03-04-14	Q. Guantero	Cuenca	5,45
143		Granada	2308-03-12-04	Q. Las Palomas	Cuenca	2,98
144		San Luis	2308-03-09-10	Q. Sector El Prodigio	Cuenca	1,14
145		San Luis	2308-03-04-12	Q. Sopetrán	Cuenca	26,63
146		San Carlos	2308-03-09-04	Q. Balsora	Cuenca	3,72
147		San Carlos	2308-03-09-02	Q. Sector San José – Miraflores	Cuenca	4,57
148		San Luis	2308-03-10-06	Q. La Veta	Cuenca	2,90
149		San Luis	2308-03-10-08	Q. El Porvenir	Cuenca	1,20
150		Granada	2308-03-10-32	Q. El Hacha	Cuenca	15,20
151		San Carlos	2308-03-04-02	Q. Sector El Contento	Cuenca	4,21
152		San Luis	2308-03-10-10	Q. La Retirada	Cuenca	3,23
153		Granada	2308-03-12-06	Q. Campoalegre	Cuenca	1,69
154		Granada	2308-03-10-30	Q. Las Palmas	Cuenca	7,05
155		Puerto Nare	2308-03-07-01	Río Samaná Norte (mi)	Intercuenca	6,02
156		San Carlos	2308-03-02-02	Q. Agua Bonita (El Prado)	Cuenca	1,95
157		San Carlos	2308-03-04-04	Q. La Mosca	Cuenca	12,15
158	x	Cocorná	2308-03-12-22	Q. San Bartolo	Cuenca	1,37
158	x	El Santuario	2308-03-12-22	Q. San Bartolo	Cuenca	1,32
159		Granada	2308-03-12-08	Q. Sector Cristalina Cruces	Cuenca	1,04
160		San Luis	2308-03-04-10	Río San Miguel Parte Alta	Cuenca	10,28
161		San Carlos	2308-03-02-12	Q. San José	Cuenca	11,78
162		San Carlos	2308-03-07-08	Q. Rabiocadal	Cuenca	15,89
163		San Carlos	2308-03-04-06	Q. La Voladora	Cuenca	6,48
164		San Carlos	2308-03-02-04	Q. Sector Prado	Cuenca	3,78
165		San Luis	2308-03-10-12	Q. El Bosque	Cuenca	1,64
166		Puerto Nare	2308-03-07-10	Q. Sector Serranías	Cuenca	1,02
167		San Carlos	2308-03-02-01	Q. La Miranda	Intercuenca	22,80

ID	ID_X	Municipio	Nivel NSS-3 (IDEAM)	Nombre de la Subcuenca NSS-3	Tipo de Cuenca	Área (Km2)
168		San Carlos	2308-03-04-08	Q. Quebradona	Cuenca	8,01
169		Granada	2308-03-12-12	Q. Honda	Cuenca	18,48
170	x	Granada	2308-03-12-16	Q. Minitas	Cuenca	7,31
170	x	El Santuario	2308-03-12-16	Q. Minitas	Cuenca	4,69
171		Granada	2308-03-10-28	Q. Peñoles	Cuenca	4,01
172		San Carlos	2308-03-02-10	Q. La Mirada	Cuenca	14,50
173	x	San Carlos	2308-03-10-14	Q. Quebradona	Cuenca	3,13
173	x	San Luis	2308-03-10-14	Q. Quebradona	Cuenca	1,03
174		San Carlos	2308-03-02-06	Q. La Sapa	Cuenca	7,12
175		Granada	2308-03-12-14	Q. Santa Barbara Parte Alta	Cuenca	18,97
176		San Carlos	2308-03-02-08	Q. La Miradita	Cuenca	16,71
177		Granada	2308-03-10-26	Q. Los Medios	Cuenca	5,39
178		San Carlos	2308-03-07-06	Q. Norcasia	Cuenca	9,09
179		Granada	2308-03-10-24	Q. La Aguada	Cuenca	4,58
180		San Carlos	2308-03-10-16	Q. La Hondita	Cuenca	1,53
181		San Carlos	2308-03-07-02	Q. Quebradón Parte Alta	Cuenca	9,18
182		Granada	2308-03-12-10	Q. Chuscal	Cuenca	23,76
183		San Carlos	2308-03-10-18	Q. La Zarca	Cuenca	1,22
184	x	San Carlos	2308-03-10-22	Río Calderas Parte Alta	Cuenca	16,83
184	x	Granada	2308-03-10-22	Río Calderas Parte Alta	Cuenca	15,32
185		San Carlos	2308-03-05-02	Q. Peñol Grande	Cuenca	14,80
186		San Carlos	2308-03-07-03	Q. Quebradón Parte Baja	Intercuenca	10,79
187		San Carlos	2308-03-10-20	Q. Santa Bárbara	Cuenca	9,68
188		Puerto Nare	2308-03-05-01	Río Samaná Norte (mi)	Intercuenca	2,69
189		San Carlos	2308-03-03-04	Q. Guaduales	Cuenca	1,01
190		San Carlos	2308-03-03-02	Q. Pocitos	Cuenca	5,76
191		San Carlos	2308-03-01-02	Q. Limoncillo	Cuenca	2,09
192		San Carlos	2308-03-01-04	Q. El Urón	Cuenca	4,55
193		Puerto Nare	2308-03-03-12	Q. La Arabia Parte Alta	Cuenca	7,51
194		Puerto Nare	2308-03-03-14	Q. Hoyo Rico	Cuenca	6,90
195		Puerto Nare	2308-03-03-03	Q. La Arabia Parte Baja	Intercuenca	8,93
196		Puerto Nare	2308-03-07-12	Q. La Represa	Cuenca	2,93
197		Puerto Nare	2308-03-05-04	Q. Sector Las Vetas	Cuenca	1,74
198		Puerto Nare	2308-03-03-10	Q. Las Vetas	Cuenca	4,22
199		Puerto Nare	2308-03-03-16	Q. Minitas	Cuenca	2,07
200		Puerto Nare	2308-03-03-08	Q. Los Limones	Cuenca	1,35
201		Puerto Nare	2308-03-03-06	Q. Sutania	Cuenca	1,50
202		Puerto Nare	2308-03-01-06	Q. Carrizales	Cuenca	3,13
203		Puerto Nare	2308-03-01-08	Q. El Bagre	Cuenca	6,26
204		Puerto Nare	2308-03-01-10	Q. De Pavas	Cuenca	4,54
205		Puerto Nare	2308-03-01-01	Río Samaná Norte (mi)	Intercuenca	5,17
206		San Carlos	2308-03-01-01	Río Samaná Norte (md)	Intercuenca	5,51
207		San Carlos	2308-03-03-01	Río Samaná Norte (md)	Intercuenca	1,67
208		Puerto Nare	2308-03-03-01	Río Samaná Norte (mi)	Intercuenca	1,11
209		San Carlos	2308-03-05-01	Río Samaná Norte (md)	Intercuenca	2,45
210		San Carlos	2308-03-07-01	Río Samaná Norte (md)	Intercuenca	8,82
211		El Santuario	2308-03-12-20	Q. De Cruces	Cuenca	4,92
212		El Santuario	2308-03-12-18	Q. El Palmar Parte Alta	Cuenca	6,31
213		Cocorná	2308-03-16-44	Río Santo Domingo	Cuenca	2,38
214		Cocorná	2308-03-16-48	Río Santo Domingo	Cuenca	3,07
215		Cocorná	2308-03-16-50	Río Santo Domingo	Cuenca	1,76
216		Cocorná	2308-03-16-46	Río Santo Domingo	Cuenca	1,83
217		San Carlos	2308-03-07-04	Q. El Rosario	Cuenca	5,06
218		Granada	2308-03-12-03	Q. Santa Barbara Parte Baja	Intercuenca	3,40
219	x	Granada	2308-03-12-05	Q. El Palmar Parte Baja	Intercuenca	7,80
219	x	El Santuario	2308-03-12-05	Q. El Palmar Parte Baja	Intercuenca	5,18
219	x	Cocorná	2308-03-12-05	Q. El Palmar Parte Baja	Intercuenca	1,59
220		San Luis	2308-03-13-01	Río Samaná Norte Sector La Mesa 1	Intercuenca	1,34

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de información del POMCA río Samaná Norte (2017)

En la Figura 376 se observa las subcuencas NSS-3 de la cuenca del río Samaná Norte de acuerdo con las características de la Tabla 194.

Figura 376. Subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.2 Diagnostico ambiental, económico y social

A continuación, se presenta a modo de síntesis las conclusiones del diagnóstico económico social y ambiental de la cuenca del río Samaná Norte, las cuales fueron presentadas en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b).

A nivel ambiental se encontró que la cuenca Samaná Norte se encuentra ubicada en la Cordillera Central, la cual se caracteriza por ser un paisaje con profundas modificaciones erosivas y elementos deposicionales. La geomorfología de la cuenca está asociada directamente a la actividad tectónica a partir de la Orogenia Andina y a los procesos de erosión en masa. Está conformada por un basamento de rocas cristalinas fracturadas correspondientes a: granitoides del Batolito Antioqueño y del Batolito de Sonsón, anfibolitas del Complejo El Retiro, y esquistos del Complejo Cajamarca.

Presenta una precipitación media anual que oscila entre los 5727-2737 mm/año. La menor precipitación tiene lugar durante los meses de enero y febrero. En dichos meses, la precipitación mensual varía desde los 67 mm hasta los 333 mm siguiendo el patrón de distribución espacial donde las mayores precipitaciones se dan al interior de la cuenca. La precipitación va aumentando a lo largo del mes de marzo hasta producirse un primer máximo en el mes de abril (o mayo dependiendo de la región) llegándose a alcanzar valores superiores a los 500 mm en las zonas del interior de la cuenca. A lo largo de los meses de junio y julio comienza nuevamente a disminuir la precipitación. Finalmente, ésta comienza a aumentar en los meses siguientes hasta alcanzar un segundo máximo

durante el mes de septiembre (u octubre dependiendo de la región) llegándose a alcanzar cerca de los 670 mm mensuales en las zonas del interior de la cuenca.

La temperatura en la cuenca oscila entre los 28,6-9,4°C con un valor promedio de 2,3°C y una desviación estándar de 3,7°C. A nivel mensual la cuenca presenta un gradiente casi constante a lo largo del año. Las temperaturas máximas se alcanzan en el mes de junio y las menores en el mes de enero.

En lo que respecta a proyectos hidroeléctricos, se identificaron un total de 36, los cuales se encuentran en diferentes estados de trámite, a saber: 6 proyectos hidroeléctricos en operación, 1 proyecto en construcción, 5 proyectos con licencia ambiental o concesión de agua, 2 proyectos en diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental, 11 proyectos en diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes, 11 proyectos con licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos.

Lo anterior, evidencia que la cuenca presenta características climáticas y topográficas que la hacen atractiva para los proyectos hidroeléctricos; por lo que sin una adecuada gestión y administración de los recursos pueden generar impactos y conflictos a la degradación de la cuenca, la disponibilidad del recurso hídrico para las diferentes actividades económicas, productivas y de soporte natural y ecosistémico

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Norte, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las “Reservas Forestales Protectoras Regionales” (RFPR). También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito “Distrito Regional de Manejo Integrado” (DRMI). Actualmente figuran en la cuenca: DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Cerros de San Nicolás, DRMI Cuchillas Los Cedros, DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé, DRMI Las Camelias, DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón, DRMI Sistema Viaho – Guayabal, RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo, RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, RFPR La Tebaida y RFPR Punchiná.

Por otra parte, de acuerdo con los análisis multitemporales realizados entre el 2002 y 2017, se encontró que la cuenca del Samaná Norte presento cambios positivos o de permanencia de coberturas boscosas, representadas en 72990,25 ha. Sin embargo, de acuerdo con lo evidenciado en campo, la cuenca está experimentando una presión producto de la ampliación de la frontera agrícola realizada por parte de los campesinos que retornan a labrar y trabajar sus parcelas o predios.

A nivel de biodiversidad, se identificaron un total de 4238 especies, agrupadas en 2715 especies de plantas (7,8% a nivel nacional), 13 especies de hongos (0,74% a nivel nacional) y 1510 especies de fauna (6,1% a nivel nacional) incluidas arañas, caracoles, cangrejos e insectos, Esta riqueza que agrupa varias fuentes de información, supera las 3770 reportadas por el POMCA y las 3514 especies agrupadas en GBIF. En las áreas protegidas se han reportan 10137 registros agrupados 1647 especies, de las cuales 1024 son plantas, 12 son hongos y 612 son especies de animales.

En el componente socioeconómico se identificó que el saneamiento de aguas residuales en ninguno de los nueve municipios llega al 80% de cobertura y en seis de ellos está por debajo del 60%. Este es un dato representativo en la medida en la que el saneamiento básico es fundamental para vivir una vida sana. Por otro lado, el acceso a servicio de internet no alcanza el 40% en ninguno de los

municipios, dato cercano al porcentaje de acceso a nivel nacional que es de 43, 4%. Aun así, la limitación al acceso pone a los habitantes de la cuenca en una situación de desventaja en un mundo globalizado e interconectado.

En relación con el déficit habitacional, en general la cuenca presenta valores cercanos e incluso inferiores a los nacionales que presentan 9,8% de déficit cuantitativo y 26,8% de déficit cualitativo para un déficit habitacional total de 36,6% (DANE, 2020a). Los cálculos para la cuenca muestran que el déficit habitacional total es de 23,73% con un cuantitativo de 3,87% y un cualitativo de 19,86%; todos valores inferiores a los déficits nacionales. Cabe mencionar que los municipios con el déficit cualitativo más alto son en su orden: San Luis (30,48%), por encima del déficit nacional; San Francisco (26,77%), Cocorná (25,81%) y Sonsón (25,25%). En cuanto al déficit cuantitativo, los municipios con valores menos favorables son Puerto Nare (8,97 %), Sonsón (6,22%), San Luis (4,32%) y San Francisco (3,17%)

La situación de la cuenca en educación es menos favorable que la nacional en razón a que la tasa de analfabetismo es de 6,83% superando en 1,5 puntos porcentuales la tasa nacional que se encuentra en 5,24%. Los únicos municipios que se encuentran por debajo de la tasa nacional de analfabetismo son El Carmen de Viboral, El Santuario y Granada. Mientras que Cocorná, San Francisco, San Carlos y Puerto Nare se encuentran por encima entre el 8% y hasta el 10,39%

La de cobertura en educación primaria es superior al 100% dato que se explica en razón a que en algunos municipios se atiende población de municipios cercanos. Es de anotar que la tasa nacional también se encuentra por encima del 100% de cobertura. La tasa de cobertura en educación media es 75,87%, encontrándose cuatro puntos por debajo de la nacional se encuentra en 80,11% para el año 2018 (MinEducación, 2018).

El porcentaje de población afiliada a un régimen de cobertura en salud para la cuenca es de 85,25%, siendo el municipio de Puerto Nare con un 74,90% el de menor cobertura, mientras que San Luis (109,08%) y San Francisco (98,80%) presentan los datos más favorables en comparación con el porcentaje de cobertura nacional que es 97,78%. El caso de San Luis se explica porque atiende población del corregimiento de Jerusalén que es jurisdicción del municipio de Sonsón (Minsalud, 2021).

Las condiciones de pobreza se encuentran en rangos de alto y muy alto, con cerca del 80% de la población con trabajo informal, el 65% en bajo logro educativo (educación promedio de las personas del hogar menor a 9 años) y una tasa de dependencia económica del 34,5% (menos de 1 miembro del hogar trabaja por cada 6 personas). Lo anterior se refleja en la desigualdad territorial que la padecen quienes viven en centros poblados y zonas rurales, en donde el desarrollo de capacidades (a través de la educación), el acceso a servicios públicos y en general, las condiciones de vida son altamente precarias comparadas con las que ofrecen las cabeceras municipales.

Para el tema de recreación, medido a partir de los metros cuadrados de espacios para el disfrute de la naturaleza por habitante, la cuenca en general resultó con 51,74 metros cuadrados por habitante que, comparados con el estándar internacional, el indicador de espacio público por habitante, elegido como referente, es muy superior. Esta medición confirma el alto sentido de pertenencia de los habitantes del territorio, identificado en el diagnóstico, el cual se encuentra altamente relacionado con la oferta paisajística de la cuenca.

De otro lado, la dinámica poblacional de los municipios de la cuenca refleja los impactos que el conflicto armado y su consecuente desplazamiento forzado generó sobre su territorio. Esta situación se ve ilustrada en el descenso del tamaño de la población en siete de los nueve municipios; siendo las excepciones los municipios de El Carmen y El Santuario, cuya población ha crecido de manera sostenida, como resultado de la dinámica económica e inmobiliaria de la región Valle de San Nicolás estrechamente relacionada con la ciudad de Medellín y su área metropolitana. Para el año 2018 la población la población de los municipios muestra indicadores de recuperación con excepción de los municipios de Puerto Nare, San Francisco y Sonsón cuyas poblaciones continúan en descenso. En la totalidad de los municipios es evidente la urbanización de su población.

Las actividades económicas en la cuenca se enmarcan en la producción agropecuaria tradicional en combinación con una tendencia reciente hacia la diversificación con base en la oferta de servicios turísticos a visitantes atraídos por la oferta paisajística. Esta posibilidad de generar recursos económicos a partir del turismo ha resurgido gracias a la superación del conflicto armado.

A partir de las múltiples salidas a campo y de los talleres relacionadas con la comunidad, se encontró que estas mantienen una preocupación muy fuerte por amenazas sobre los recursos naturales, principalmente relacionadas con la construcción de centrales hidroeléctricas, minería y deforestación. En consonancia se identifica niveles de conocimiento frente al tema y actitud de defensa por el territorio. Esta actitud parte de la experiencia de las comunidades y líderes en procesos de defensa adelantados por los múltiples proyectos hidroeléctricos que han tenido lugar en el territorio.

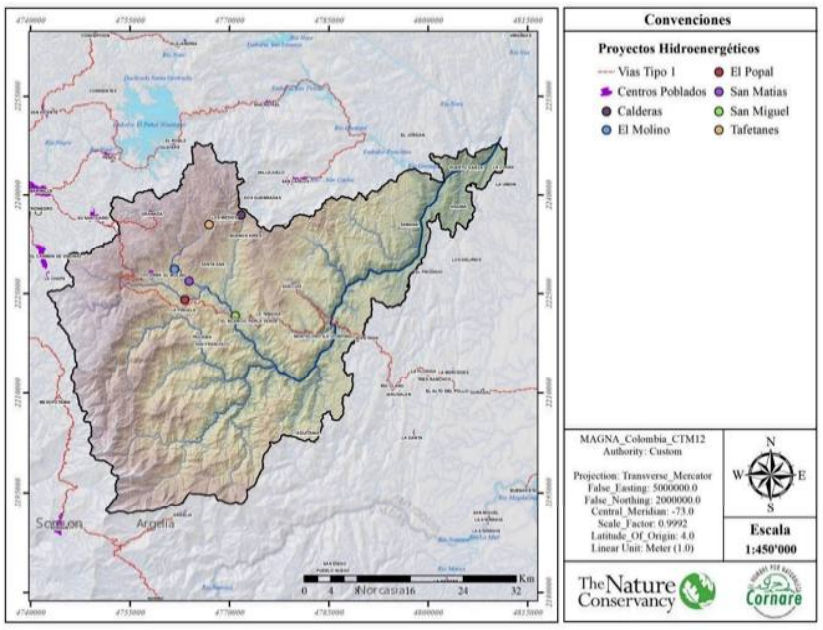
16.3 Escenarios de análisis

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, la descripción de los escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Norte fue presentada en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b).

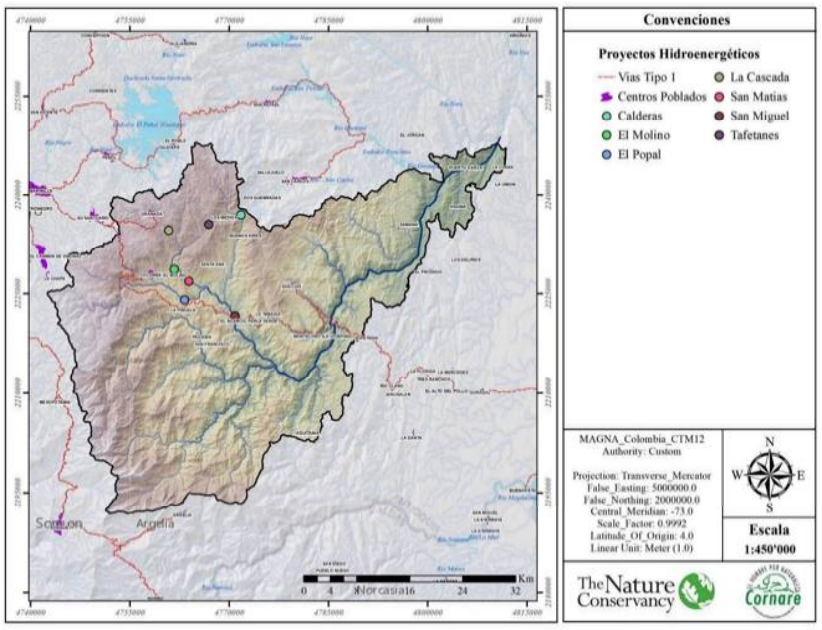
Sin embargo, en la Figura 377 se presenta la síntesis espacial de los 8 escenarios de análisis definidos para la cuenca del río Samaná Norte.

Figura 377. Escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Norte

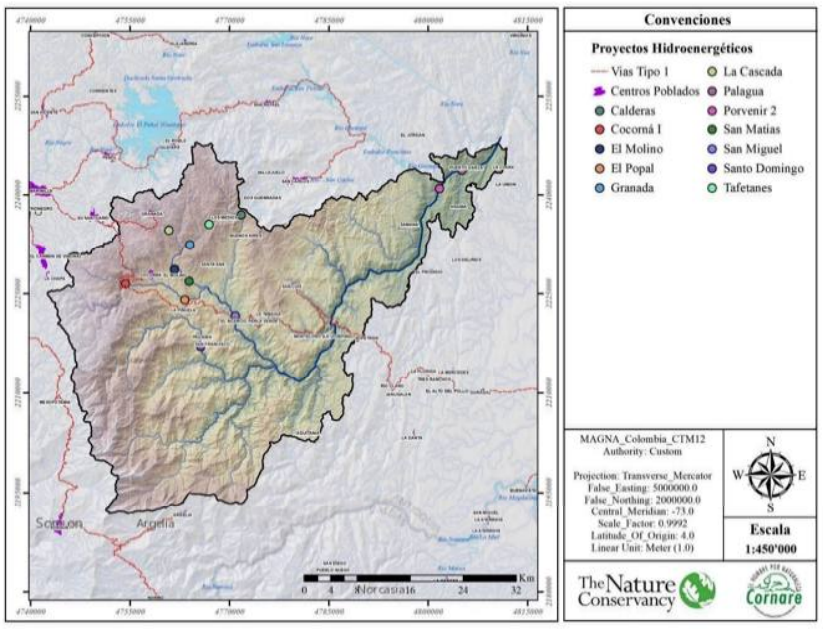
Escenario 1



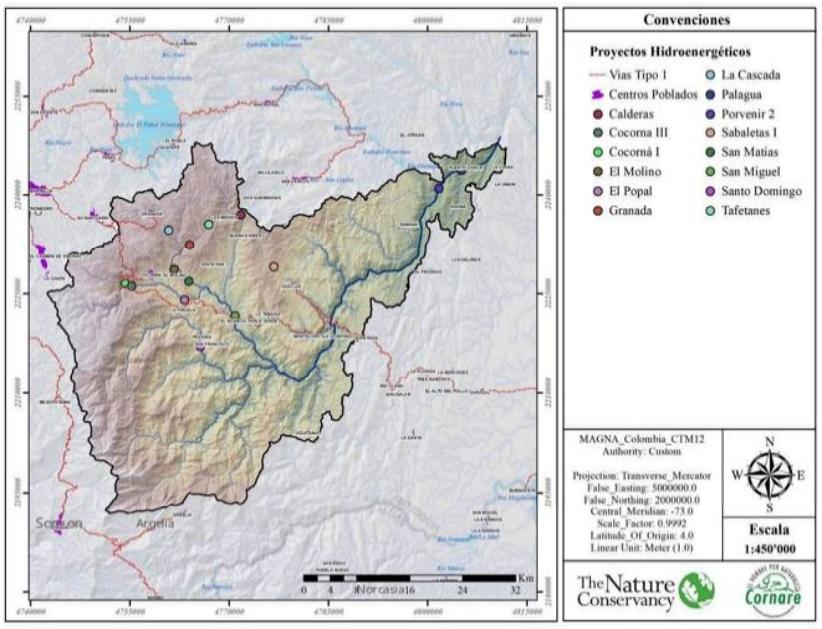
Escenario 2



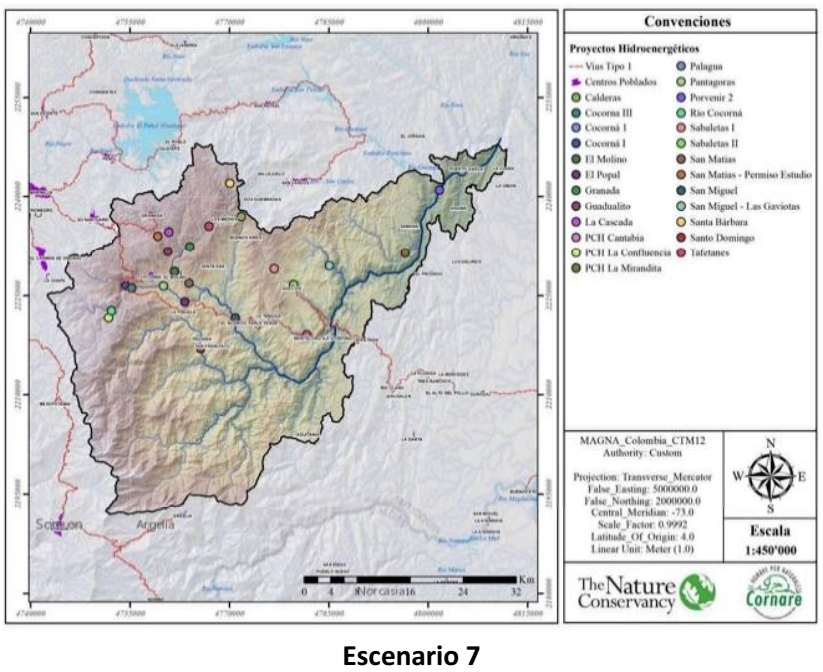
Escenario 3



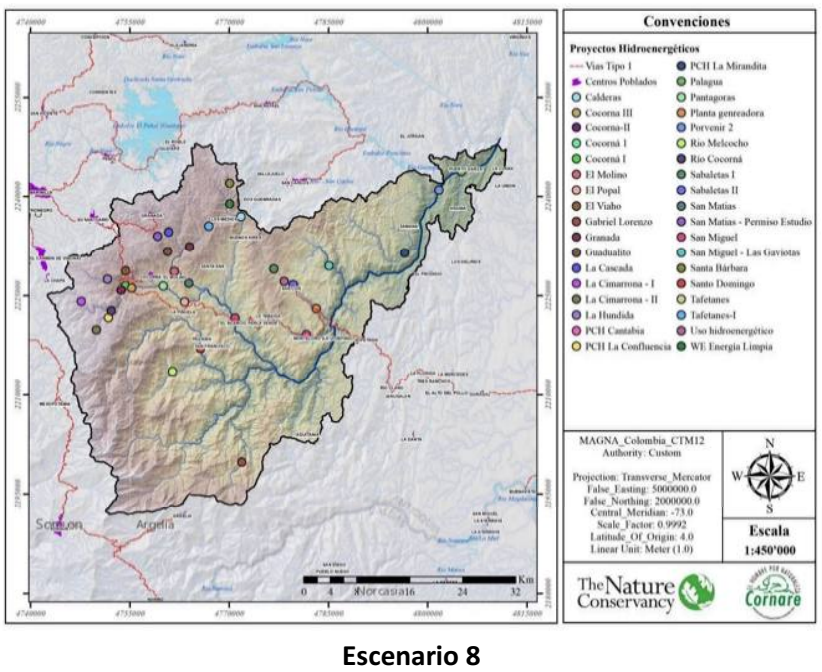
Escenario 4



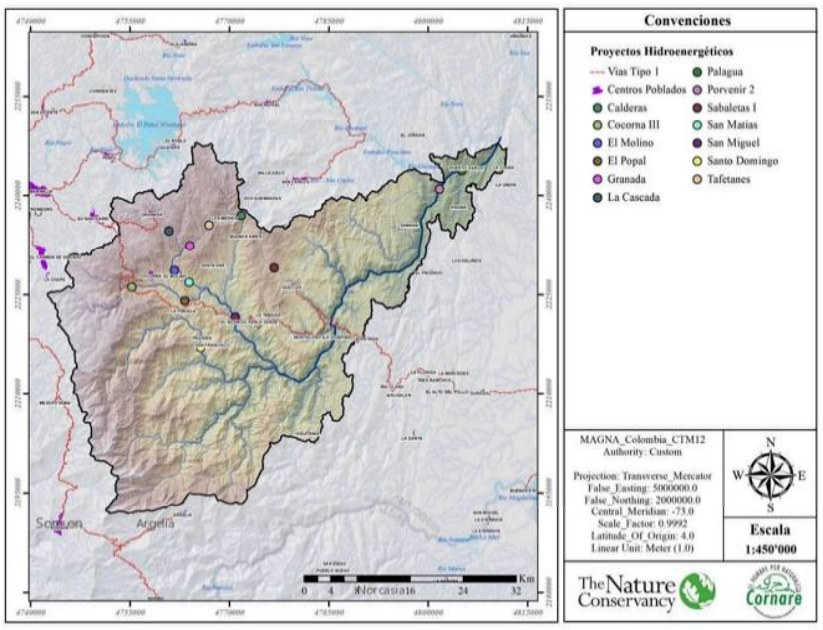
Escenario 5



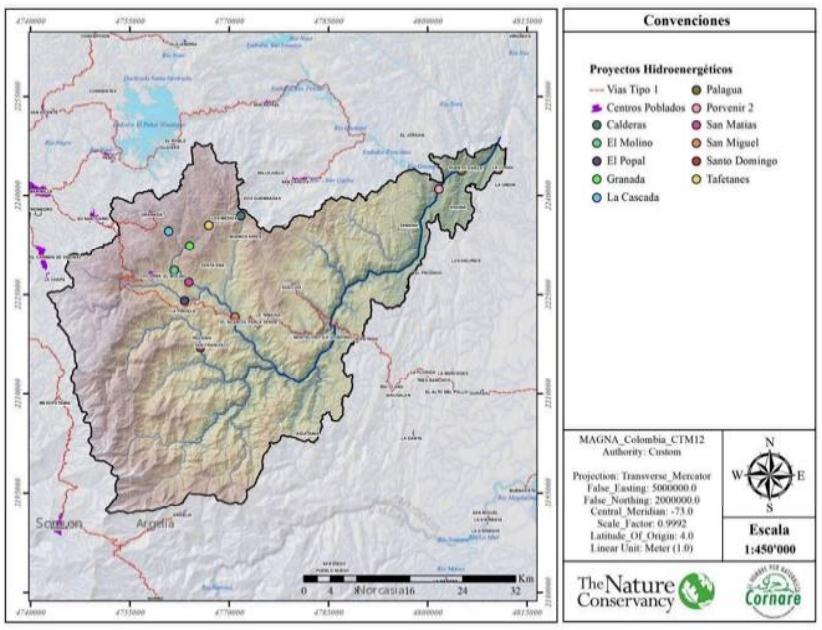
Escenario 6



Escenario 7



Escenario 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4 Indicadores por dimensión

En el actual numeral se presentan los resultados del cálculo de los indicadores utilizados para cada una de las dimensiones ambientales, sociales y económicos de acuerdo con lo descrito en el 0 del presente documento. En el Anexo - Fase III - 7 se consolidan para todas las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Norte, los valores de los indicadores seleccionados. Por otra parte, en el Anexo - Fase III - 6 se consolidan las memorias de cálculo y en el Anexo - Fase III - 1 pueden consultarse los archivos espaciales.

16.4.1 *Indicadores ambientales*

16.4.1.1 Indicador de calidad morfológica (MQI)

Como se mencionó en el numeral 14.4.1.1, el MQI se compone de diversos subindicadores. En razón a lo anterior, a continuación, se presenta la valoración de cada uno de ellos para la cuenca del río Samaná Norte de acuerdo con los descrito en el numeral 14.4.1.1.

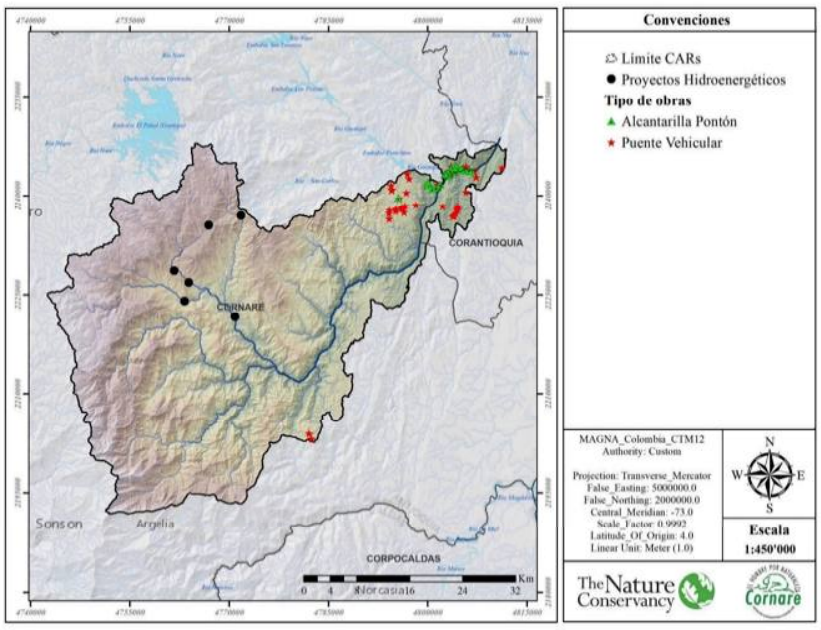
- ✓ *F1: Continuidad de flujo de maderas y sedimentos*

Para estimar este indicador se seleccionaron identificaron los puentes vehiculares de la cartografía básica escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, adicionalmente se consideraron los proyectos hidroeléctricos según los escenarios de modelación planteados previamente (ver Figura 378).

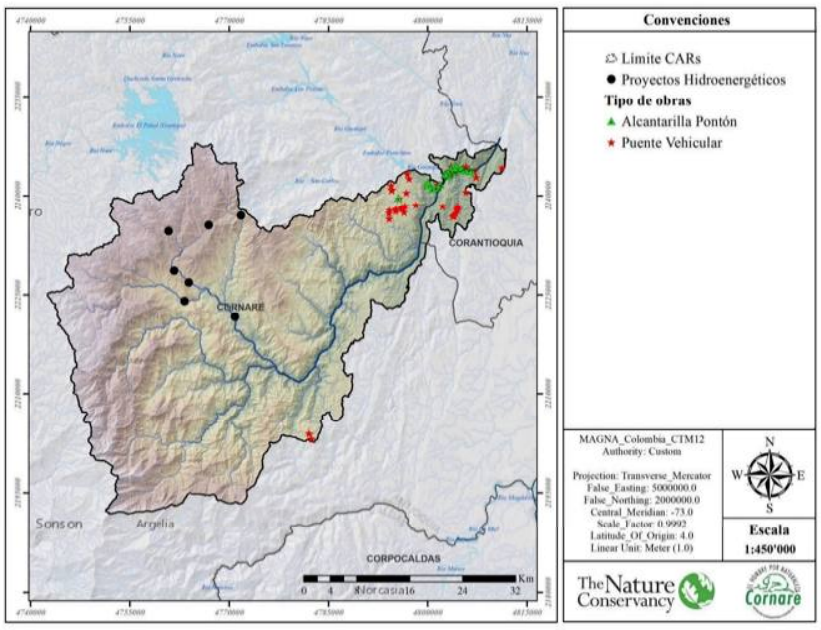
En la Figura 379 se presenta la clasificación del subindicador F1 - continuidad de flujo de maderas y sedimentos para los 8 escenarios de análisis de acuerdo con la Tabla 165. En estas, se observa que en las unidades NSS-3 que configuran el río Calderas, presentan alteración como consecuencia del emplazamiento de proyectos hidroeléctricos sobre su cauce. Por otra parte, se evidencia que la parte baja de la cuenca del río Samaná Norte, experimenta las mayores alteraciones en lo que a continuidad del flujo se refiere. Esto, producto de los múltiples puentes vehiculares, alcantarillas portón y a la descarga del embalse de San Carlos que tiene lugar en esta zona.

Figura 378. Obras que hidráulicas que modifican la dinámica fluvial en la cuenca del río Samaná Norte para los escenarios 1 al 8

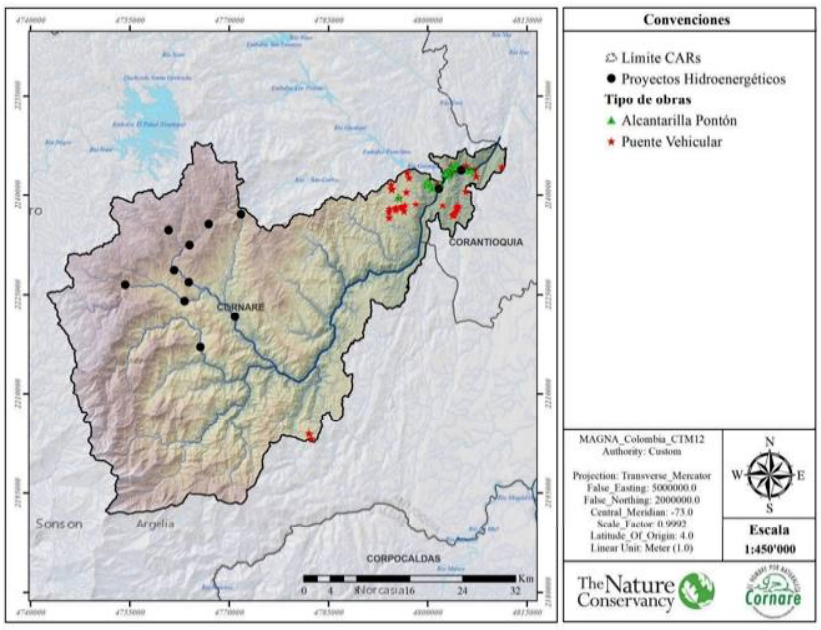
Escenario 1



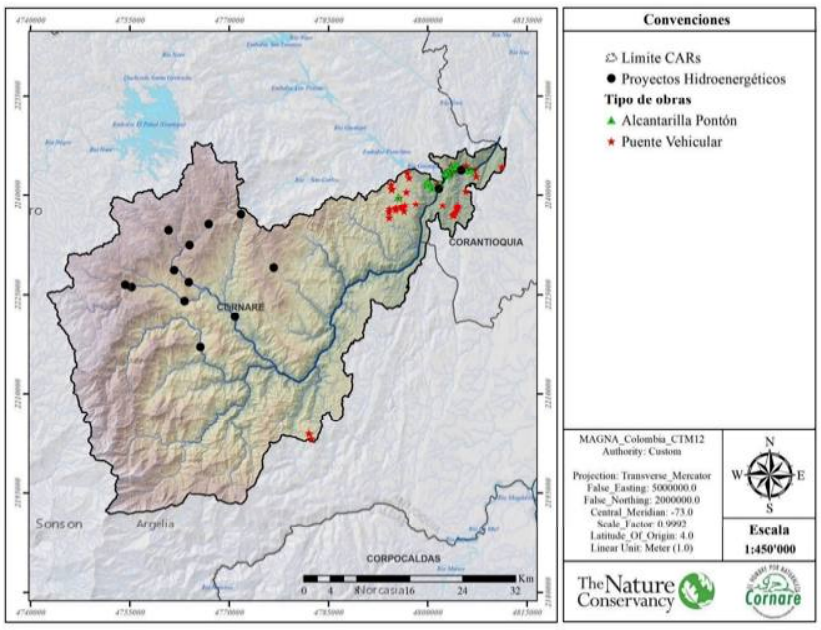
Escenario 2



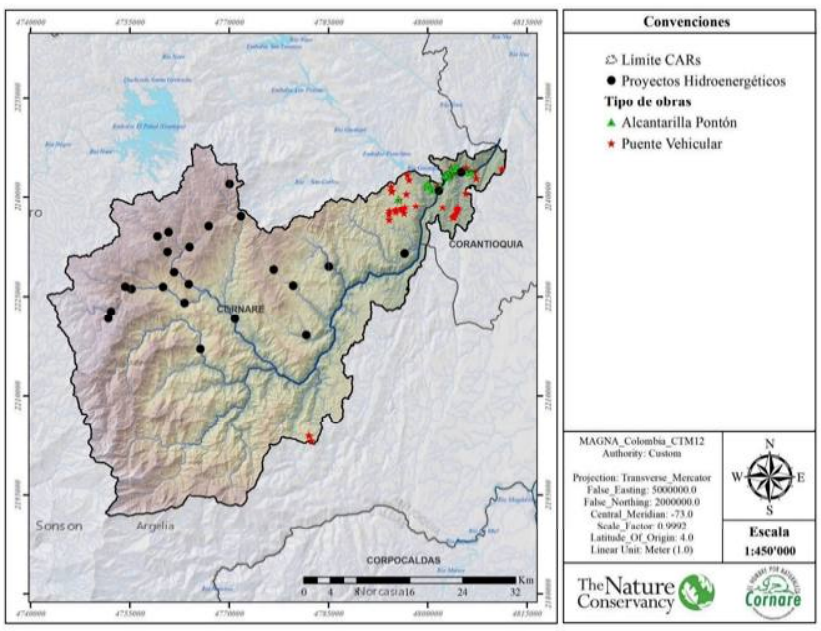
Escenario 3



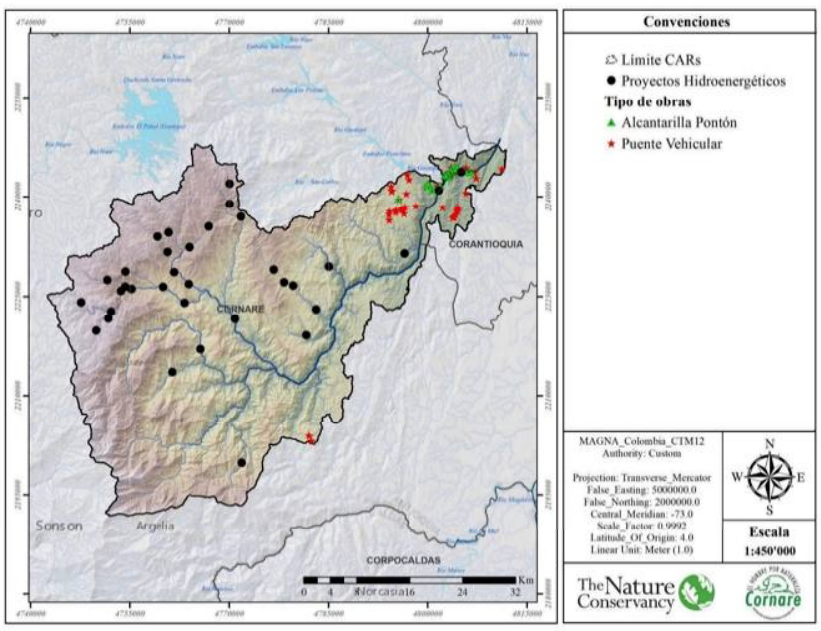
Escenario 4



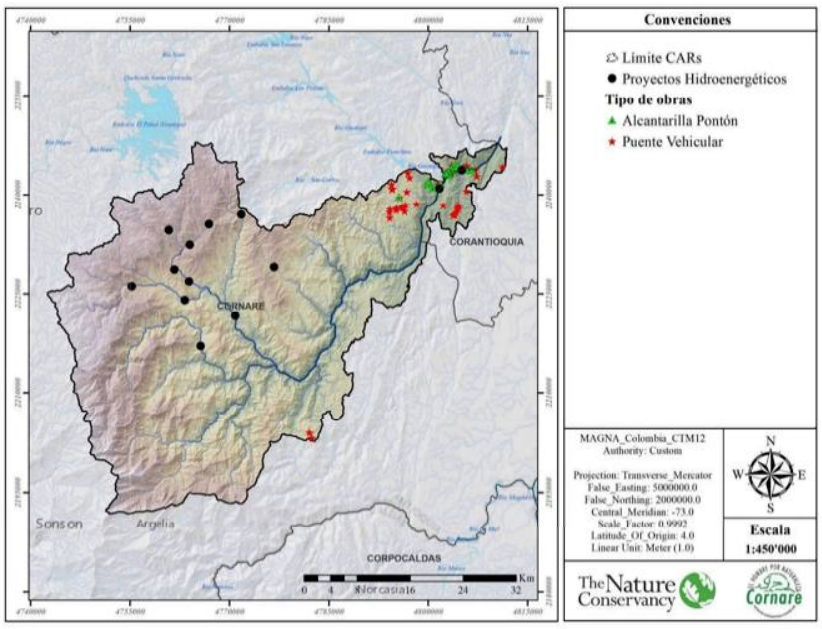
Escenario 5



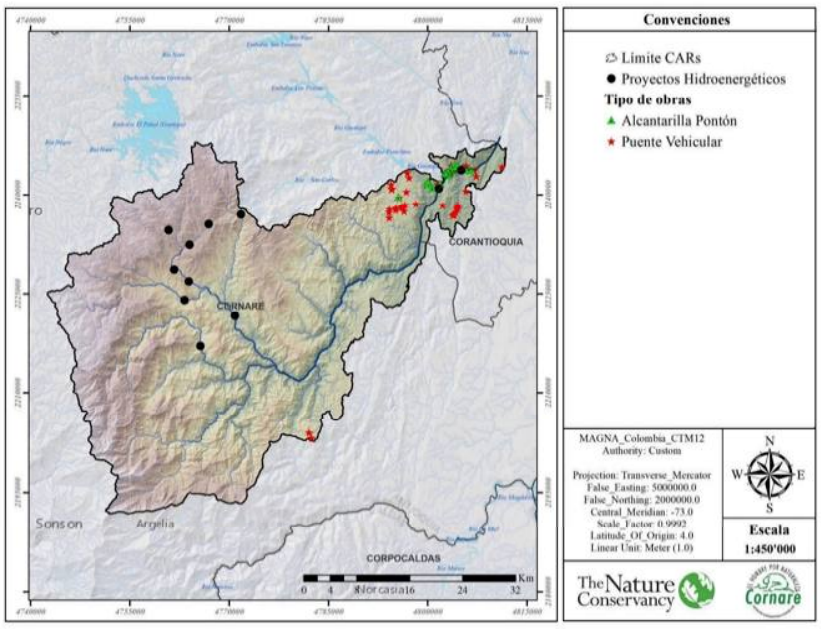
Escenario 6



Escenario 7



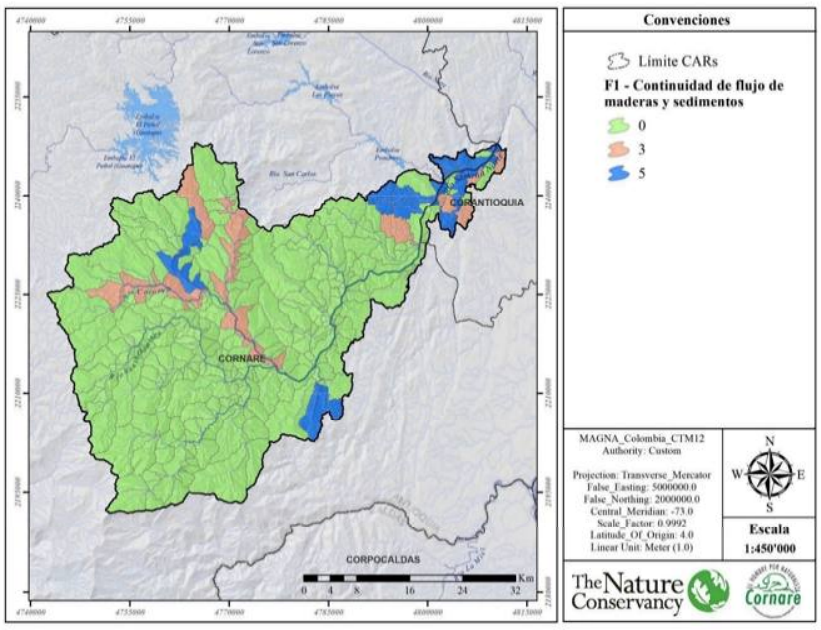
Escenario 8



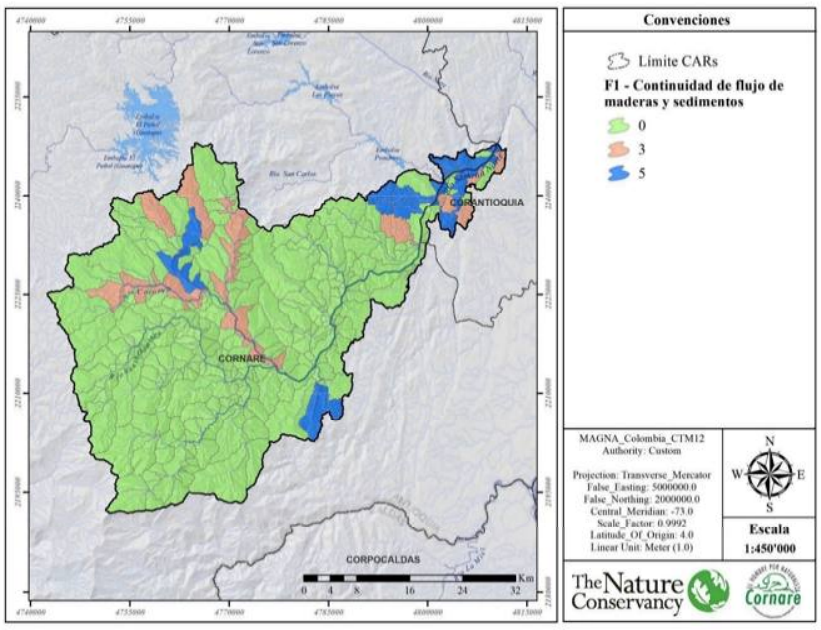
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

Figura 379. Calificación del subindicador F1 - Continuidad de flujo de maderas y sedimentos para los escenarios del 1 al 8

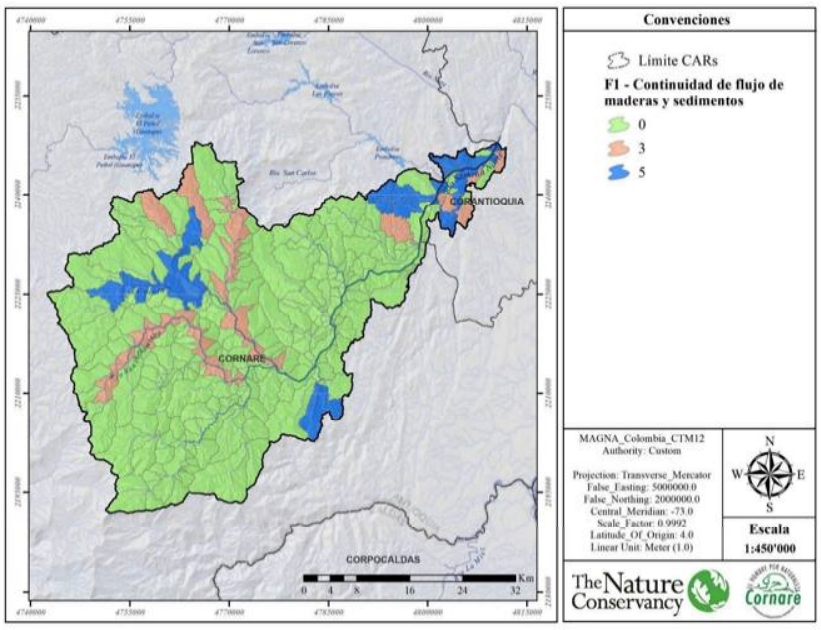
Escenario 1



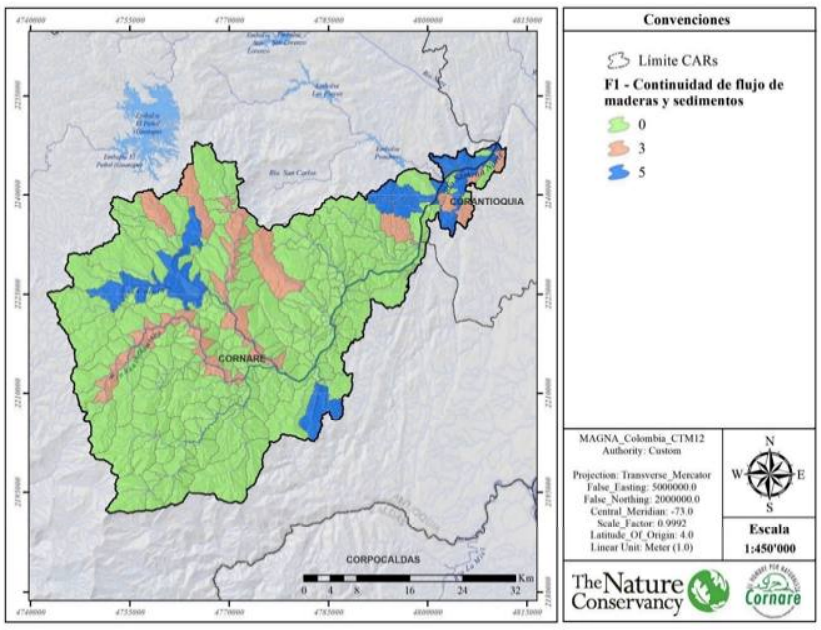
Escenario 2



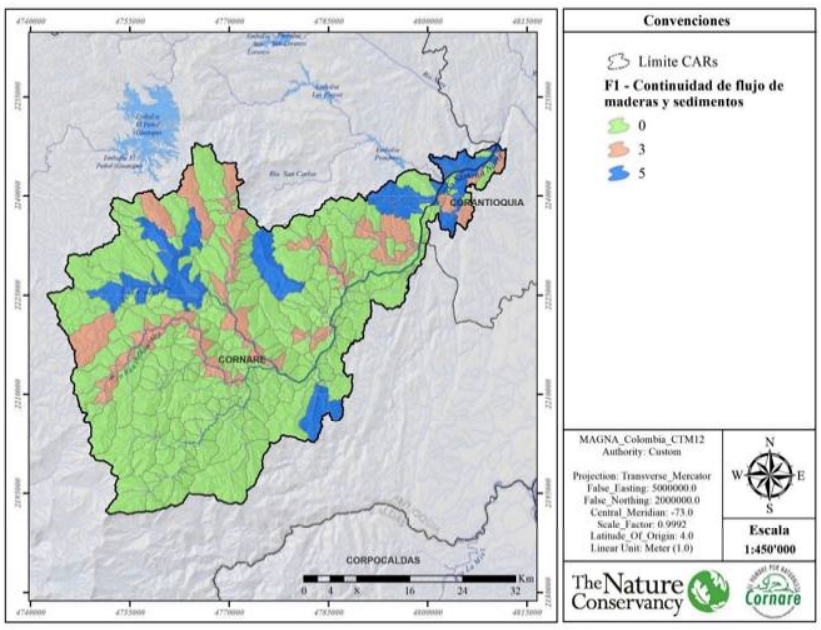
Escenario 3



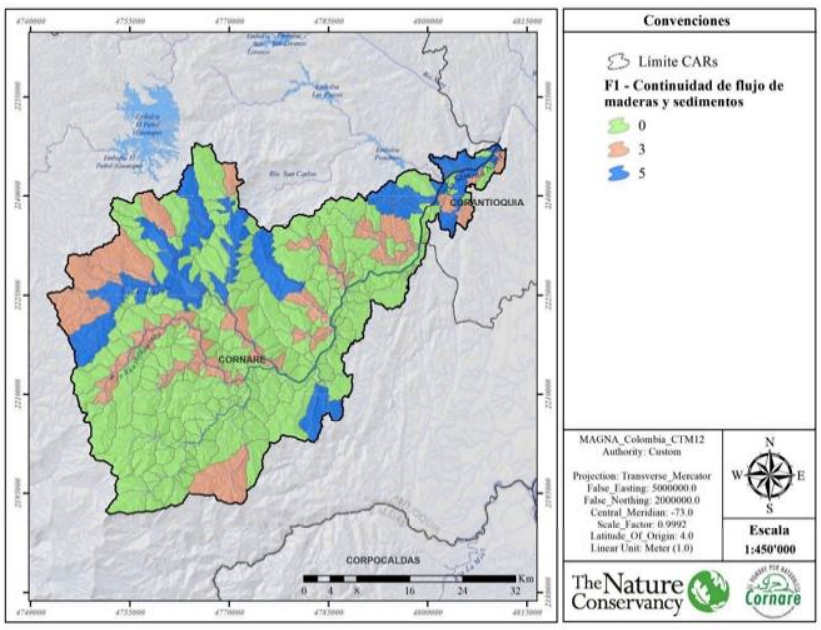
Escenario 4



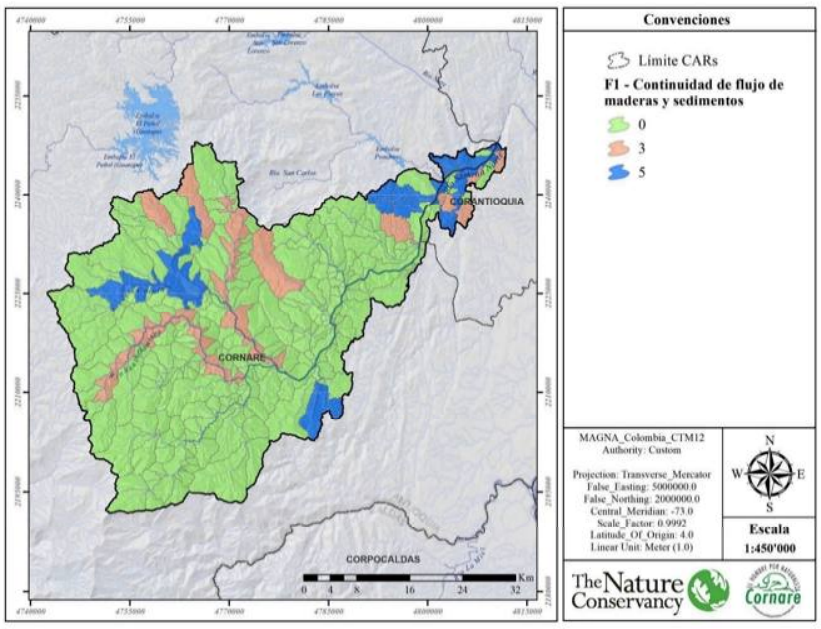
Escenario 5



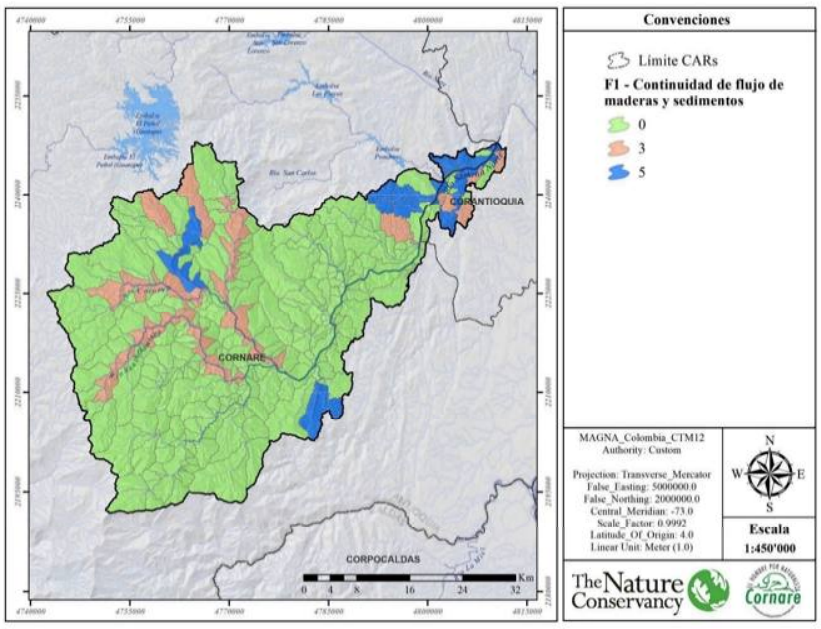
Escenario 6



Escenario 7



Escenario 8



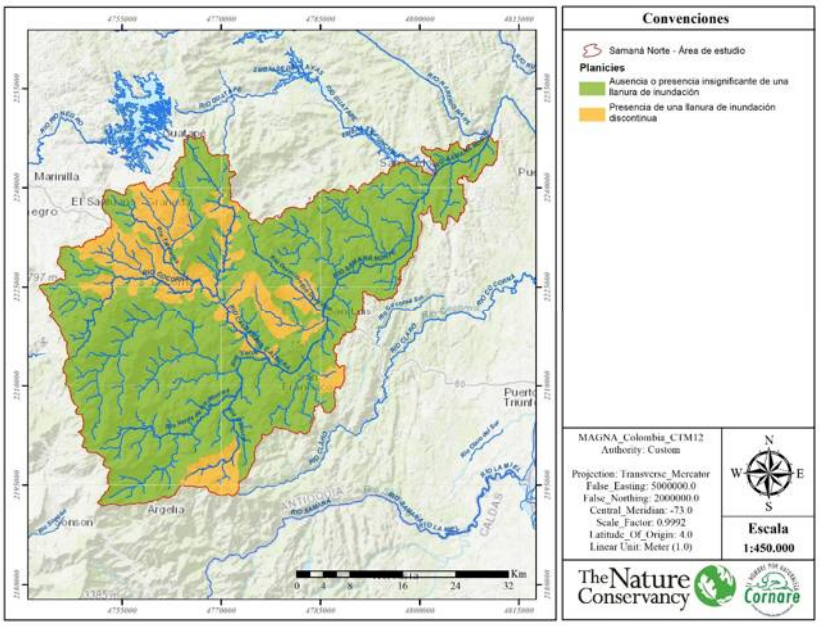
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

- ✓ *F2: Presencia de planicies inundables*

De acuerdo con los mapeos de planicies indudables realizados y presentados en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), la cuenca del río Samaná Norte presenta condiciones geológicas y topográficas muy limitada para la conformación de planicies aluviales, por lo que mayor parte de las unidades NSS-3 exhiben una calificación de 5 para este subindicador de acuerdo con la Tabla 166.

Aun que son bajas las zonas donde es posible identificar áreas de planicies aluviales, donde es posible, por lo general corresponden a pequeños sectores dispersos localizados de forma contigua en algunos tramos de los ríos Cocorná, San Matías y las quebradas La Chorrera y La Cascada principalmente. Sin embargo, estas corresponden a planicies confinadas ya que se encuentran limitadas por vertientes predominantemente escarpadas y por las condiciones geológicas y topográficas de la zona. En razón a lo anterior, en la Figura 380 se presenta la calificación obtenida de los 8 escenarios para este factor.

Figura 380. Clasificación del subindicador F2 - presencia de planicies aluviales para los escenarios del 1 al 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

- ✓ *F6: Configuración del lecho – pendiente del valle*

La calificación del subindicador F6 presenta la misma distribución y valoración de la Figura 379. Esto se debe a que las obras consideradas en el análisis alteran diversos factores hidráulicos como la pendiente a escala de tramo, el régimen de velocidades, transporte, erosión y agradación de sedimentos.

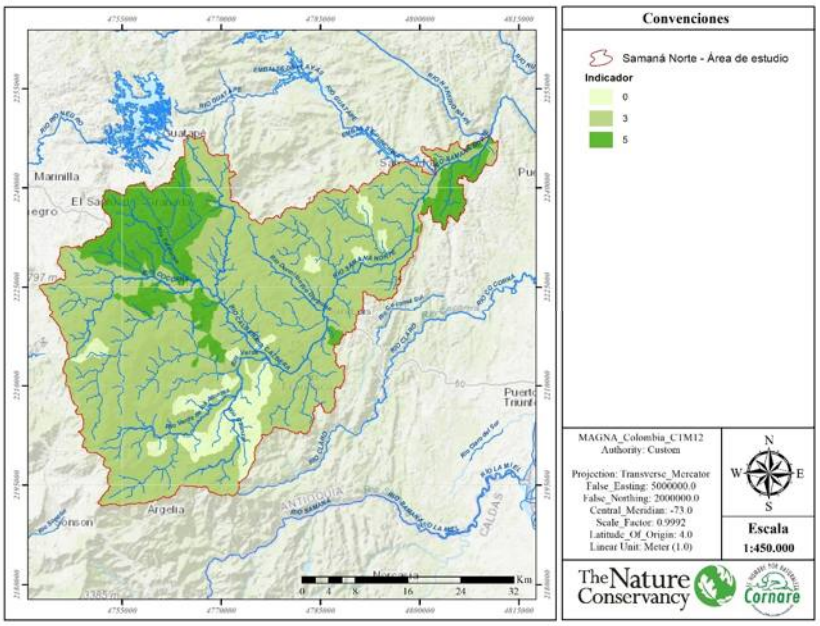
- ✓ *F7: Formas y procesos típicos del patrón de alineamiento*

La calificación del subindicador F7 presenta la misma distribución y valoración de la Figura 379. Esto se debe a que las obras consideradas en el análisis alteran diversos factores hidráulicos como la pendiente a escala de tramo, el régimen de velocidades, transporte, erosión y agradación de sedimentos. Adicionalmente no se identificaron tramos de río canalizado o con algún tipo de revestimiento.

- ✓ *F12: Ancho de la vegetación funcional*

La calificación del subindicador F12 se presenta en la Figura 381. Se observa que la parte media y alta cuenca del río Tafetanes es la que presenta la menor cantidad de ancho de vegetación funcional, es decir que la vegetación funcional cubre una porción pequeña de la unidad de segmentación (<33%) o la vegetación con pobre funcionalidad es superior al 33% de la totalidad del área de vegetación funcional.

Figura 381. Calificación del subindicador F12 - Ancho de la vegetación funcional para los escenarios del 1 al 8

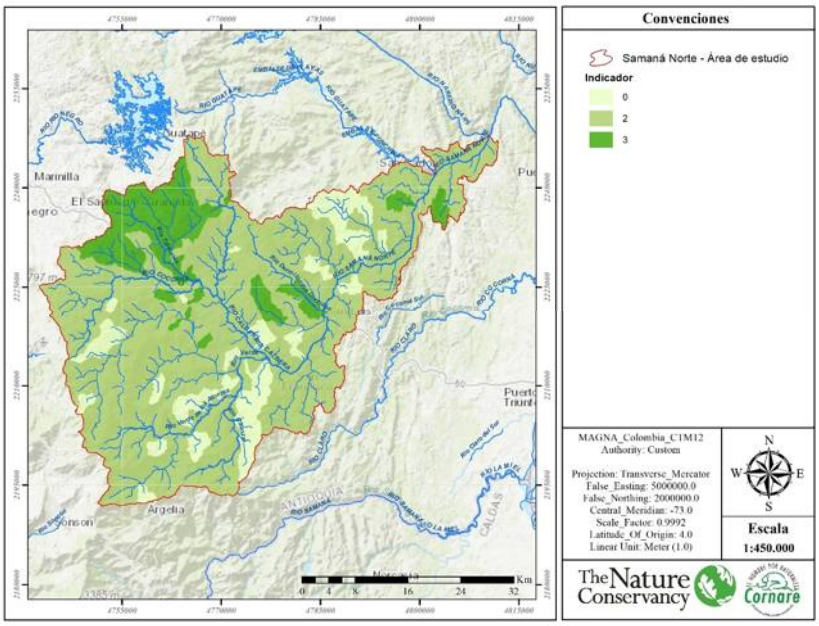


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

- ✓ *F13: Extensión de la vegetación funcional*

La calificación del subindicador F13 se presenta en la Figura 382. Se observa que la parte media y alta cuenca del río Tafetanes es la que presenta la menor cantidad de vegetación funcional, es decir que la vegetación funcional cubre una porción pequeña de la unidad de segmentación (<33%) o la vegetación con pobre funcionalidad es superior al 33% de la totalidad del área de vegetación funcional.

Figura 382. Calificación del subindicador F13 - Extensión de la vegetación funcional para los escenarios del 1 al 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

Es importante destacar que, actualmente en la cuenca del río Samaná Norte se están adelantando labores de reforestación por parte de proyectos como la CH San Miguel. Este proyecto en particular, cuanta con zonas tecnificadas en donde se realiza la extracción de material genético nativo para adelantar las labores de reforestación en las zonas de compensación del proyecto. El vivero mantiene un aproximado de 89 especies con un total de 3500 plántulas. Entre las especies se tiene Comino, Guayacán, Azúcenos, etc (ver Foto 46). Otra de las labores que ha adelantado el proyecto es la recuperación del camino ancestral la Tebaiba.

Foto 46. Área de vivero de la central hidroeléctrica San Miguel



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Estas mismas laborares se reforestación, pero en áreas de compensación del corredor biológico PCH Popal, PCH San Matías y PCH El Molino son adelantas por los proyectos que lleva de nombre este corredor. En total son 202.22 hectáreas situadas en las Veredas La inmaculada, La Aurora, San Lorenzo y Los Mangos del Municipio de Cocorná, las cuales se están intervenido actualmente. El corredor es un área de protección de biodiversidad conformado por predios conectados entre sí (ver Foto 47)

Foto 47. Área de vivero de la central hidroeléctrica San Miguel



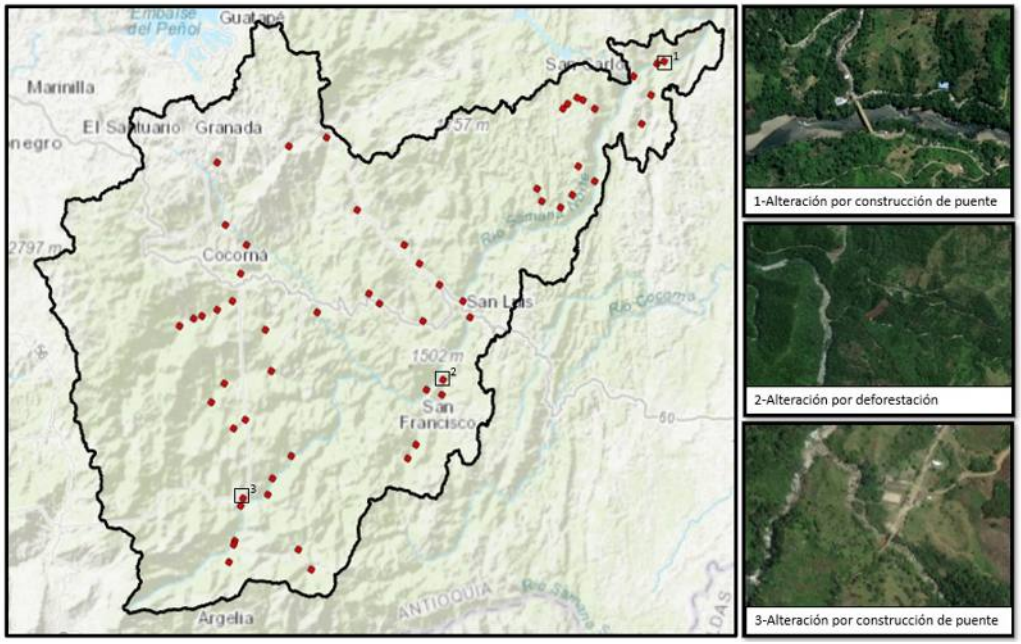
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Estas actividades propician que la extensión de la vegetación funcional se mantenga o aumente, lo que genera una contribución a la sostenibilidad ambiental desde el punto de vista de los procesos ecológicos y biofísico.

- ✓ *A5: Presencia y frecuencia de estructuras de cruce*

Para la cuenca del río Samaná Norte se identificaron un total de 58 alteraciones puntuales, correspondientes principalmente a estructuras de cruces por puentes asociados a infraestructura vial, tal y como se presenta en la Figura 383.

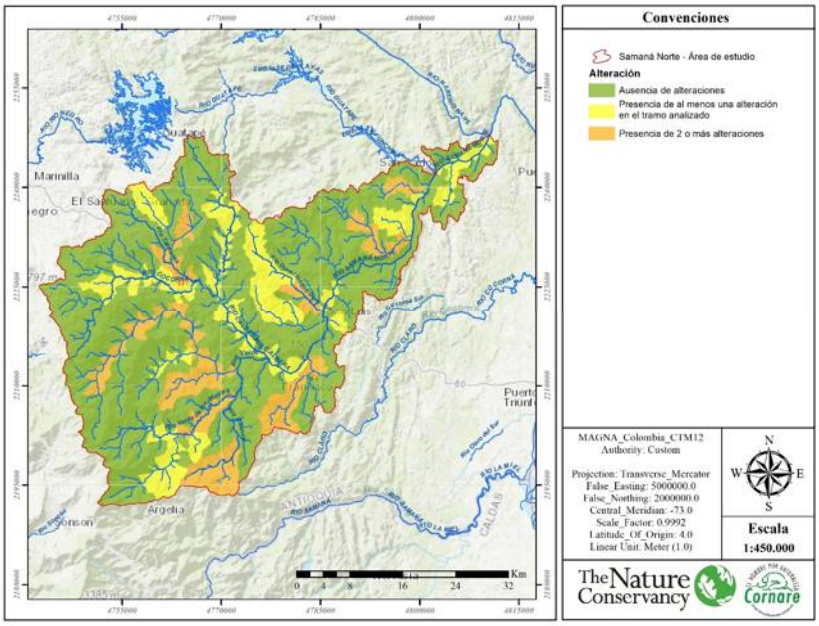
Figura 383. Cartografía de alteraciones identificadas en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Teniendo en cuenta lo anterior, en la Figura 384 se presenta la calificación obtenida para este factor.

Figura 384. Clasificación del subindicador A5 - Presencia y frecuencia de estructuras de cruce para los escenarios del 1 al 8

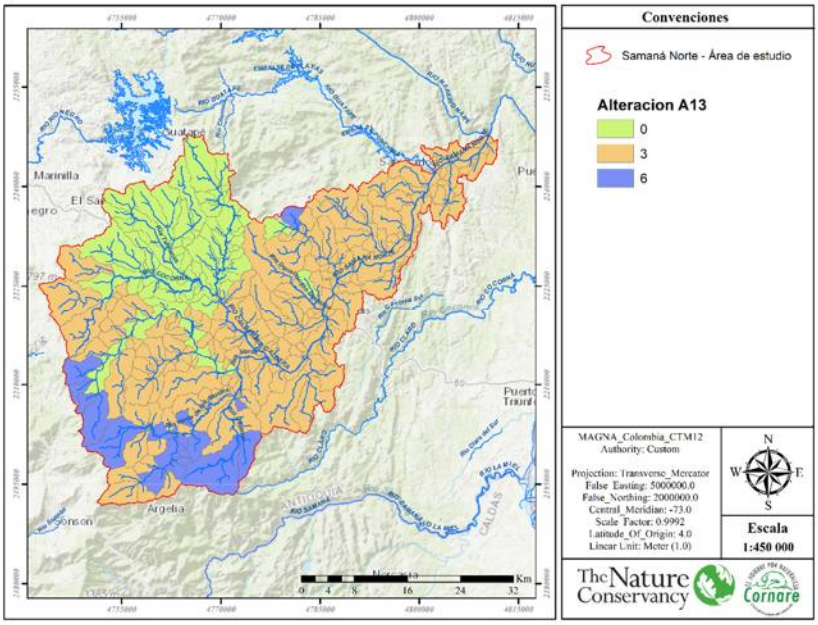


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

✓ *A13: Alteración de la calidad del agua*

La calificación del subindicador F13 se presenta en la Figura 385. Como se observa las unidades NSS-3 que componen el del río Tafetanes, Calderas, Cocorná y San Matías presentan un impacto muy bajo en la calidad del agua.

Figura 385. Calificación del subindicador A13 -Alteración potencial de la calidad del agua en los escenarios del 1 al 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

✓ *MQI*

En la Figura 386 se presenta la distribución espacial del indicador de calidad morfológica para los 8 escenarios de análisis considerados para la cuenca del río Samaná Norte. A nivel general, los resultados muestran que, las mayores alteraciones en calidad morfológica se presentan en la parte baja de la cuenca con un MQI muy pobre. Se observa que en estas zonas hay grandes alteraciones debido a las diversas obras hidráulicas como puentes vehiculares, la descarga del embalse San Carlos, alcantarillas y pontón. Otra de los sectores que presentan alteraciones son las unidades NSS-3 que configuran el río Calderas. Estas alteraciones se presentan en gran medida por los 6 proyectos hidroeléctricos que están en operación y por el proyecto que se encuentra en construcción. Asimismo, se observa que para la estimación del MQI en la cuenca del río Samaná Norte para el escenario 3, en donde se presentan alteraciones en la parte alta de la cuenca de los ríos Cocorná y Tafetanes debido a la presencia de los proyectos hidroeléctricos que se encuentra operación más el proyecto La Cascada en estado de construcción y algunos proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental y/o concesión de agua, generando alteraciones en las condiciones naturales de la cuenca. Asimismo, en los escenarios 3 al 8 persiste las alteraciones en la parte baja de la cuenca con un MQI muy pobre, dado que en esa zona hay grandes alteraciones debido a las diversas obras hidráulicas como puentes vehiculares, la descarga del embalse San Carlos y alcantarillas pontón y a su vez los

proyectos hidroeléctricos que cuentan con licencia ambiental como Porvenir II y Palagua que alteran las condiciones naturales de la cuenca.

A nivel comparativo, los resultados muestran que, el escenario 2 con respecto al escenario 1 presenta 17 de las 220 unidades NSS-3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) once (11) NSS-3 tienen una disminución inferior al 10% en el MQI; (ii) cuatro (4) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 10% al 20%; (iii) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 20% al 30% y (iv) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40% al 50% del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Q. Santa Barbara Parte Alta (2308-03-12-14), Q. Quebradón Parte Baja (2308-03-07-03), Río Samaná Norte (2308-03-05-01), Q. Sector Las Vetas (2308-03-05-04), Q. Norcasia (2308-03-07-06), Río Samaná Norte (2308-03-07-01) y Río Samaná Norte (2308-03-07-01).

Frente al escenario 3 se encontró que en 20 de las 220 unidades NSS-3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: i) diez (10) NSS-3 tienen una disminución inferior al 10% en el indicador; (ii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 10% al 20%; (iii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 20% al 30%; (iv) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 30% al 40% y (v) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40% al 50% del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en la Q. Santa Barbara Parte Alta (2308-03-12-14), Río Cocorná (2308-03-14-01), Río Santo Domingo (2308-03-16-01) y Río Samaná Norte (2308-03-05-01).

En el escenario 4 se generan disminuciones en el MQI en 21 de las 220 unidades NSS-3, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: i) diez (10) NSS-3 tienen una disminución inferior al 10% en el indicador; (ii) cuatro (4) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 10% al 20%; (iii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 20% al 30%; (iv) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 30% al 40% y (v) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40% al 50% del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en la Q. Santa Barbara Parte Alta (2308-03-12-14), Río Cocorná (2308-03-14-01), Río Dormilón Parte Alta (2308-03-06-06), Río Santo Domingo (2308-03-16-01), Río Samaná Norte (2308-03-05-01), Q. Quebradon Parte Baja (2308-03-07-03) y Río Samaná Norte (2308-03-05-01).

En el escenario 5 se generan disminuciones en el MQI en 28 de las 220 unidades NSS-3, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: i) once (11) NSS-3 tienen una disminución inferior al 10% en el MQI; (ii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 10% al 20%; (iii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 20 al 30 %; (iv) seis (6) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 30% al 40%; (v) tres (3) NSS-3- presentan disminución que oscila entre el 40% al 50% y (vi) dos (2) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 60% al 0% del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Río Dormilón Parte Alta (2308-03-06-06), Q. El Palmar Parte Baja (2308-03-12-05), Río Cocorná (2308-03-14-10), Q. Santa Barbara Parte Alta (2308-03-12-14), Q. La Miranda (2308-03-02-01), Río Cocorná (2308-03-14-01) y Q. La Tebaida (2308-03-08-01).

El escenario 6 indica que 36 de las 220 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: i) once (11) NSS-3 tienen una disminución inferior al 10% en el MQI; (ii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 10% al 20%; (iii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 20% al 30%; (iv) doce (12) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 30 % al 40 %; (v) cuatro (4) NSS-3 presentan disminución

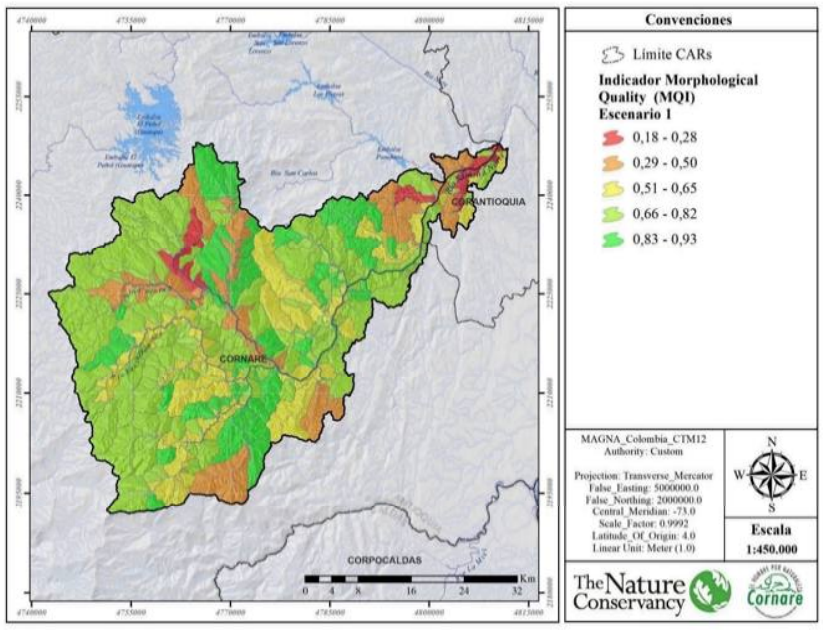
que oscila entre el 40% al 50% y (vi) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 60% al 70% del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Río Cocorná (2308-03-14-10), Río Dormilón Parte Alta (2308-03-06-06), Q. El Palmar Parte Baja (2308-03-12-05) y Río Cauza Parte Alta (2308-03-18-48).

En el escenario 7 se generan disminuciones en el MQI en 21 de las 220 unidades hidrográficas de nivel 3, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: i) diez (10) NSS-3 tienen una disminución inferior al 10 % en el MQI; (ii) cuatro (4) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 10% al 20 %; (iii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 20% al 30 %; (iv) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 30% al 40 % y (v) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40% al 50 % del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en la Q. Santa Barbara Parte Alta (2308-03-12-14), Río Cocorná (2308-03-14-01), Río Santo Domingo (2308-03-16-01) y Río Samaná Norte (2308-03-05-01).

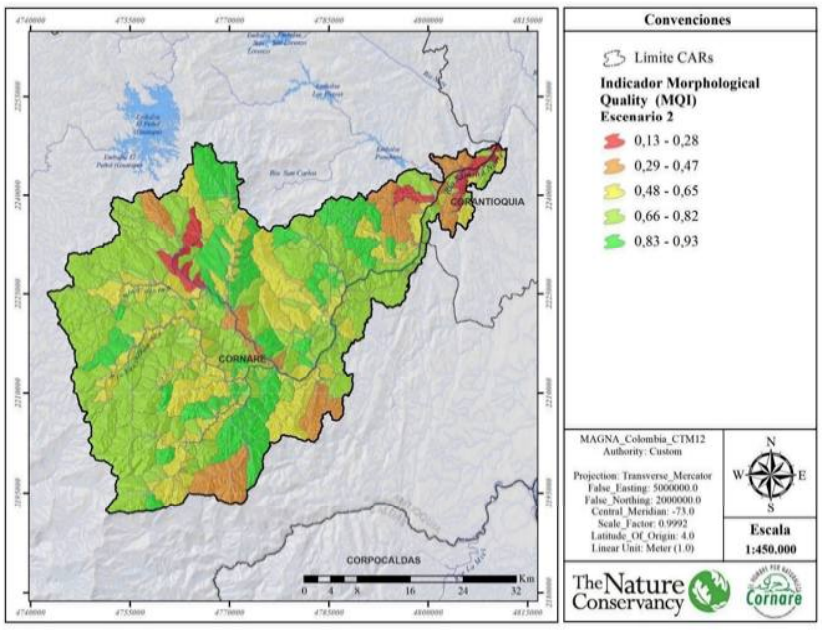
Finalmente en el escenario 8 se encontró que en 19 de las 220 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: i) diez (10) NSS-3 tienen una disminución inferior al 10 % en el MQI; (ii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 10% al 20 %; (iii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 20% al 30 %; (iv) dos (2) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 30% al 40 % y (v) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40% al 50 % del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en la Q. Santa Barbara Parte Alta (2308-03-12-14), Río Santo Domingo (2308-03-16-01), Río Samaná Norte (mi) (2308-03-05-01), Q. Quebradon Parte Baja (2308-03-07-03), Río Samaná Norte (2308-03-05-01), Río Samaná Norte (2308-03-01-01) y Q. Sector Las Vetas (2308-03-05-04).

Figura 386. Distribución espacial del MQI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

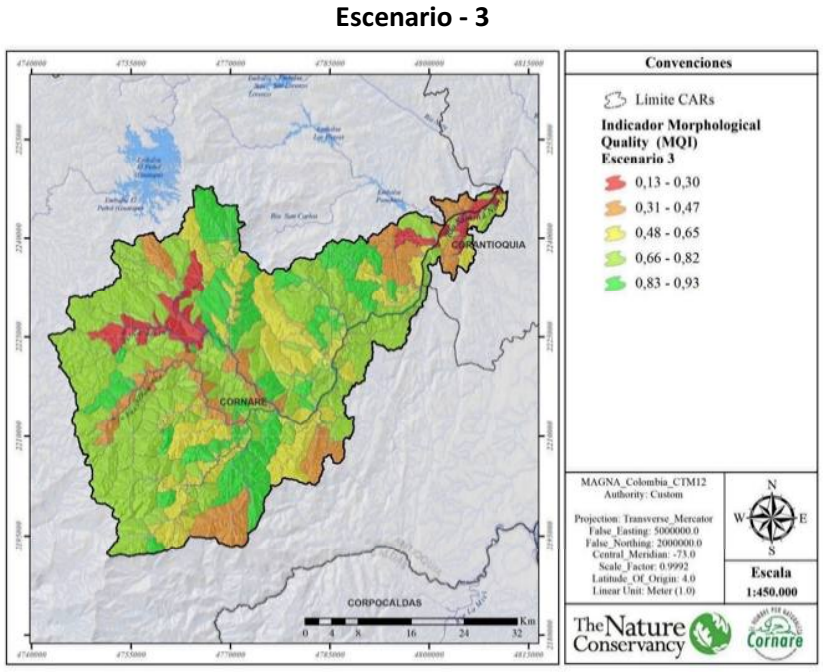
Escenario - 1



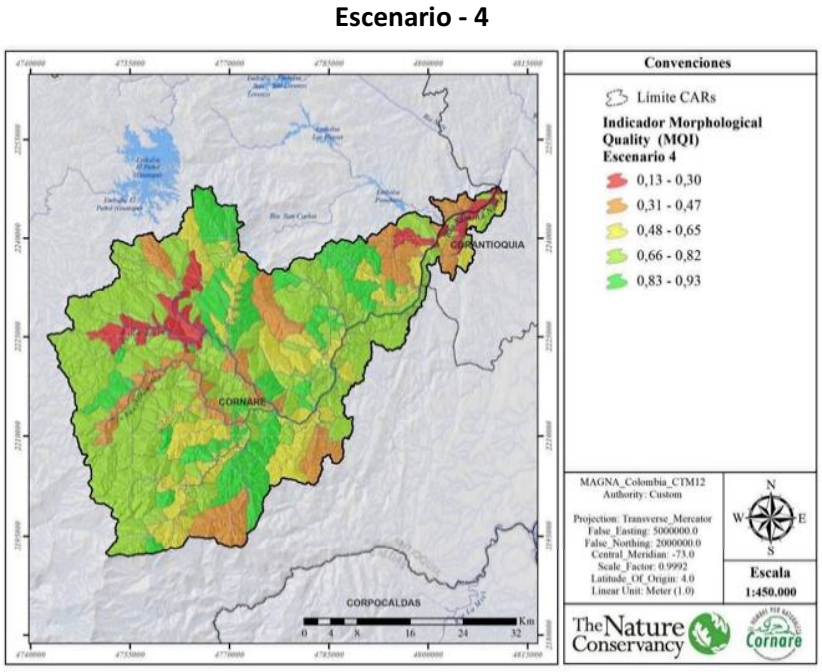
Escenario - 2



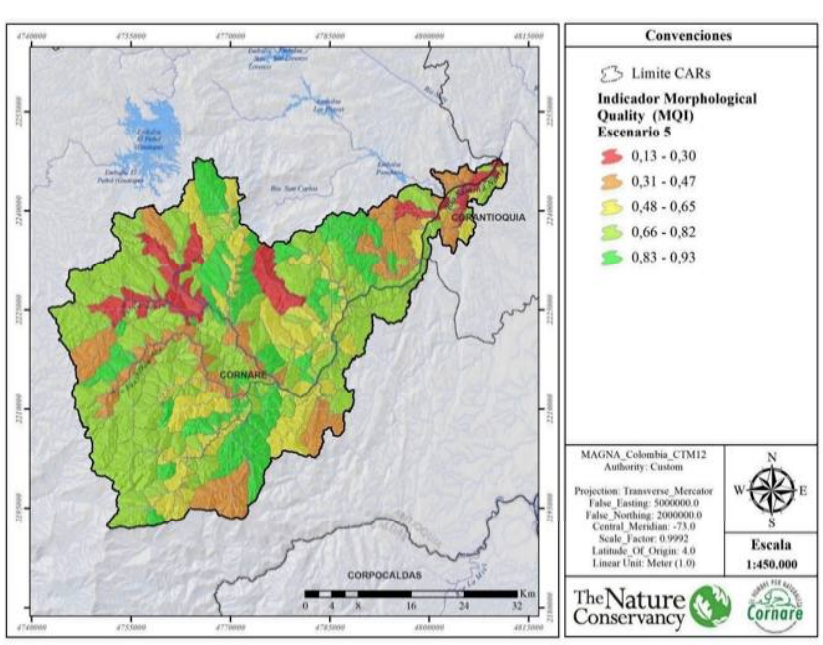
Escenario - 3



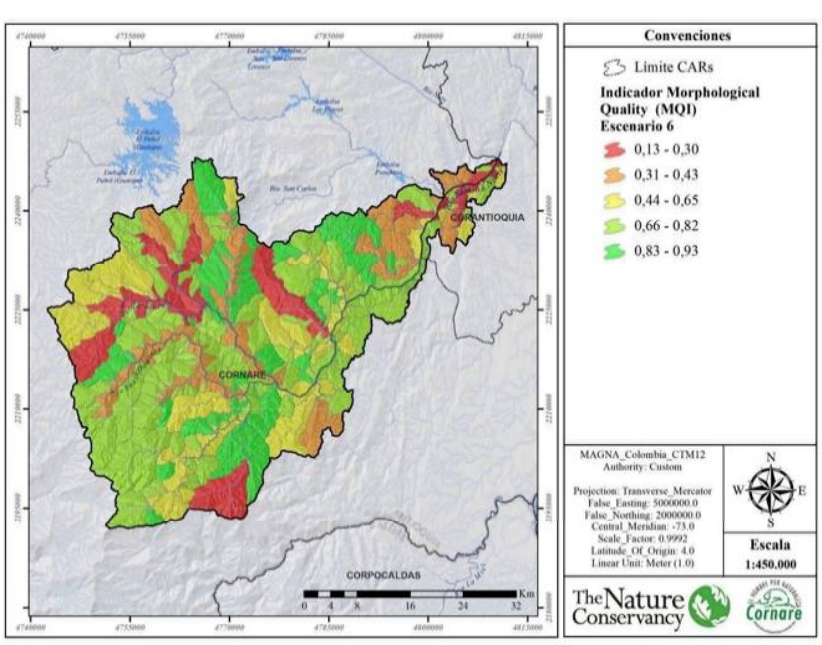
Escenario - 4



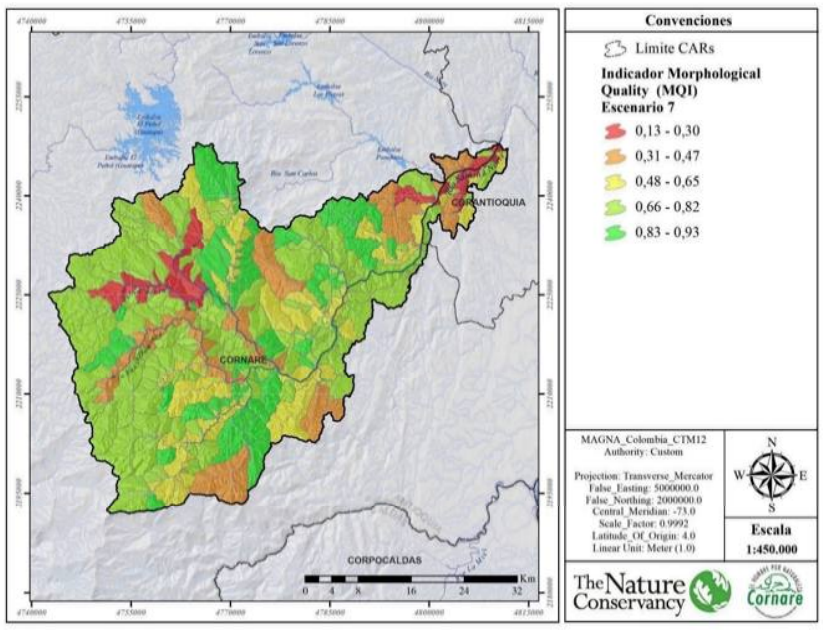
Escenario - 5



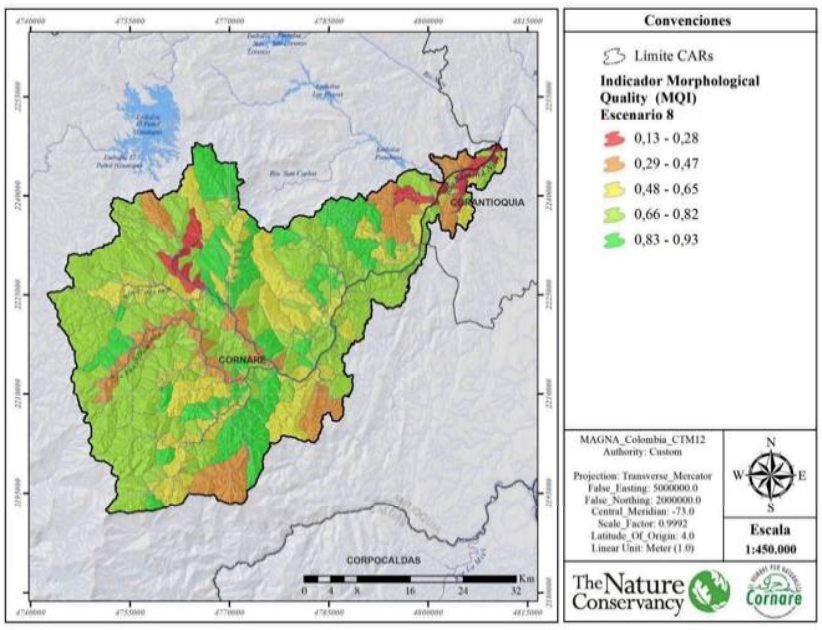
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8

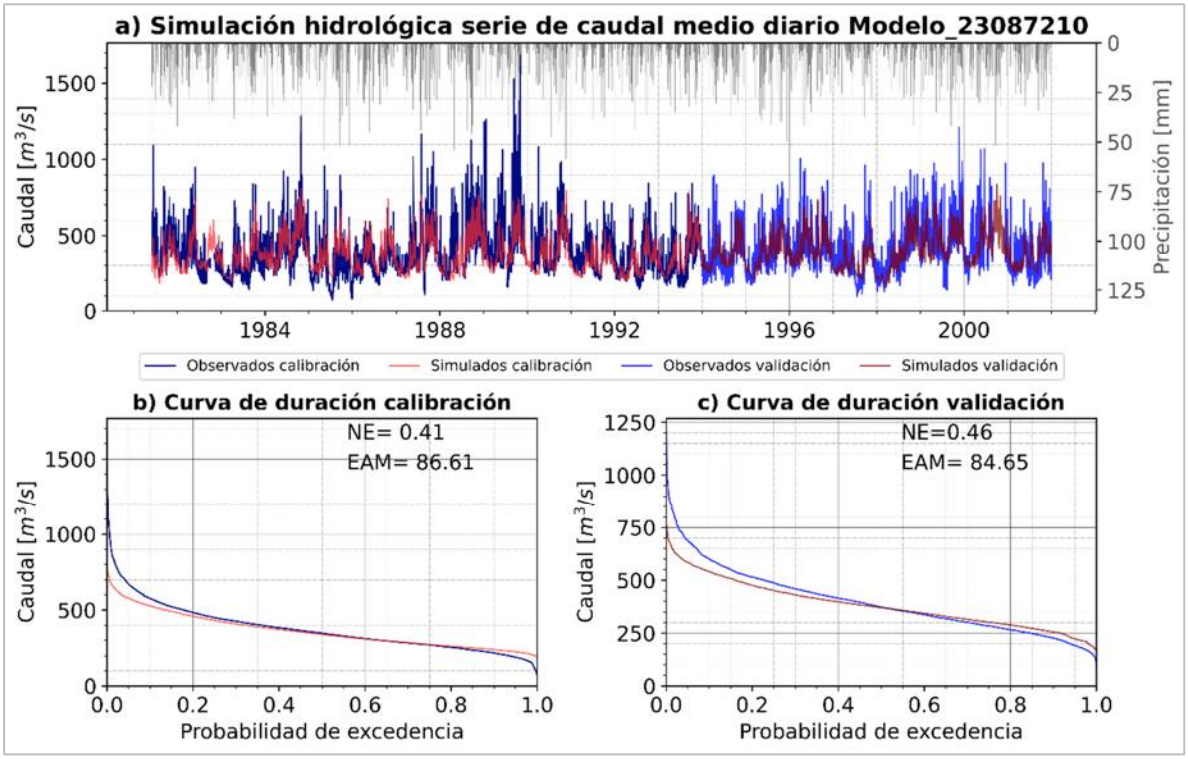


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.1.2 Indicador de ramping (HP1)

Como se mencionó en el numeral 14.4.1.2, para la estimación del HP1 fue necesario configurar un modelo hidrológico para generar los caudales en cada una de las unidades. En la Figura 387 se presenta la serie comparativa de caudales medios diarios observados y simulados para el río Samaná Norte (Estación CANTERAS - AUT [23087210] del IDEAM). Del proceso de calibración mediante el algoritmo de optimización SHG se obtuvo un coeficiente de Nash de 0,41 para el periodo 1981-1993, esto indica que el modelo es aceptable. En la Figura 387 a) se presenta la curva de duración de caudales para el periodo de calibración se puede evidenciar que para probabilidades de excedencia inferiores a 0,2 el modelo subestima los caudales. Sin embargo, el modelo representa de forma adecuada los caudales medios y mínimos.

Figura 387. Calibración del modelo hidrológico del Samaná Norte. a) Serie diaria observada (azul) y simulada (roja). b) Curva de duración de caudales periodo de calibración. c) Curva de duración de caudales periodo de validación



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Por otra parte, en la Figura 387 a) se presenta en azul y rojo más claros la serie de caudales medida y simulada para el río Samaná Norte para el periodo de validación, durante este periodo se obtuvo un coeficiente de Nash de 0,46 esto indica que el modelo es robusto ya que el cambio del coeficiente es despreciable. En la Figura 387 c) se presenta la curva de duración de caudales se puede evidenciar en este caso que para probabilidades de excedencia inferiores a 0,4 el modelo subestima los caudales.

Partiendo de esta información se estimó el HP1 para las unidades NSS-3 que configuran la cuenca del río Samaná Norte. En la Figura 388 se presenta los resultados del indicador HP1 bajo los 8

escenarios de análisis. A nivel general se observa el cambio de las fluctuaciones que sufren los caudales producto de proyectos hidroeléctricos en operación o que prospectivamente entran en operación. En los escenarios 5 al 8 se evidencia un incremento en la fluctuación de los caudales en 5 subcuencas NSS-3 con respecto al escenario anterior, sobre la Quebrada la Tebaida por la presencia de la PCH Cantabia, en el río San Miguel por la PCH San Miguel-Las Gaviotas y sobre la Quebrada El Palmar por la influencia de la PCH Guadualito.

En el escenario 1 se observa que 204 de las 220 subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte presenta valores cero (0) en el HP1, lo que indica que no hay fluctuaciones en los caudales por proyectos hidroeléctricos, sin embargo, en las subcuencas del área de influencia del río Samaná Norte en la parte baja y media presenta fluctuaciones en el caudal medio debido a la influencia de las PCH San Miguel y El Popal que se encuentran en operación y que asimismo genera alteraciones en el caudal sobre los ríos Calderas Parte Baja en un 0,16 y Cocorná en un 0,16 respectivamente.

Bajo una perspectiva comparativa entre el escenario 1, se observa que el escenario 2 se presenta un incremento en indicador en 3 subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte, lo que indica que existe un aumento en las fluctuaciones en los caudales por los proyectos hidroeléctricos El Molino y San Matías que se encuentran en operación sobre río Tafetanes y la PCH La Cascada en estado de construcción sobre la Quebrada Santa Bárbara Parte Alta. Se evidencia una acumulación en las alteraciones de los caudales de los ríos de la cuenca por la presencia de proyectos hidroeléctricos que a su vez impactan en las dinámicas hidrológicas, biológicas, acuáticas, en los servicios ecosistémicos y demás tanto del sistema fluvial como en el ecosistema.

En cuanto al escenario 3, se muestra una fluctuación de los caudales en 21 subcuencas NSS-3 por la influencia de 10 proyectos hidroeléctricos que suman los escenarios 1 y 2 más los proyectos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Se observa el impacto sobre el caudal sobre el río Santo Domingo precisamente por la PCH Santo Domingo y el incremento del indicador sobre el río Samaná Norte por la presión de las PCH Palagua y Porvenir 2 que generan impactos acumulativos sobre la alteración en el caudal medio, lo que puede generar estrés sobre los peces, en la cobertura riparia de los ríos y demás.

En el escenario 4, se presentan fluctuaciones en 23 de las 220 subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte debido a la influencia de la PCH Sabaletas I sobre el caudal del río Dormilón generando más presión por el ecosistema hídrico por un total de 12 proyectos hidroeléctricos.

En cuanto al escenario 6 en donde se tiene en cuenta 36 proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos; se presentan fluctuaciones en los caudales, además de los escenarios anteriores, en las subcuencas NSS-3 en los río Cauzal, río Verde, Quebrada La Calera por la PCH Río Melcocho, río San Lorenzo en donde influye la PCH La Cimarrona I, Quebrada La Hundida por la PCH La Hundida, Quebrada Chorrera por la presencia de la PCH El Viaho.

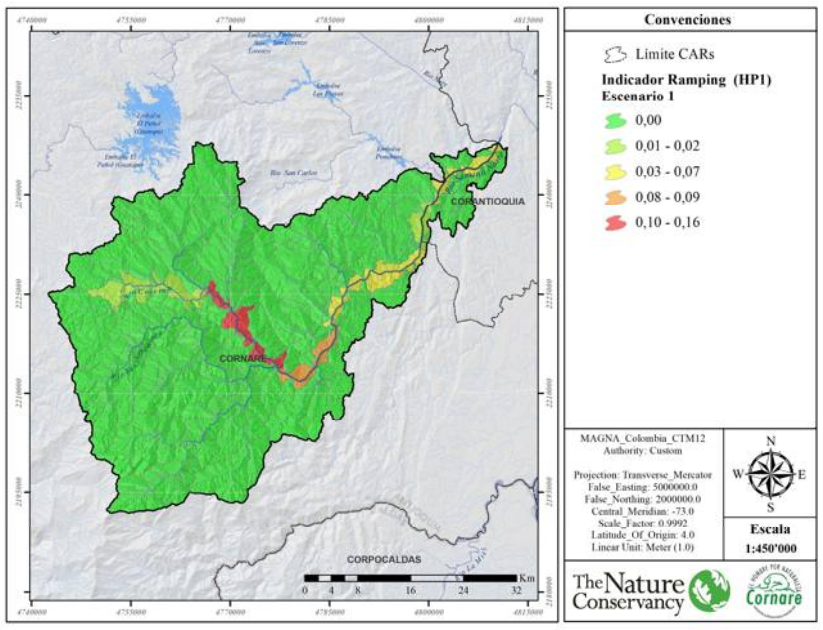
En escenario 7 con 13 proyectos hidroeléctricos al interior de la Cuenca del río Samaná Norte, se presentan fluctuaciones en los caudales significativas en 23 de las 220 subcuencas NSS-3 por la influencia de las PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías en operación, los proyectos en construcción PCH La Cascada, los proyectos con licencia ambiental PCH Granada,

Santo Domingo, Palagua y Porvenir 2; Cocorná III en trámite de licencia ambiental y Sabaletas I con DAA aprobado; sobre los ríos Santo Domingo, Calderas, río Verde, río Dormilón, río Cocorná, río Tafetanes, Quebrada Santa Bárbara y río Samaná Norte parte media y en mayor alteración sobre su caudal en la parte baja.

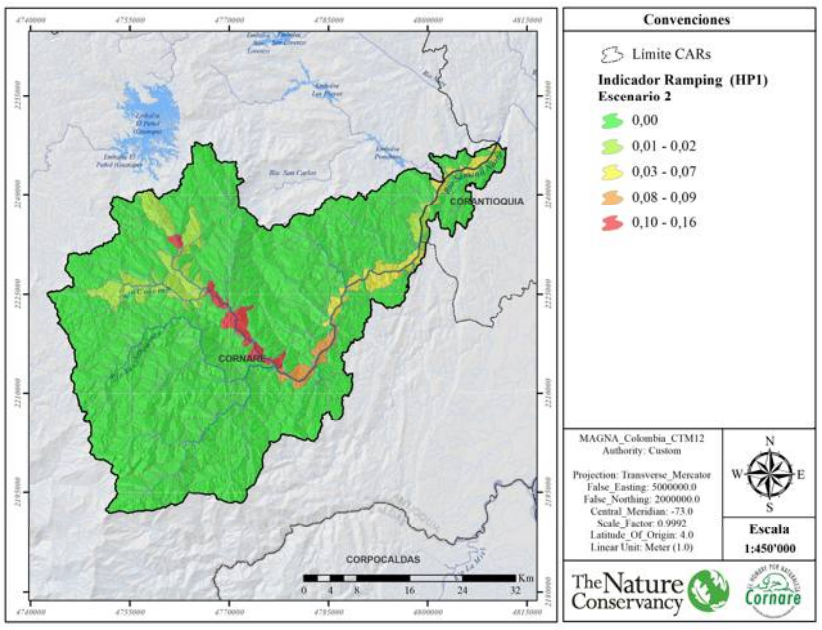
Con respecto al escenario 8 con las PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal, San Matías, La Cascada, Granada, Palagua, Porvenir 2, Santo Domingo y San Miguel, generan fluctuaciones sobre el caudal en 21 subcuencas NSS-3, específicamente sobre los ríos Santo Domingo, Calderas, río Verde, río Dormilón, río Cocorná, río Tafetanes, Quebrada Santa Bárbara y río Samaná Norte parte media y en mayor alteración sobre su caudal en la parte baja.

Figura 388. Distribución espacial del HP1 a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

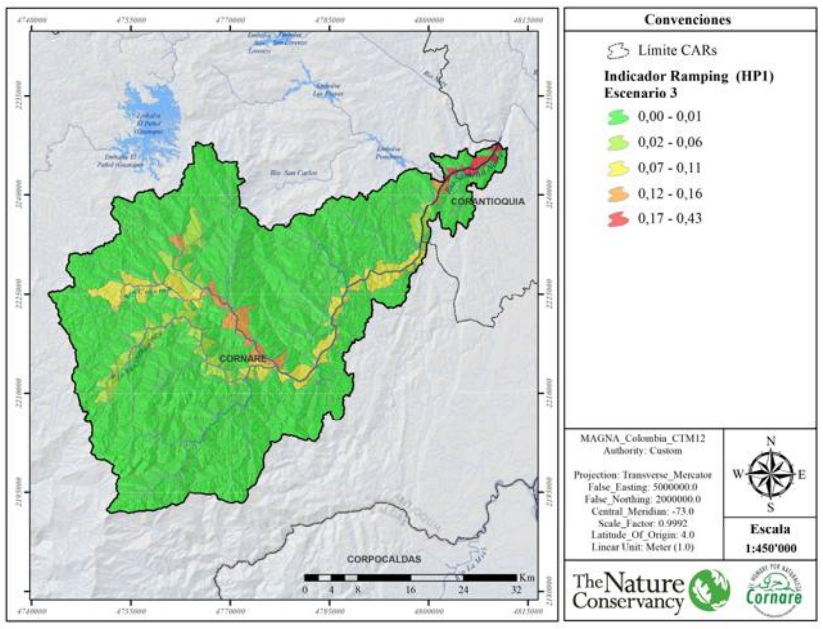
Escenario - 1



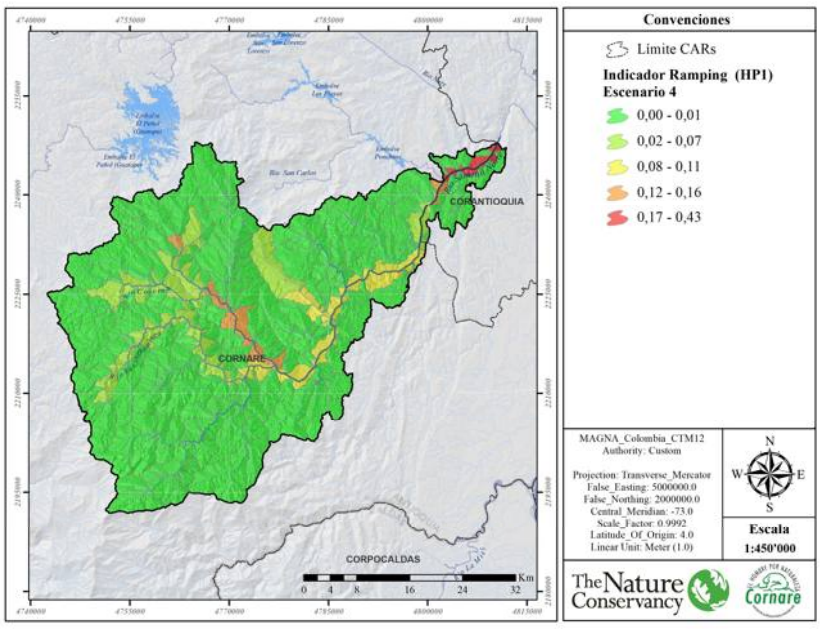
Escenario - 2



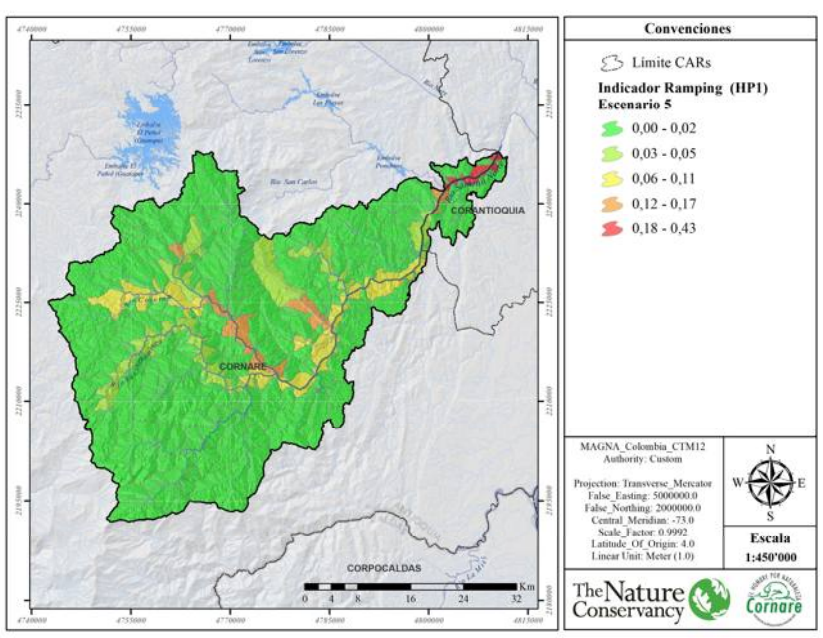
Escenario - 3



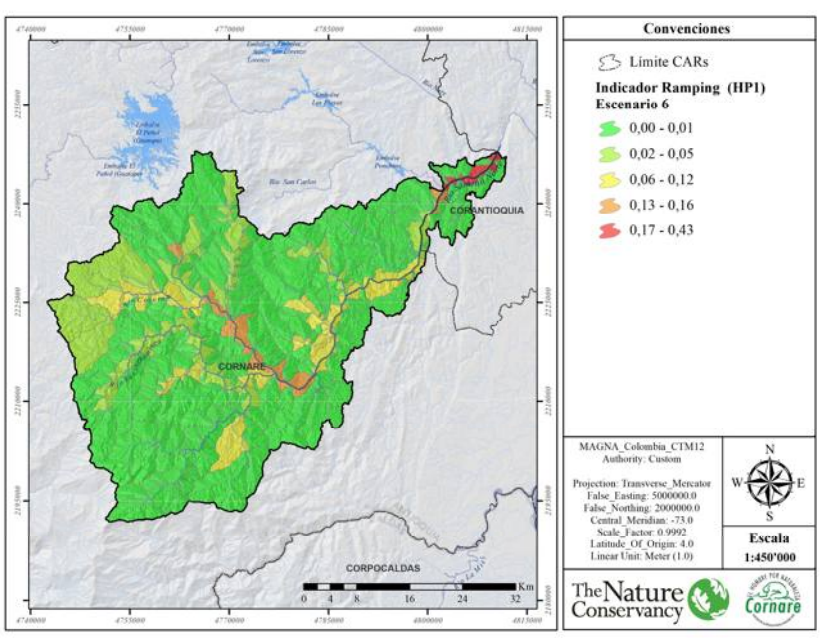
Escenario - 4



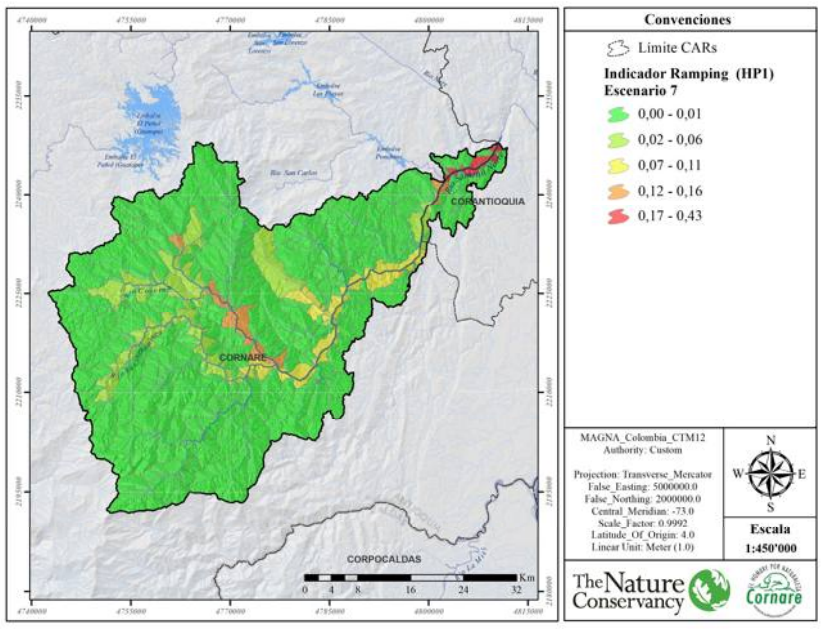
Escenario - 5



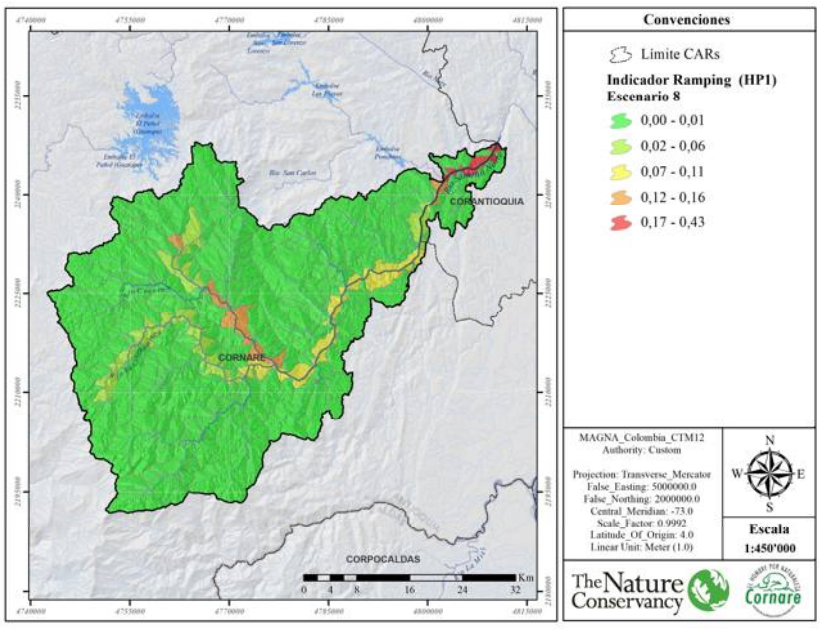
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.1.3 Indicador de grado de regulación (DOR)

En la Figura 389 se presenta los resultados del indicador DOR para los 8 escenarios de análisis considerados. En el escenario 1, se observa alteraciones en la capacidad de variabilidad de los caudales naturales en el tramo de captación y descarga sobre los ríos Calderas por la influencia de las PCH Calderas y San Miguel; río Cocorná por la PCH El Popal, en las subcuencas del área de influencia del río Tafetanes por la presencia de las PCH El Molino y San Matías, sobre la quebrada el Chuscal por la PCH Tafetanes, que en sinergia generan afectaciones sobre el río Samaná Norte en la parte media y baja. Se evidencia que las subcuencas del área de influencia del río Tafetanes y río Calderas presentan valores de 34,5 y 36, 3 en el DOR.

En el escenario 2, que entra el proyecto hidroeléctrico La Cascada en estado de construcción genera alteraciones sobre la capacidad de variabilidad del caudal natural de la Quebrada Santa Bárbara Parte Alta, lo que suma al escenario 1 en la presión sobre el recurso hídrico y los servicios ecosistémicos de la cuenca.

En cuanto al escenario 3, se evidencia un impacto sobre la capacidad de variabilidad de los caudales naturales en el tramo de captación y descarga en 21 subcuencas NSS-3 por la influencia de 10 proyectos hidroeléctricos que suman los escenarios 1 y 2 más los proyectos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Se observa el incremento del indicador sobre el río Santo Domingo precisamente por la PCH Santo Domingo, en el río Cocorná ya que se concentran las PCH El Popal y Cocorná I, asimismo sobre el río Tafetanes por las PCH El Molino, San Matías y Granda; el incremento del indicador sobre el río Samaná Norte por la presión de las PCH Palagua y Porvenir 2 que generan impactos acumulativos sobre la alteración de la capacidad de variabilidad del caudal natural y sus procesos biológicos.

En el escenario 4, se presentan fluctuaciones en 22 de las 220 subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte debido a la influencia de la PCH Sabaletas I sobre en el DOR en un 38% aproximadamente del río Dormilón generando más presión por el ecosistema hídrico por un total de 12 proyectos hidroeléctricos en la cuenca.

En el escenario 5, se presenta valores de DOR entre 0% a 41% en 29 subcuencas NSS-3. Sobre el río Tafetanes con un valor de 40,6 % en el DOR por la influencia de los proyectos hidroeléctricos El Molino, San Matías y Granada generando afectaciones sobre la capacidad del río en la variabilidad del caudal natural; DOR del 36,5% en la Quebrada la Tebaida por la PCH Cantabia; DOR del 32,8% sobre el río Cocorná por la acumulación de las PCH El Popal, Cocorná I, Cocorná III, Pantágoras y río Cocorná.

En cuanto al escenario 6 en donde se tiene en cuenta 36 proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos; se presentan alteraciones sobre la capacidad de variabilidad del caudal natural en el tramo de captación y descarga, además de los escenarios anteriores, en las subcuencas NSS-3 en los río Cauzal, río Verde, Quebrada La Calera por la PCH Río Melcocho, río San Lorenzo en donde influye la PCH La Cimarrona I, Quebrada La Hundida por la PCH La Hundida, Quebrada Chorrera por la presencia de la PCH El Viaho y río Samaná Norte parte media y en mayor alteración

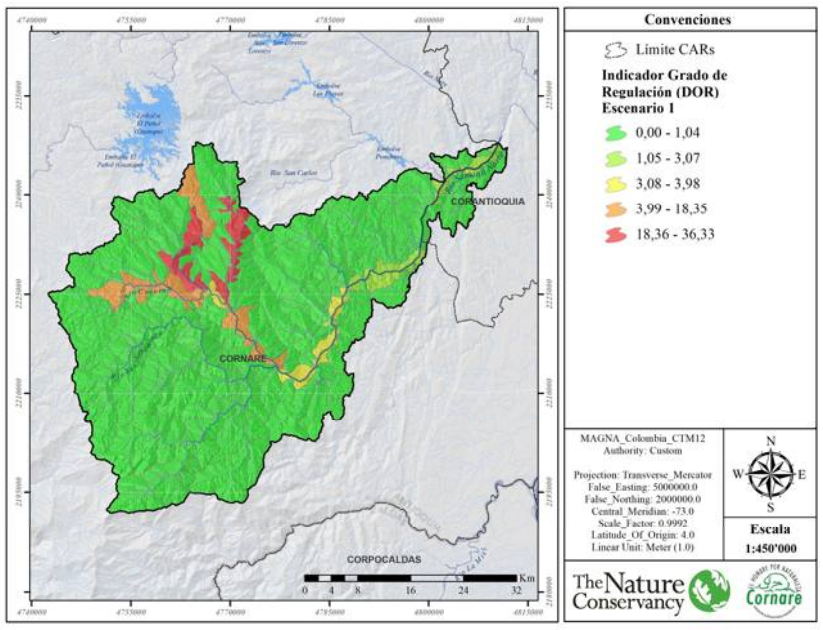
sobre su regulación hídrica en la parte baja; asimismo, un DOR del 42% en el río Calderas por la presión de las PCH Calderas y WE Energía Limpia.

En escenario 7 con 13 proyectos hidroeléctricos al interior de la Cuenca del río Samaná Norte, se presentan valores del DOR entre 0% a 41% en 22 de las 220 subcuencas NSS-3 por la influencia de las PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías en operación, los proyectos en construcción PCH La Cascada, los proyectos con licencia ambiental PCH Granada, Santo Domingo, Palagua y Porvenir 2; Cocorná III en trámite de licencia ambiental y Sabaletas I con DAA aprobado; sobre los ríos Santo Domingo, Calderas, río Verde, río Dormilón, río Cocorná, río Tafetanes, Quebrada Santa Bárbara y río Samaná Norte parte media y en mayor alteración sobre la regulación hídrica en la parte baja.

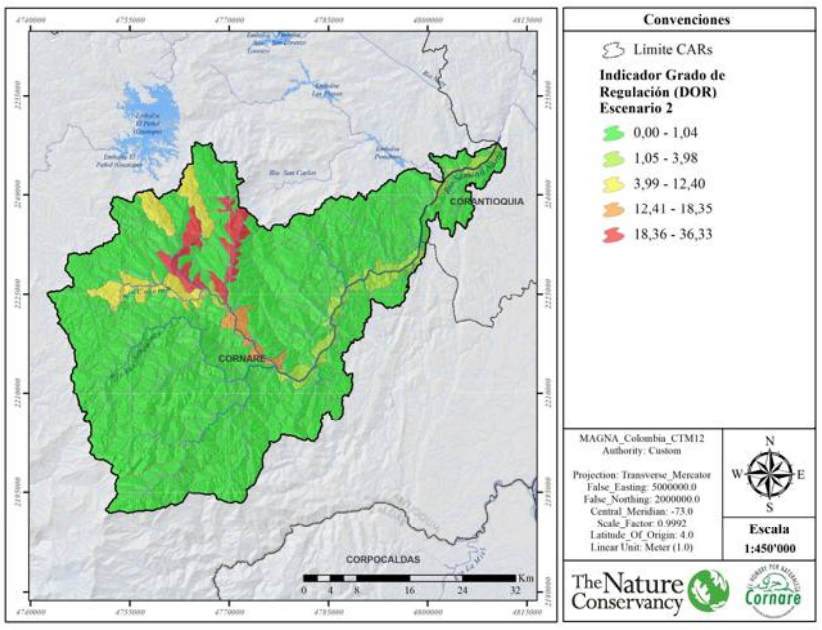
Con respecto al escenario 8 con las PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal, San Matías, La Cascada, Granada, Palagua, Porvenir 2, Santo Domingo y San Miguel, generan alteraciones sobre la capacidad de variabilidad en el caudal natural en 21 subcuencas NSS-3, específicamente sobre los ríos Santo Domingo, Calderas, río Verde, río Dormilón, río Cocorná, río Tafetanes, Quebrada Santa Bárbara y río Samaná Norte parte media y baja.

Figura 389. Distribución espacial del DOR a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

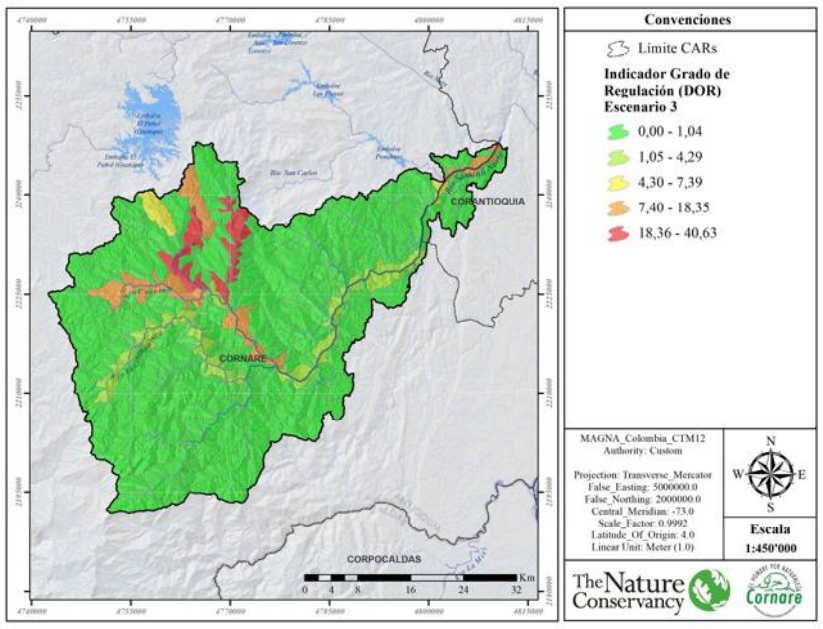
Escenario - 1



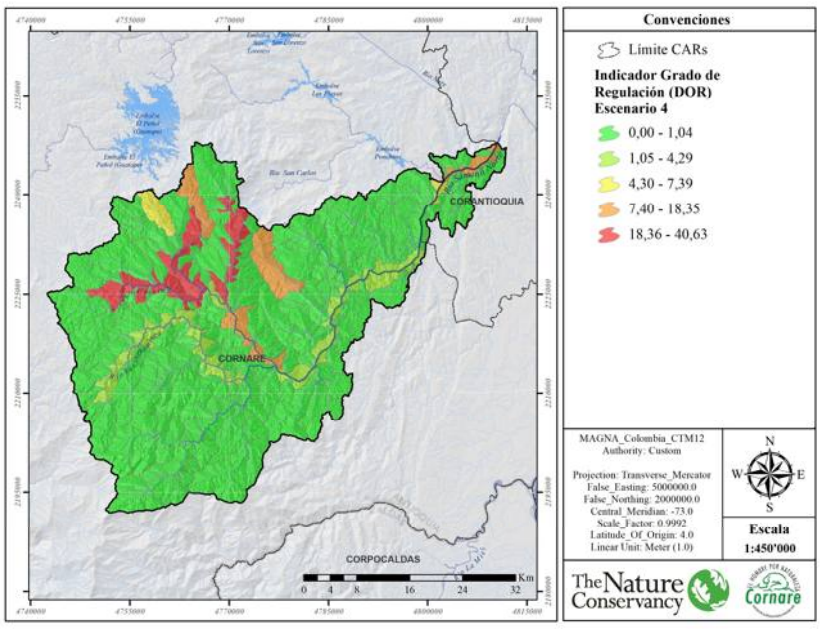
Escenario - 2



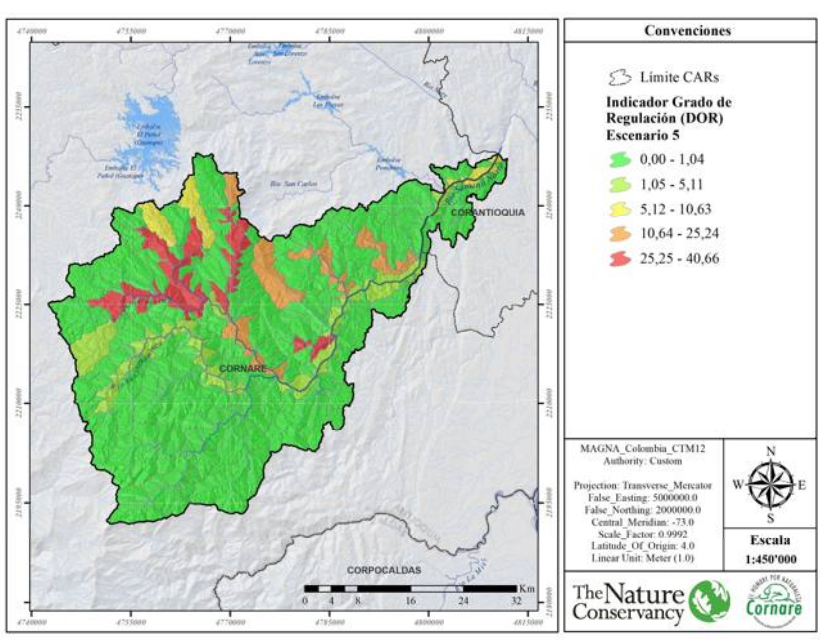
Escenario - 3



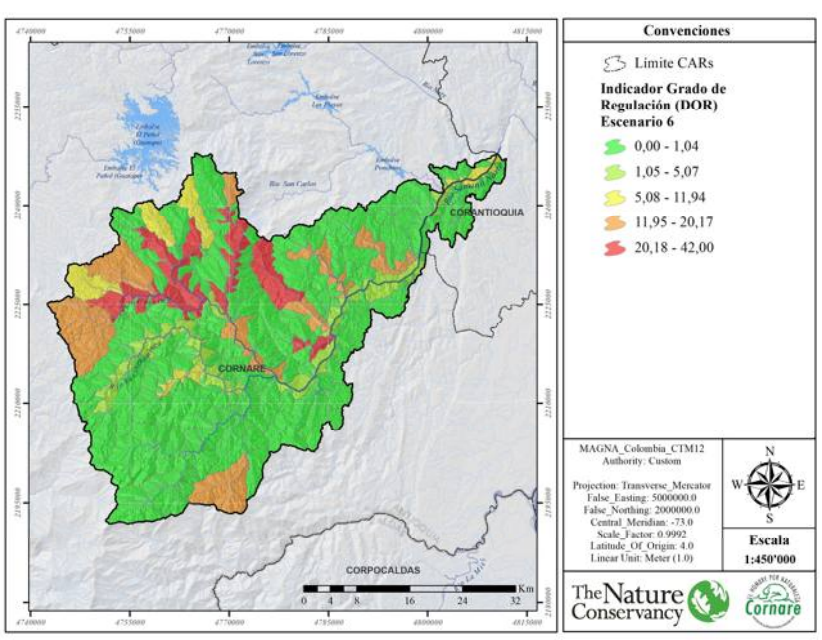
Escenario - 4



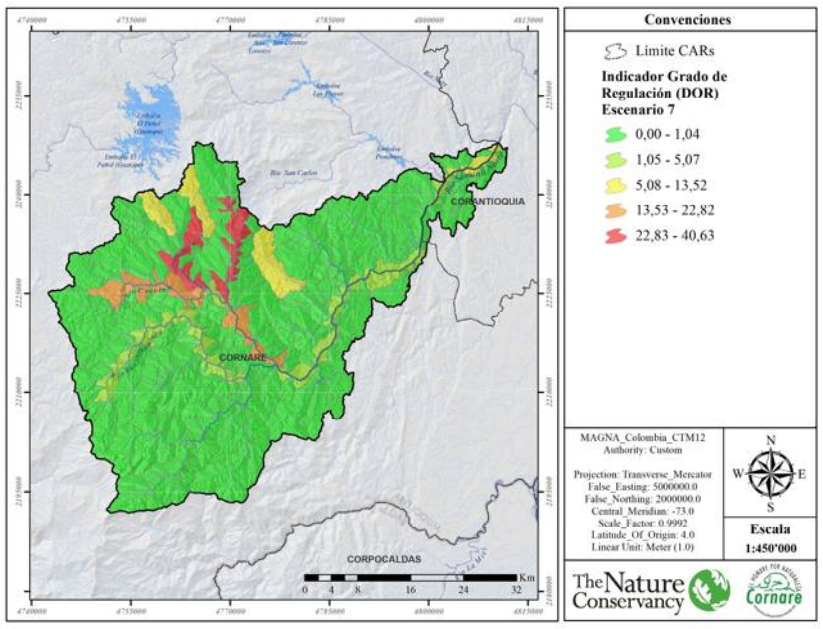
Escenario - 5



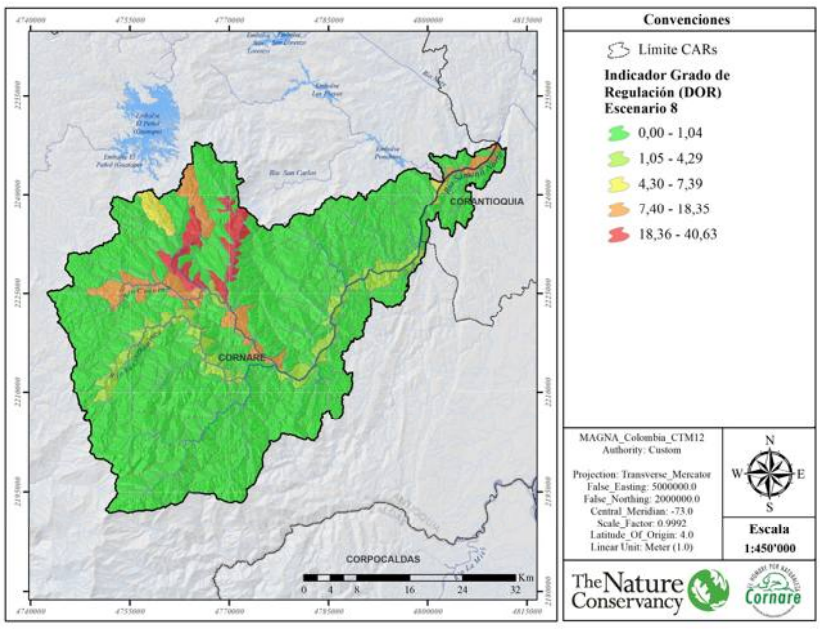
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.1.4 Indicador de alteración de sedimentos (SAI)

En la Figura 391 se presenta la evaluación del indicador de alteración de sedimentos en los 8 escenarios de análisis. De acuerdo con lo observado en campo, el modo de operación de los sedimentos en las PCHs, permite que no se generan una alteración en el balance de sedimento a largo plazo, esto debido a que los tanques de sedimentación son limpiados de manera regular en un corto periodo de tiempo y los sedimentos retenidos son incorporados nuevamente al río. Sin embargo, la extracción de agua y la retención parcial de sedimentos, hace que localmente se generen procesos de erosión de bancas y sedimentación en el cauce principal del río. Estudios como el realizado por Gotta (2018) para las centrales hidroeléctricas El Popal, San Miguel y El Molino evidenciaron afectaciones en el cauce en términos de socavación de laderas, cambios morfológicos relacionados con la acumulación de depósitos a las márgenes de los ríos y modificaciones en la dinámica de sedimentos durante épocas de estiaje por retención de carga sólida (Ver Figura 390). Es importante señalar que la totalidad de la magnitud de estas afectaciones no se puede atribuir de manera directa a los proyectos, dado que estos coexisten con zonas de explotación minera informal que realizan las comunidades aledañas, las cuales también propician este tipo de afectaciones (Gotta, 2018).

Figura 390. Afectaciones en el cauce en sitios con presencia de proyectos hidroeléctricos A) depósitos de arena en la margen izquierda del río Cocorná aguas arriba del proyecto El Popal, B) socavación de laderas en el río Caldera aguas arriba del proyecto San Miguel y C) retención de sedimentos del río San Matías en la zona de pondaje en el proyecto El Molino.



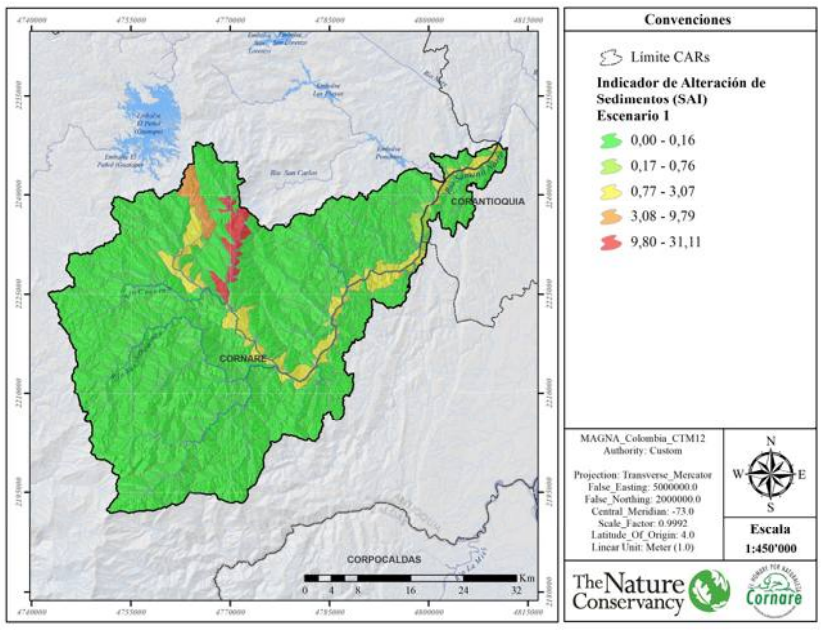
Fuente: Gotta (2018) tomado de TNC (2019)

Bajo este contexto, en el escenario 1 y 2, las alteraciones acumulativas de los sedimentos están dadas por el trasvase de Tafetanes y la captación de la PCH Calderas. En cuanto al escenario 3 al 8, se suman las alteraciones por la presencia de las PCH Porvenir 2 y la PCH Palagua, las cuales si generan una retención directa de los sedimentos y si alteran el balance a largo plazo. Es de resaltar que los embalses de estos 2 proyectos funcionan como trampas de sedimentos a largo plazo. Esto ocasiona alteraciones en los procesos biológicos del sistema fluvial ya que transportan nutrientes, minerales, entre otros componentes; en especial aguas abajo, que salen de un embalse en donde no tienen carga de sedimentos, y pueden arrastrar con mucha más energía y efectividad los sedimentos del lecho de ríos (Kondolf & Matthews, 1991; Schmidt & Wilcock, 2008). De acuerdo con Cowart et al. (2015), uno de los principales efectos sobre la morfología del río es la erosión vertical del lecho, que se denomina incisión del río en donde también aumenta el acorazamiento del lecho, haciendo que los sedimentos superficiales del lecho sean más gruesos, lo que tiene

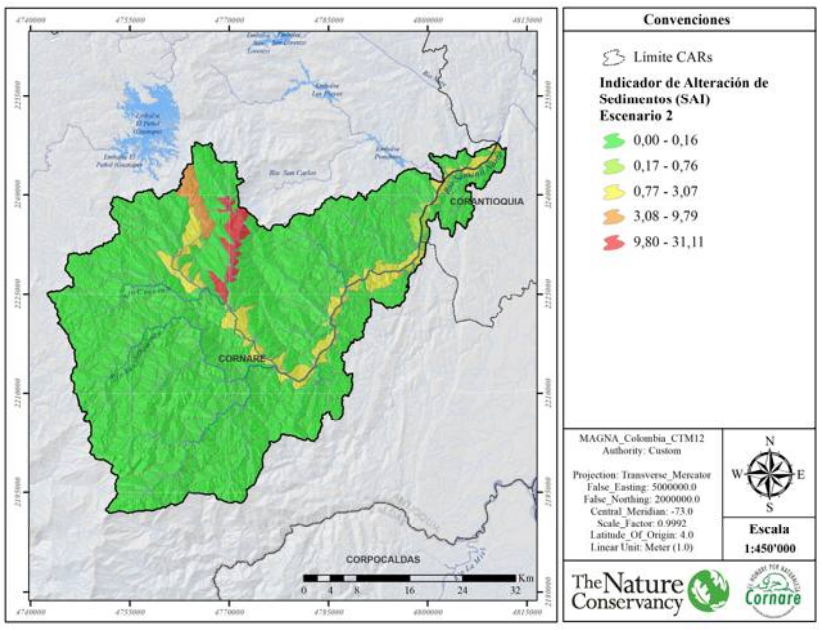
influencia en los hábitats de macroinvertebrados y peces. Asimismo, se ha observado efectos sobre las áreas costeras que reciben suministro de sedimentos de los ríos, los cuales son especialmente vulnerables a los impactos de la reducción de sedimentos, especialmente en la desaparición de playas debido a la falta de suministro de sedimentos (Gaillot & Piégay, 1999).

Figura 391. Distribución espacial del SAI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

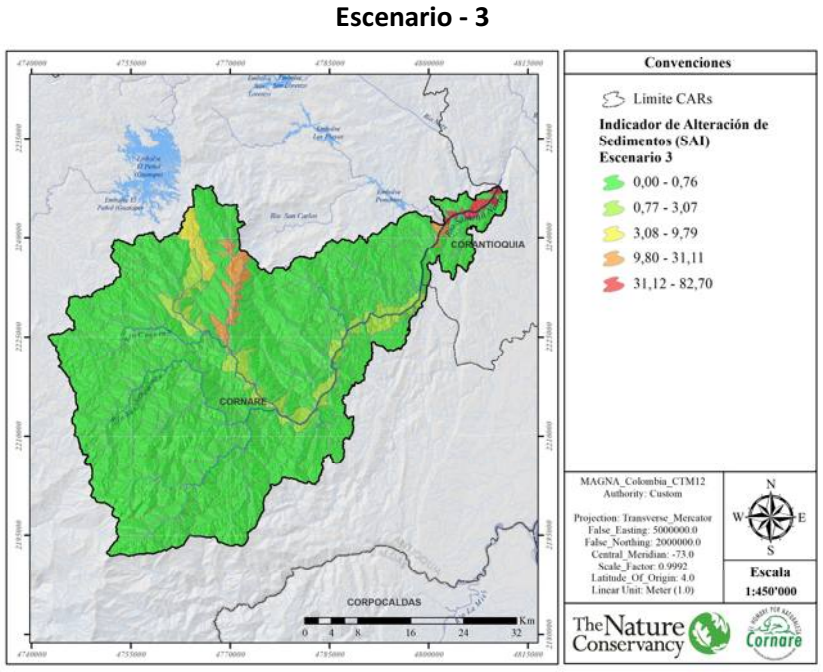
Escenario - 1



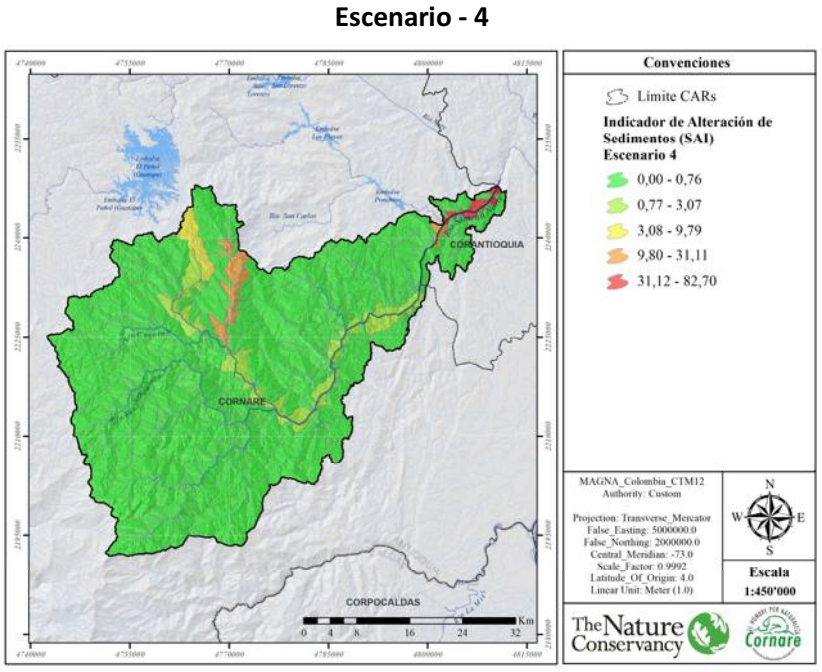
Escenario - 2



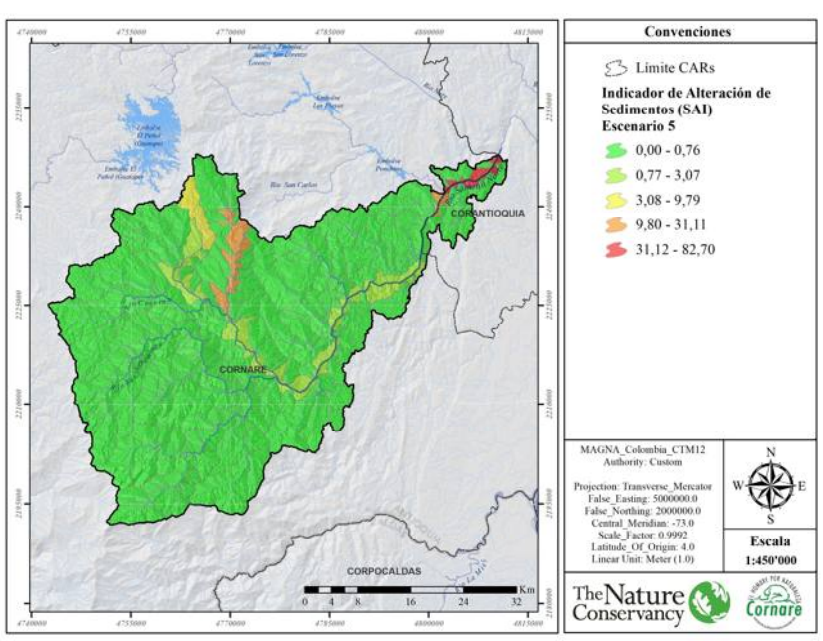
Escenario - 3



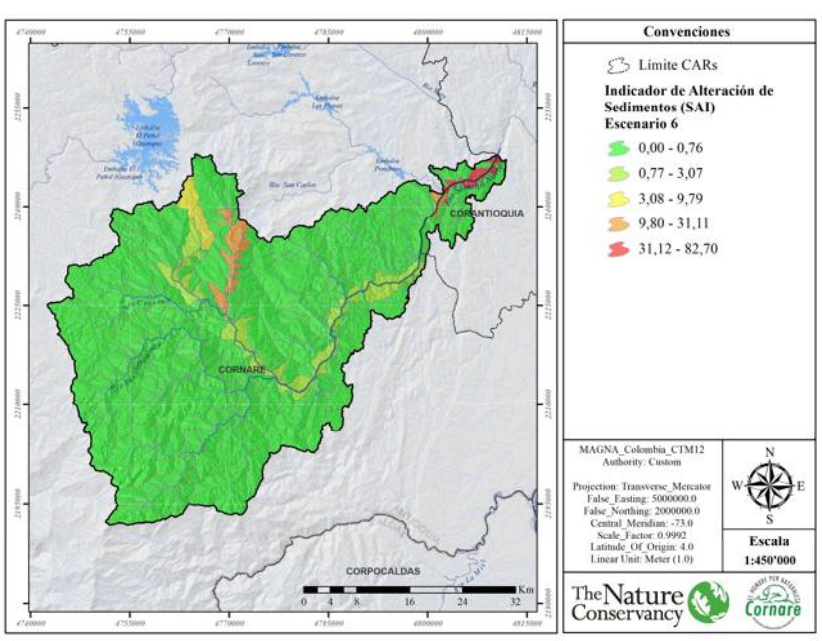
Escenario - 4



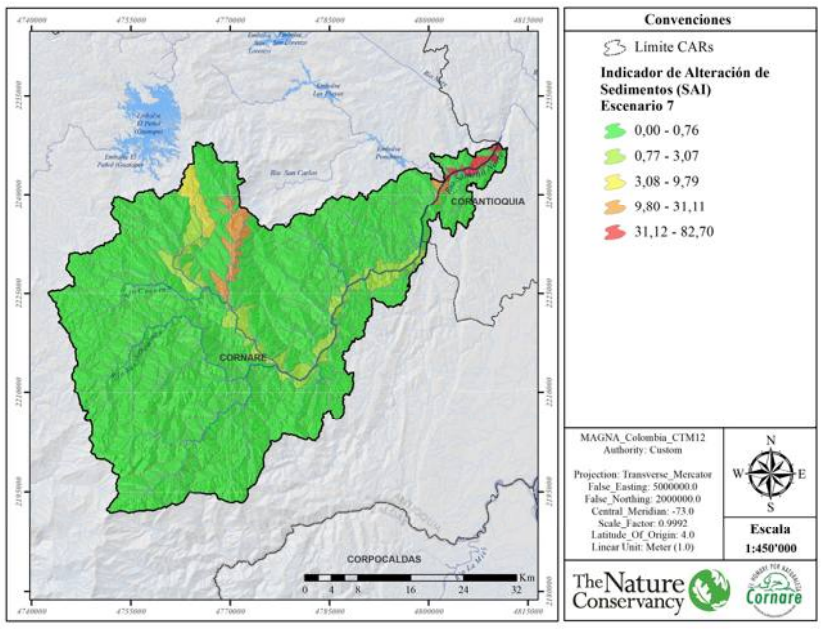
Escenario - 5



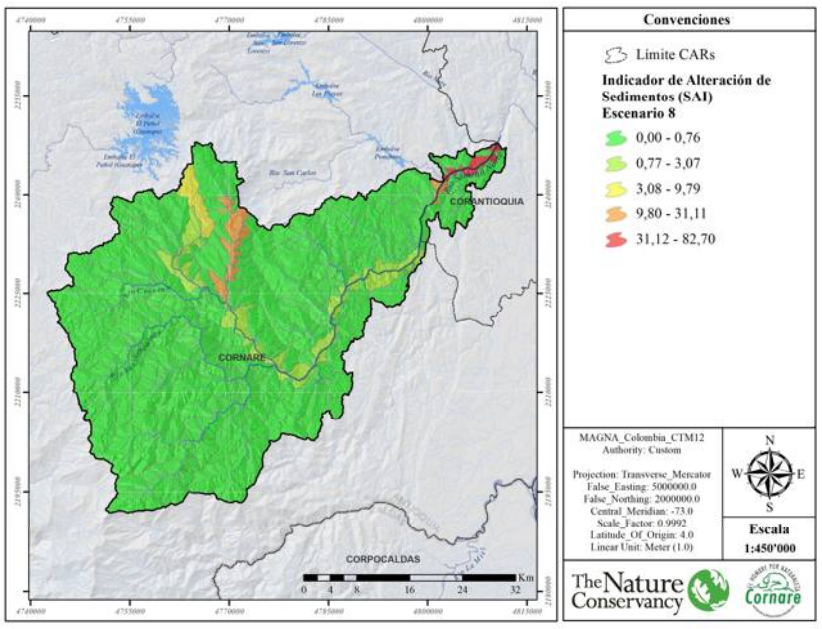
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

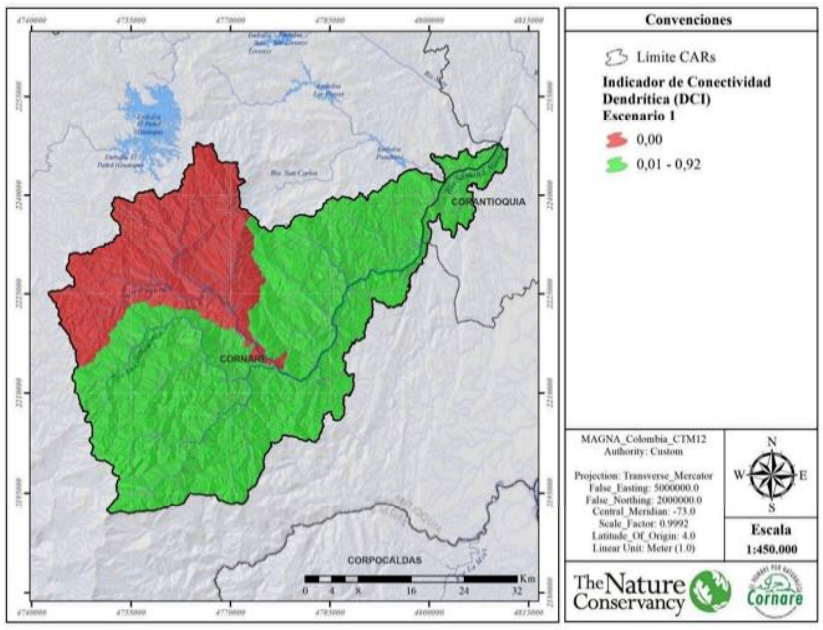
16.4.1.5 Indicador de conectividad dendrítica (DCI)

En la Figura 392 se presentan los resultados para los 8 escenarios del indicador de conectividad dendrítica en las unidades NSS-3 que configuran la cuenca del río Samaná Norte. A nivel general, los resultados muestran que el indicador de conectividad dendrítica se modifica drásticamente a partir del escenario 3 en comparación con el escenario 1. Los cambios que se presentan según los escenarios son los siguientes: (i) en el escenario 2 se mantiene constante el número de NSS-3 que se encuentra desconectadas cincuenta y uno (51) del río Magdalena y (ii) para los escenarios 3 al 8 se genera una desconexión de 213 NSS-3 debido al emplazamiento del proyecto Palagua, esta barrera desconecta la red de drenaje del río Samaná Norte y el río Magdalena dejando únicamente un 3 por ciento de la red de drenaje conectada el río Magdalena.

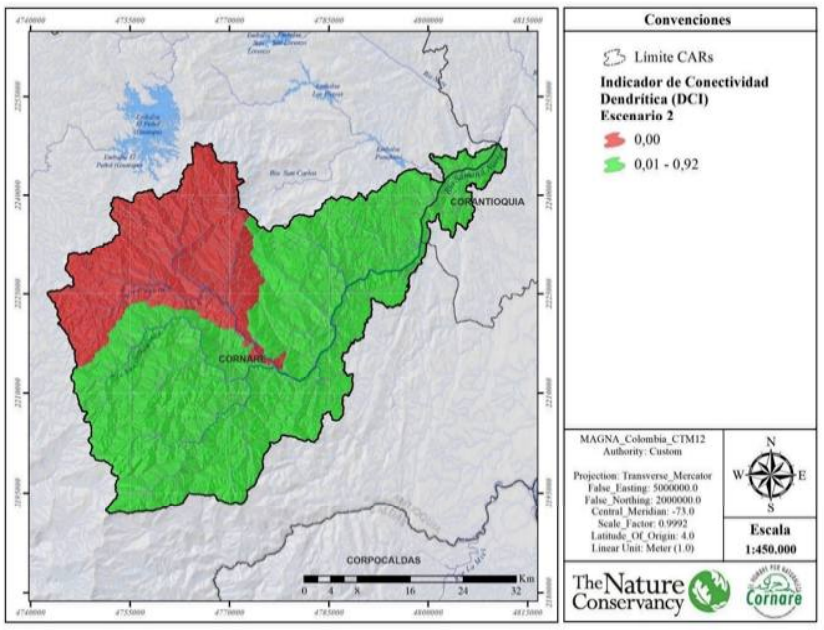
Una de las implicaciones para la evaluación del indicador de conectividad dendrítica, que de acuerdo con los resultados a partir del escenario 3 genera una desconexión en el punto de ubicación de la PCH Porvenir 2 y Palagua, es entender las alteraciones en la conectividad fluvial, las cuales interfieren con la capacidad de la biota acuática para absorber y adaptarse a las alteraciones de las presas, así como a otros factores de estrés inducidos por los cambios en condiciones ambientales, como el cambio climático. Por lo tanto, los ríos están cada vez más sujetos a múltiples factores estresantes que podrían resultar en una pérdida de capacidad de resiliencia (Habit et al., 2019), y a una escala temporal evolutiva de largo plazo, la pérdida de especies migratorias y endémicas, con preferencias de hábitat específicas (Hall et al., 2011).

Figura 392. Distribución espacial del DCI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

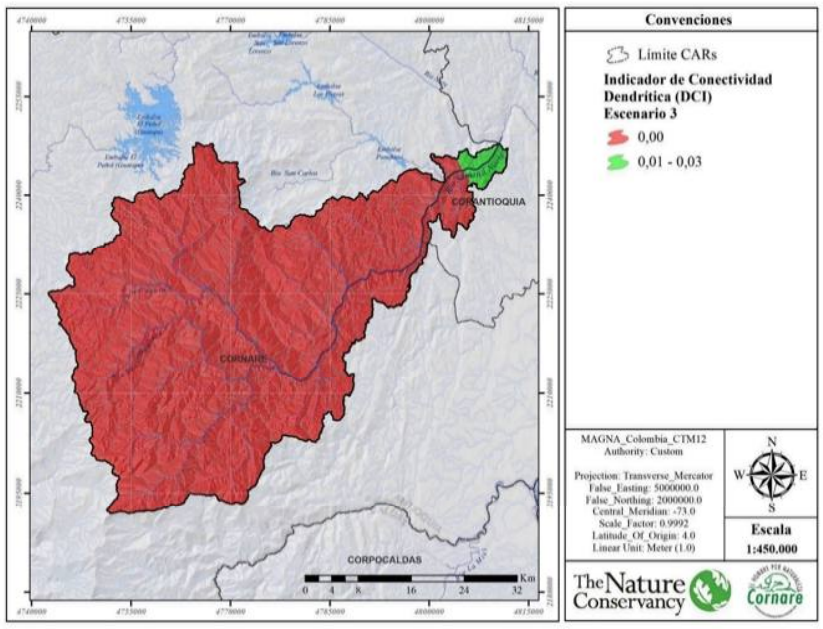
Escenario - 1



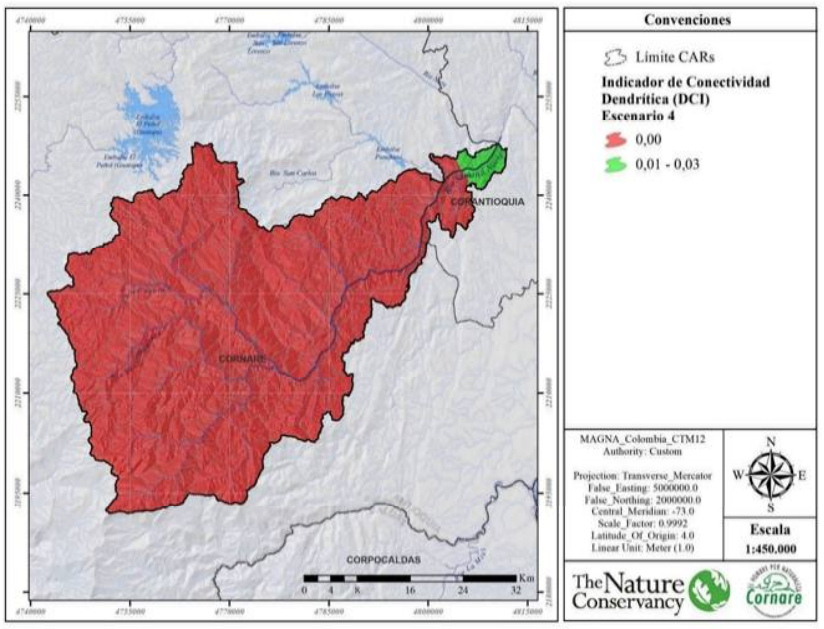
Escenario - 2



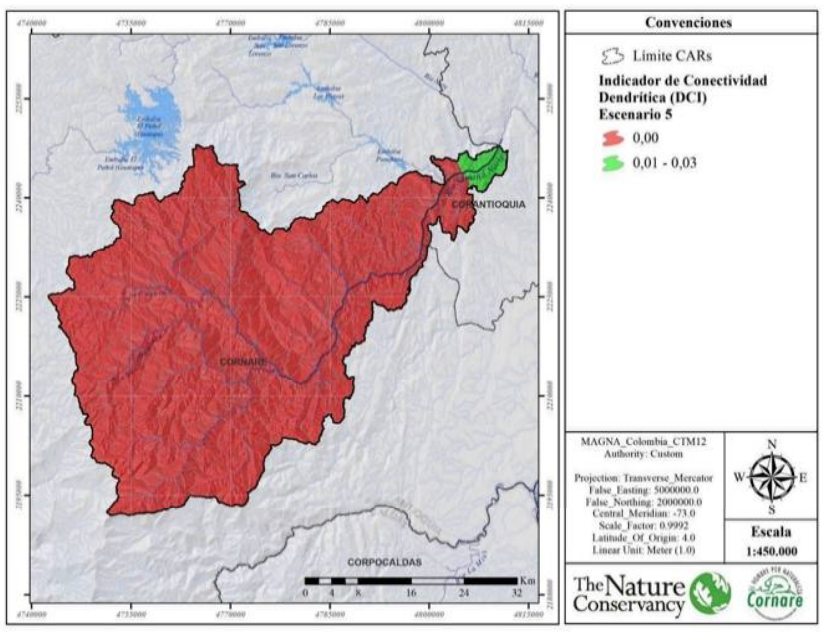
Escenario - 3



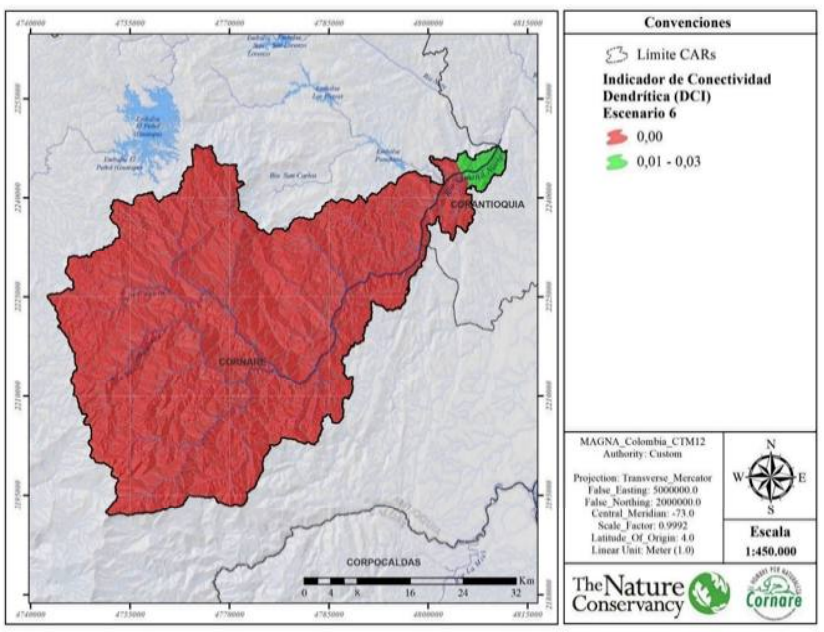
Escenario - 4



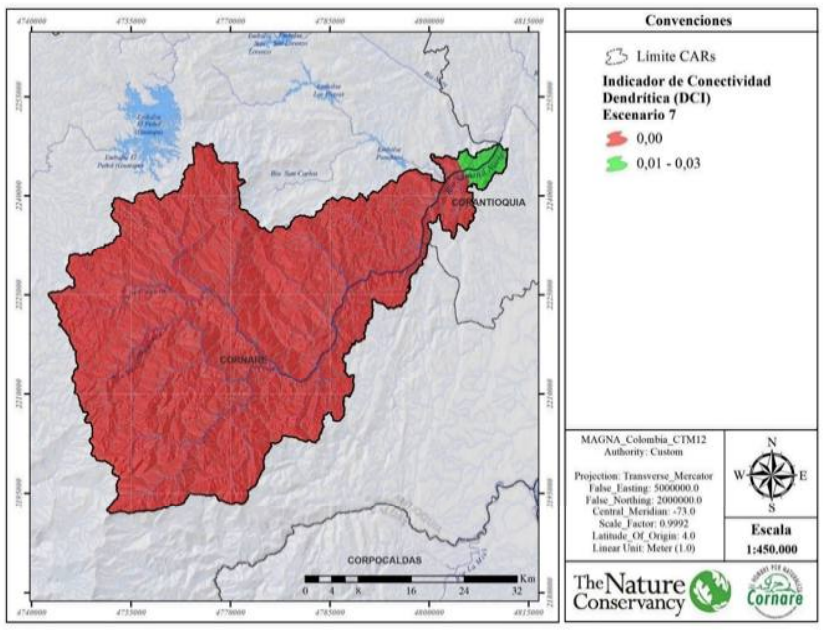
Escenario - 5



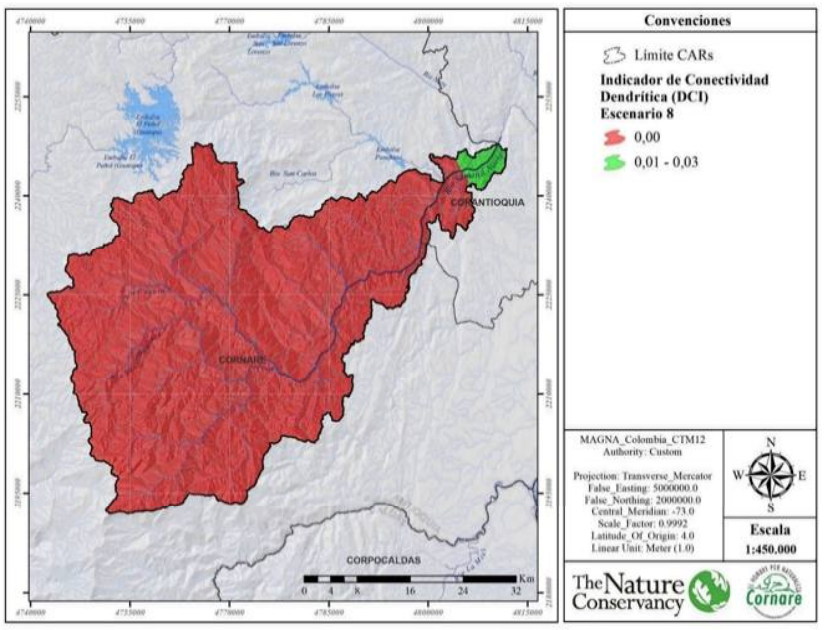
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8

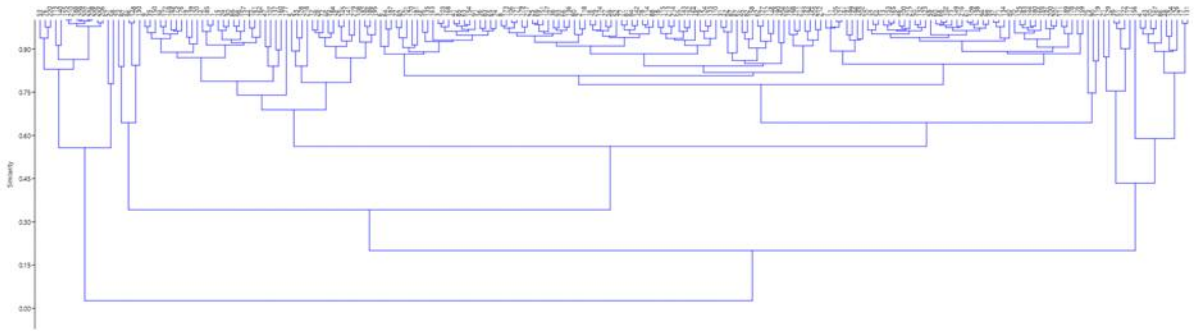


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

16.4.1.6 Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI)

Para el cálculo del indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies para la Cuenca del río Samaná Norte se siguió la metodología descrita en la sección 16.4.1.6. Para el cálculo del MHSI, se identificó información funcional de los peces en 47 unidades NSS-3, lo que representa el 21,4 % del total de subcuencas (220) que componen la cuenca Samaná Norte. La información corresponde a 3.621 individuos representados por 55 especies de peces, con 48.851 g de biomasa. Con el fin de complementar los vacíos de información en el 79 % de unidades NSS-3 restantes, se realizó un clúster de agrupamiento (Figura 393) donde se identificaron 33 grupos que permitieron complementar la información, obteniendo un total de 10.146 individuos con 92.839 g de biomasa para las mismas 55 especies para un escenario base o escenario 0.

Figura 393. Agrupamiento por características hidráulicas y morfológicas de las subcuencas nivel 3 de la cuenca Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Luego de generar las tablas necesarias para el cálculo de ambos indicadores, se procedió a generar la información del escenario 1 o el escenario actual donde existen 6 centrales hidroeléctricas en operación, y por ende se redujo en un 50 % la abundancia de las especies en esas cuencas donde están ubicadas estas centrales, lo cual resulta en una abundancia de 9.847 individuos con 90.872 g de biomasa para las mismas 55 especies. Cómo se describió en la metodología, esta información del escenario 1 fue la que se usó para la obtención de resultados del indicador.

Partiendo de la información generada para el escenario 1, se obtuvo el grado de importancia de las especies mediante la ponderación de la abundancia y la biomasa (Tabla 195), la especie con mayor aporte de biomasa fue la sabaleta *Brycon henni* con 18.293 g y 234 individuos, mientras que el mayor aporte de individuos lo registro la sardina o briola *Hemibrycon* sp. con 2.157 y 8.854 g de biomasa. Los valores de importancia fluctuaron entre las especies menos importantes (0,0001) como *Characidium* sp., *Synbranchus* cf. *marmoratus*, *Amatitlania nigrofasciata* y *Xiphophorus helleri*, estas dos últimas siendo especies introducidas, y las especies más importantes como *Hemibrycon* sp. (0,1631), *Astroblepus* cf. *homodon* (0,1234), *Chaetostoma* cf. *thomsoni* (0,1130) y *Brycon henni* (0,1054) (ver Tabla 195).

Tabla 195. Valores de importancia de las especies de peces usadas en el cálculo del MHSI

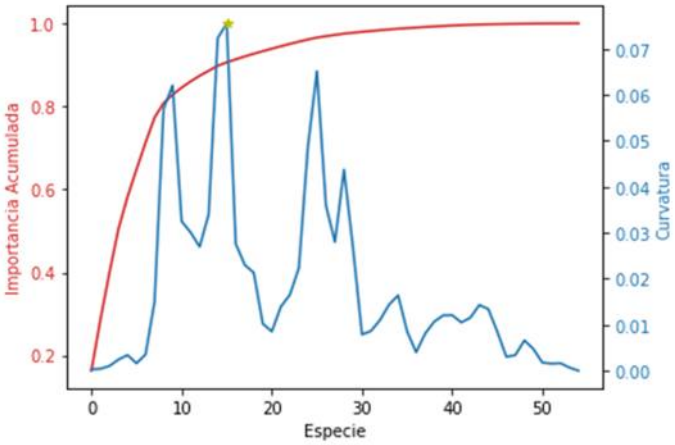
Especie	Biomasa(g)	Abundancia	Importancia	Especie	Biomasa(g)	Abundancia	Importancia
Hemibrycon sp.	8.854	2.157	0,1631	*Trichomycterus* cf. *chapmani*	123	44	0,0030
Astroblepus cf. *homodon*	5.511	1.742	0,1234	*Cordylancistrus* cf. *pijao*	91	32	0,0022
Chaetostoma cf. *thomsoni*	7.614	1.357	0,1130	*Saccodon dariensis*	380	3	0,0021
Brycon henni	1.8293	234	0,1054	*Oreochromis* sp.	323	7	0,0020
Prochilodus magdalenae	14.160	96	0,0770	*Pimelodus grosskopfii*	342	4	0,0019
Hemibrycon antioquiae	2.390	991	0,0664	*Poecilia* sp.	29	30	0,0018
Megaleporinus muyscorum	1.1592	104	0,0644	*Curimata mivartii*	295	4	0,0017
Astroblepus sp.	1.017	1.006	0,0603	*Argopleura diquensis*	43	22	0,0014
Trichomycterus sp.	1.465	503	0,0350	*Creagrutus brevipinnis*	60	20	0,0014
Salminus affinis	4.000	2	0,0204	*Lasiancistrus caucanus*	122	14	0,0014
Poecilia reticulata	270	283	0,0169	*Crossoloricaria variegata*	144	10	0.0013
Geophagus steindachneri	1.733	114	0,0150	*Ancistrus* sp.	103	12	0.0012
Chaetostoma sp.	1.300	127	0,0135	*Chaetostoma brevilabiatum*	163	4	0.0010
Astyanax magdalenae	1.047	122	0,0120	*Rhamdia quelen*	160	2	0.0009
Cynodonichthys boehlkei	200	200	0,0120	*Brycon rubricauda*	150	1	0.0008
Chaetostoma milesi	1.287	34	0,0084	*Apteronotus mariae*	100	4	0.0007
Pimelodus yuma	975	41	0,0072	*Astyanax gisleni*	75	3	0.0005
Creagrutus magdalenae	337	97	0,0070	*Cynodonichthys magdalenae*	7	7	0,0004
Trichomycterus striatus	592	64	0,0065	*Parodon* sp.	40	2	0,0003
Astyanax sp.	509	64	0,0061	*Parodon suborbitalis*	40	2	0,0003
Triportheus magdalenae	889	28	0,0060	*Poecilia caucana*	5	5	0,0003
Astroblepus cf. *grixalvii*	429	68	0,0059	*Megalonema xanthum*	16	2	0,0002
Sternopygus aequilabiatus	1015	10	0,0057	*Apteronotus eschmeyeri*	20	1	0,0002
Argopleura magdalenensis	188	81	0,0054	*Xiphophorus helleri*	7	2	0,0001
Ichthyoelephas longirostris	985	4	0,0052	*Amatitlania nigrofasciata*	5	2	0,0001
Cynopotamus magdalenae	839	6	0,0046	*Synbranchus* cf. *marmoratus*	10	1	0,0001
Characidium phoxocephalum	367	27	0,0033	*Characidium* sp.	10	1	0,0001
Creagrutus sp.	156	44	0,0032				

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

El punto de quiebre en la curva de acumulación de la importancia (Figura 394), señalo las primeras 15 especies como las más importantes para proceder con el cálculo del MHSI, estas especies se

pueden observar sombreadas en la Tabla 195. Estas especies aportan 9.038 individuos (91,8 %) y 79.446 g de biomasa (87,4 %), entre las que se destacan la Sabaleta *Brycon henni*, y especies migradoras como el Bocachico *Prochilodus magdalenae*, el Comelón *Megaleporinus muyscorum* y la Picuda *Salminus affinis*, estas cuatro especies son de importancia para la soberanía alimentaria de la región y para la pesca deportiva como actividad turística y recreativa (Cornare & TNC, 2021b).

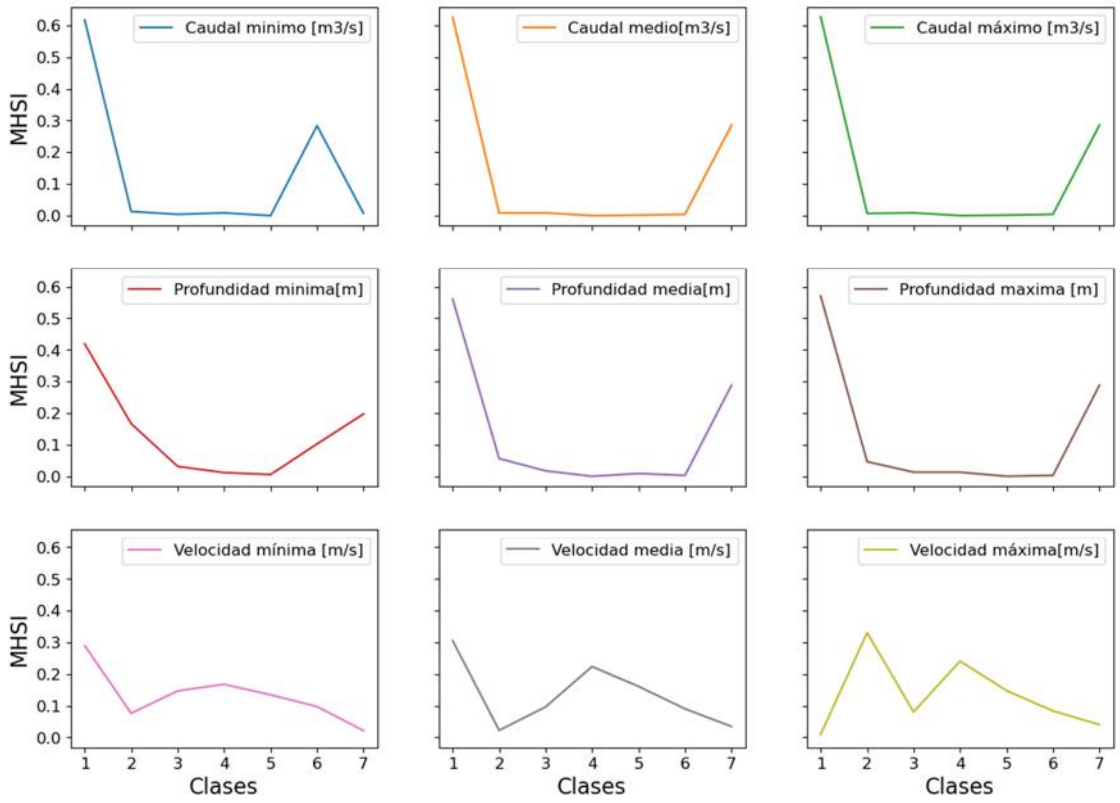
Figura 394. Curva acumulada de la importancia de las especies y el punto de quiebre de la curvatura para la selección de las especies más importantes



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Teniendo en cuenta que los factores de hábitat parten de modelos realizados con datos históricos, donde se hallaron valores para cada unidad de análisis (cuencas nivel 3), fue posible obtener rangos mínimos, medios y máximos para los caudales, profundidades y velocidades, siendo las condiciones de hábitat que históricamente han soportado las especies, sin ser un indicativo que los valores mínimos o máximos sean de su idónea preferencia, o que sean tolerados bajo altos niveles de estrés. Por tal motivo, la interpretación de los siguientes resultados se basa en promedios históricos, tanto de las variables ambientales como las variables ictiológicas. De esta manera, se observó para el factor de hábitat "caudal medio" los mayores valores se presentaron en el gradiente 1 (MHSI=0,6) con un intervalo del caudal va de 0,02 a 46,59 m^3/s, y en el gradiente 7 (MHSI=0,3) con intervalo entre 175,46 a 204,69 m^3/s. El factor de hábitat "profundidad media" presento un comportamiento similar al caudal medio, don de los mayores valores se encontraron en el gradiente 1 (MHSI=0,56) con intervalo que va entre 0,2 a 0,39 m de profundidad, y en el gradiente 7 (MHSI=0,29) con intervalo entre 1,35 a 1,54 m. Y para el factor de hábitat "velocidad media" los mayores valores se presentaron en el gradiente 1 (MHSI=0,3) con intervalo que va entre 0.70 a 0.87 m/s de velocidad, y en el gradiente 4 (MHSI=0,22) con intervalo entre 1,20 y 1,37 m/s (Tabla 196 y Figura 395).

Figura 395. Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies MHSI para los factores del hábitat



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 196 se pueden observar los gradientes que toman las variables, los cuales fueron fijados para la evaluación de los escenarios posteriores.

Tabla 196. Gradientes de los factores de hábitat para el cálculo del MHSI

Factores de habitat	Gradiente 1	Gradiente 2	Gradiente 3	Gradiente 4	Gradiente 5	Gradiente 6	Gradiente 7
Caudal minimo [m3/s]	0,02 - 12,73	12,73 - 25,43	25,43 - 38,13	38,13 - 50,83	50,83 - 63,53	63,53 - 76,23	76,23 - 88,93
Caudal medio[m3/s]	0,07 - 29,30	29,30 - 58,53	58,53 - 87,77	87,77 - 117,00	117,00 - 146,23	146,23 - 175,46	175,46 - 204,69
Caudal máximo [m3/s]	0,11 - 46,59	46,59 - 39,07	93,07 - 139,56	139,56 - 186,04	186,04 - 232,52	232,52 - 279,00	279 - 325,48
Profundidad minima[m]	0,13 -0,26	0,26 - 0,38	0,38 - 0,50	0,50 - 0,62	0,62 - 0,74	0,74 - 0,87	0,87 - 0,99
Profundidad media[m]	0,20 - 0,39	0,39 - 0,58	0,59 - 0,77	0,77 - 0,96	0,96 - 1,16	1,16 - 1,35	1,35 - 1,54
Profundidad maxima [m]	0,23 - 0,48	0,48 - 0,73	0,73 - 0,98	0,98 - 1,23	1,23 - 1,48	1,48 - 1,74	1,74 - 1,99
Velocidad mínima [m/s]	0,53 -0,68	0,68 - 0,82	0,82 - 0,98	0,98 - 1,13	1,13 - 1,28	1,28 - 1,43	1,43 - 1,58
Velocidad media [m/s]	0,70 - 0,87	0,87 - 1,04	1,04 - 1,20	1,20 - 1,37	1,37 - 1,54	1,54 - 1,71	1,71 - 1,88
Velocidad máxima[m/s]	0,72 - 0,94	0,94 - 1,16	1,16 - 1,39	1,39 - 1,61	1,61 - 1,83	1,83 - 2,05	2,05 - 2,27

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 396 se presenta la distribución del MHSI promediado en las unidades NSS-3 para los escenarios analizados en la cuenca del río Samaná Norte. Se observa que los escenarios 1 y 2 mostraron valores entre 0,05 y 0,45, presentando los valores más bajos en las cuencas que conformar el cauce principal del río Santo Domingo, la parte baja del río verde, la parte baja del río Calderas, y el cauce principal del río Samaná Norte hasta el encuentro con la quebrada La Tebaida; la gran parte de estas cuencas coincide con tramos de caudales medios para el general de la cuenca, y concuerda con las zonas que presentaron mayor carencia de información de las especies. Las zonas con mayores valores del MHSI fueron en general aquellas con caudales y profundidades bajas, pero con velocidades medias, mientras que el cauce principal del Samaná Norte desde la confluencia con la quebrada La Tebaida y hasta el río Nare, presentó valores medios del MHSI, siendo zonas de mayor caudal, profundidad y velocidades más bajas.

Para el escenario 2, se redujo la abundancia de individuos de la especie *Astroblepues* cf*. homodon* al 67 %, lo cual equivale a reducir de 3 a 1 individuo, mientras que para la especie *Astroblepues* cf*. grixalvii*, la abundancia se redujo a cero debido a que solo se contaba con el reporte de un individuo de esta especie en la cuenca nivel 3 Quebrada Santa Barbara Parte Alta, en la cual se está construyendo la PCH La Cascada.

Los valores del MHSI en el escenario 3 fueron entre 0,05 y 0,44, que afectaron además el río Samaná Norte cerca al río Guatapé y quebrada La Arabia. Para la modelación de este escenario, se redujo la abundancia de individuos en alrededor del 50 % en las cuencas nivel 3 donde que cuentan con proyectos en construcción y con licencia ambiental, siendo la Sabaleta *Brycon henni* la especie más afectada en las unidades cercanas al área de influencia de proyectos hidroeléctrico del río Santo Domingo, siendo una de las zonas con poca información despoblé para el análisis. En cuanto a las especies migratorias, las barreras generadas por los proyectos Palagua y Porvenir, bloquean la subienda o migración reproductiva río arriba de especies como el Bocachico *Prochilodus magdalenae*, el Comelón *Megaleporinus muyscorum* y la Picuda *Salminus affinis,* y por tal motivo fueron extraídas del modelo, ya que no podrán seguir su recorrido en contracorriente hacia esas unidades de análisis nivel 3 de cuenca ubicadas aguas arriba de estos dos proyectos hidroeléctricos.

El MHSI obtuvo valores entre 0,04 y 0,44 en el escenario 4. Estos dos proyectos adicionales no presentan distribución de especies migratorias, pero si la presencia de la Sabaleta *Brycon henni* en el río Dormilón en zona de influencia del proyecto Sabaletas I, mientras que en la unidad de análisis del río Cocorná donde se planea el proyecto Cocorná III, en la cual ya existe una pequeña hidroeléctrica en operación y otras proyectadas, las especies que a futuro serían afectadas, son principalmente de los géneros Hemibrycon, Trichomycterus y Astroblepus, los cuales, como se describe en el documento de diagnóstico son grupos poco estudiados y posibles focos de endemismos (Cornare & TNC, 2021b).

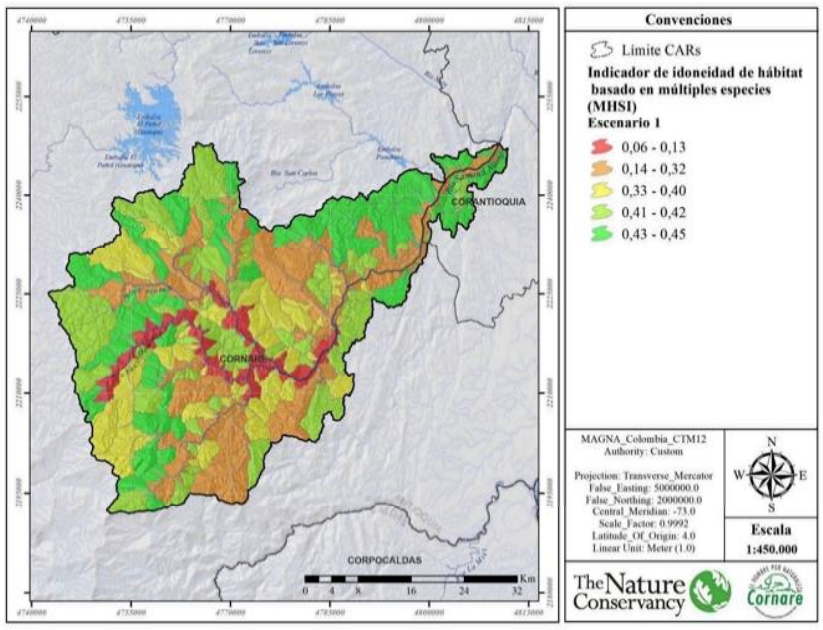
Los escenarios 5 y 6, arrojaron valores entre 0,04 y 0,43 para toda la cuenca Samaná Norte. Los proyectos adicionales no presentan distribución de especies migratorias en el escenario 5, pero sí en el 6 donde las barreras generadas son similares al escenario 3. Además, la presencia de la Sabaleta *Brycon henni* en los ríos Dormilón y San Miguel en zona de influencia de los proyectos Sabaletas I, Sabaleta 3 y San Miguel-Las Gaviota, mientras que, en las restantes unidades de análisis, en las cuales ya existen hidroeléctricas en operación más las proyectadas, las especies que a futuro son afectadas, son principalmente de los géneros Hemibrycon, Trichomycterus y Astroblepus. Desde

el escenario anterior, se cuenta con proyectos que están en fases donde no han generado información biológica de las especies de peces, por lo que el modelo se ha ajustado con datos generados por el agrupamiento realizado con el fin de llenar esos vacíos de información con supuestos que posiblemente que deben ser corroborados con información de campo.

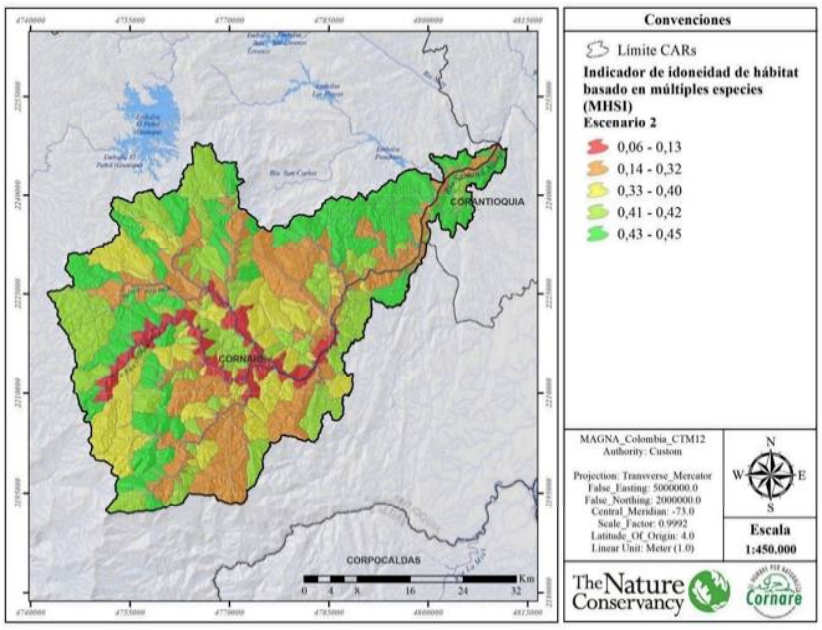
Para el escenario 7 con valores del MHSI entre 0,05 y 0,44, presenta afectaciones también para la Sabaleta *Brycon henni* y las especies migratorias afectadas también en el escenario 6; similar para el escenario 8 con valores del indicador entre 0,05 y 0,40.

Figura 396. Distribución espacial del MHSI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

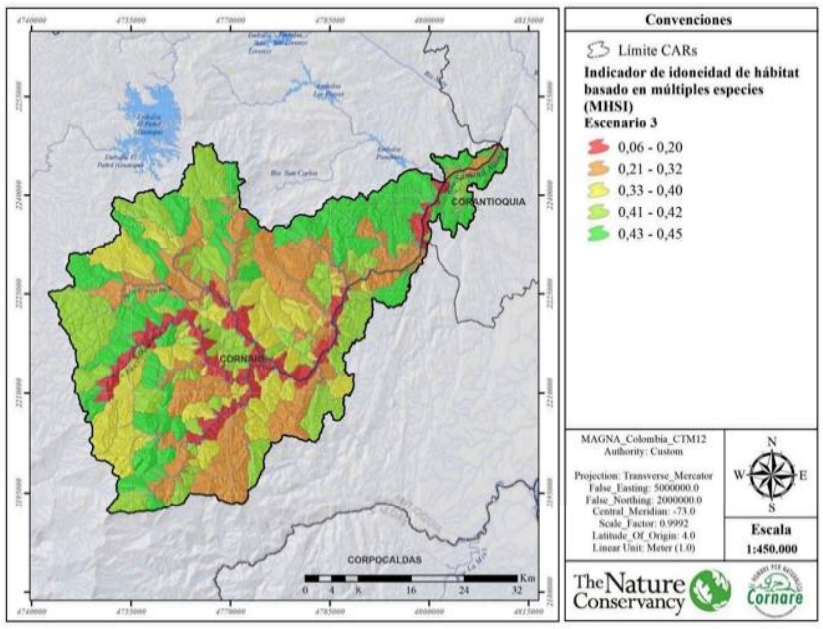
Escenario - 1



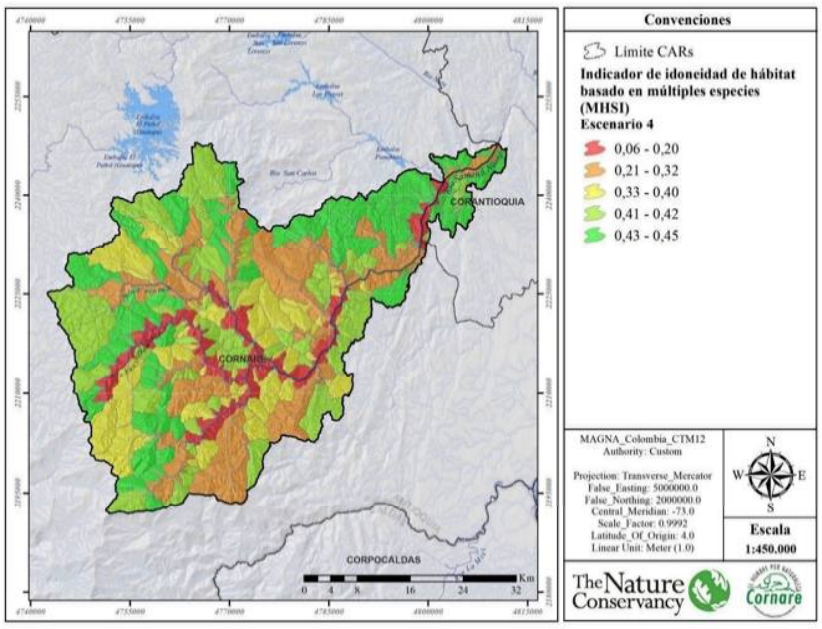
Escenario - 2



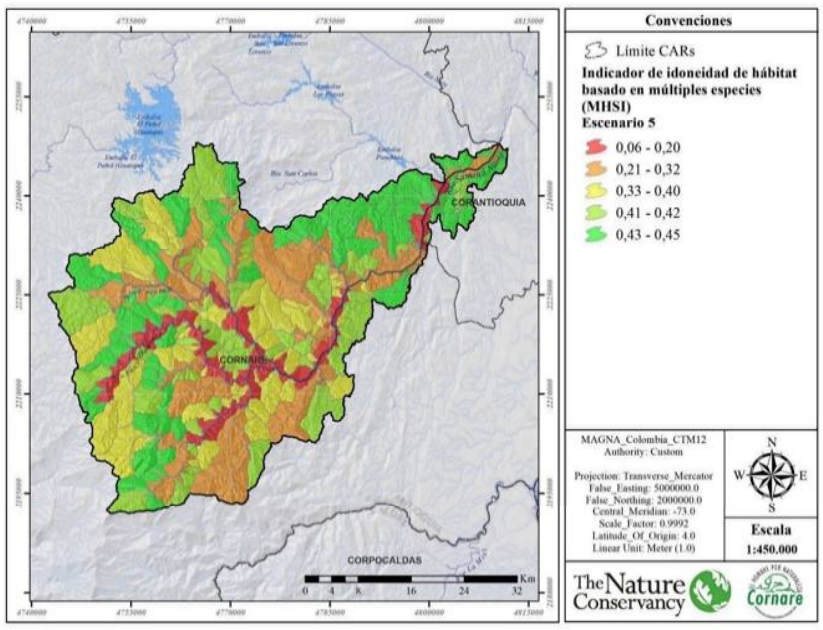
Escenario - 3



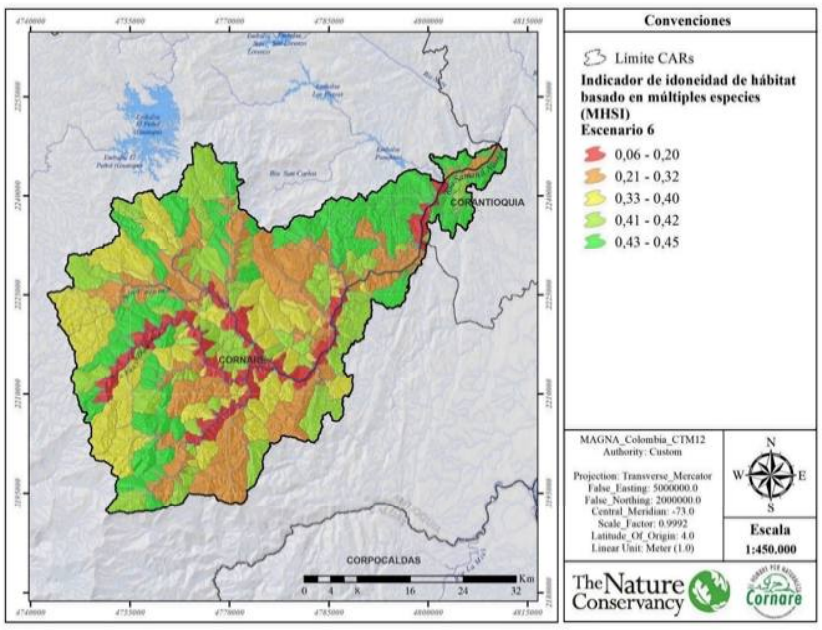
Escenario - 4



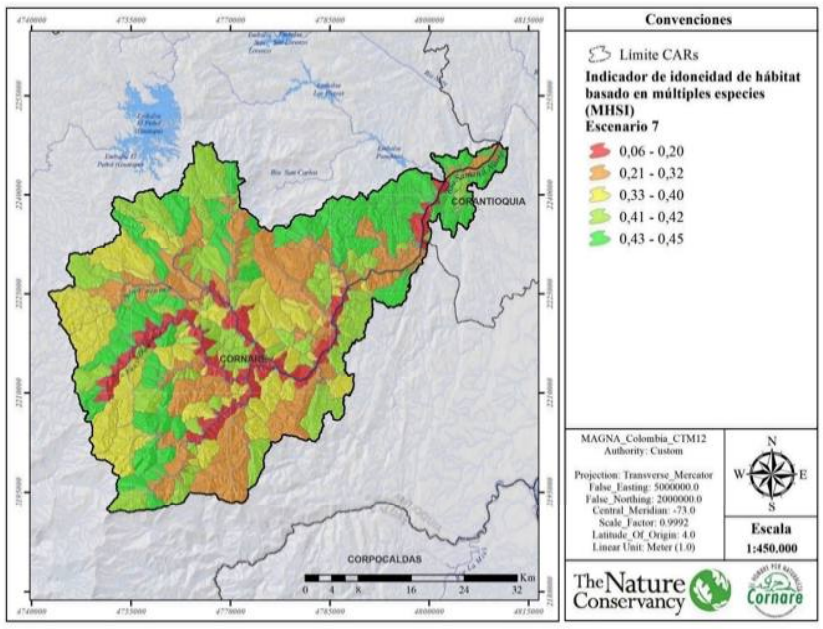
Escenario - 5



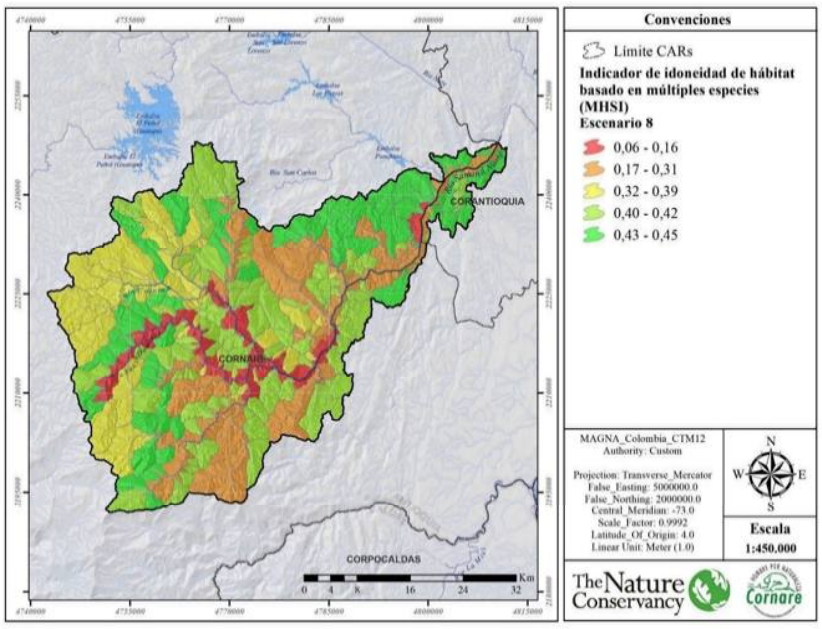
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



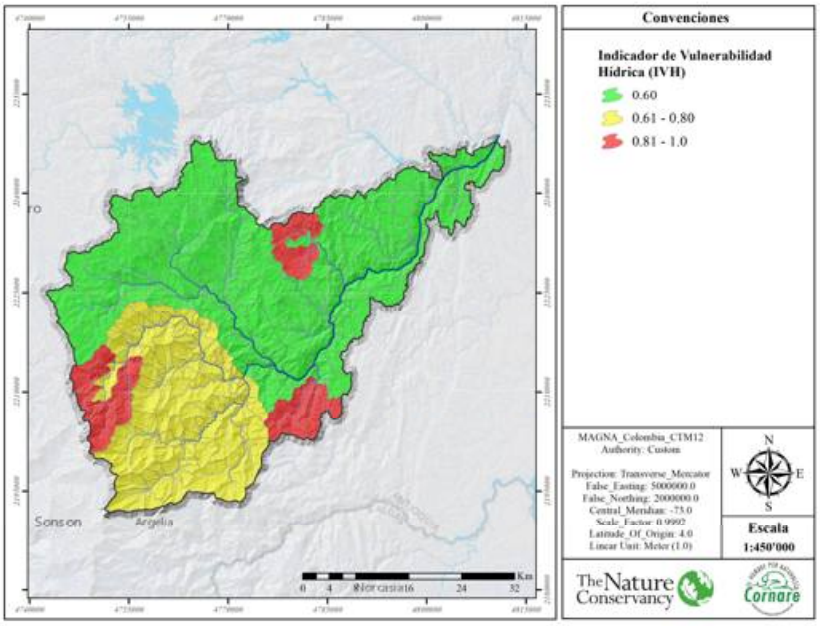
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.1.7 Indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)

El Indicador de vulnerabilidad hídrica mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas – como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño) – podría generar riesgos de desabastecimiento. El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del indicador de regulación hídrica (IRH) y el indicador de uso de agua (IUA).

Este indicador es el resultado de combinar cualitativamente el índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso del agua (IUA). Expresa según la guía la vulnerabilidad de la cuenca a sufrir desabastecimiento en función de su capacidad reguladora y de la presión sobre el recurso. En la Figura 397 se presenta el indicador de vulnerabilidad extraído del POMCA, se observa que la vulnerabilidad oscila entre las categorías moderada a muy baja. Este indicador se consideró invariante con los escenarios, esto se debió a que en el POMCA no se consideró la demanda hídrica de los proyectos hidroeléctricos para la estimación del IUA por ser un uso no consuntivo, es decir, que el indicador IVH es igual para los 8 escenarios de análisis.

Figura 397. Distribución espacial del IVH a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

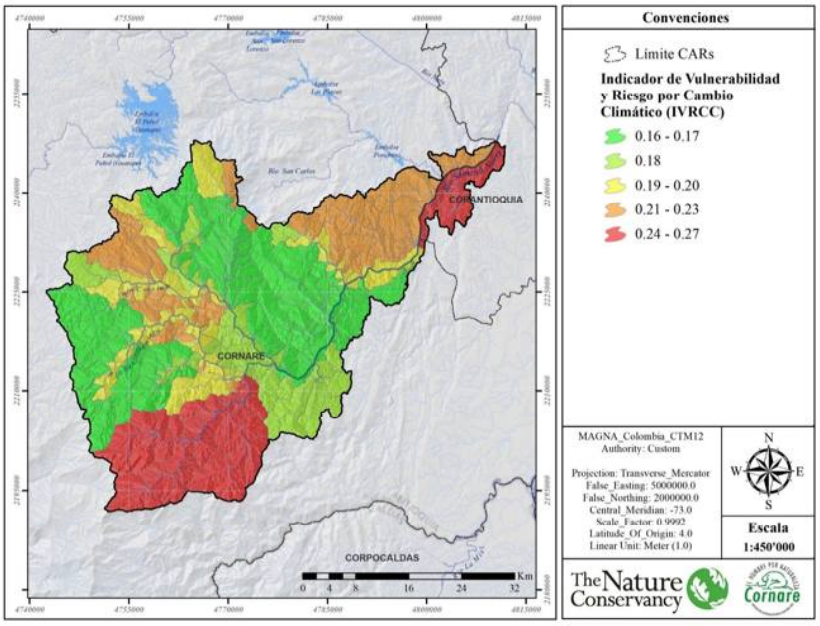
16.4.1.8 Indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC)

Este indicador permite evaluar la vulnerabilidad y el riesgo de un sistema frente al cambio climático. A nivel de Colombia este indicador se desarrolló en un esfuerzo conjunto entre los integrantes del equipo de vulnerabilidad y adaptación de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC). El indicador de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático se desarrolla bajo un proceso riguroso de selección de las Variables Indicadores e Índices (VII), de tal forma que sea posible evaluar

la trazabilidad de la vulnerabilidad y el riesgo por cambio climático en Colombia (IDEAM et al., 2017).

En la Figura 398 se presenta el indicador de riesgo por cambio climático para la cuenca del río Samaná Norte. Se identifico que en la cuenca el 44% del área presenta riesgo bajo (Carmen de Viboral, Granada y San Luis), 36% medio (Cocorná, San Carlos, San Francisco y Santuario) y 20% alto (Puerto Nare y Sonsón). Según el estudio base se deben priorizar en Antioquia las dimensiones relacionadas con los siguientes temas: seguridad alimentaria, biodiversidad, salud y recurso hídrico (IDEAM et al., 2017).

Figura 398. Distribución espacial del IVRCC a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), POMCA río Samaná Norte (2017) y IDEAM et al. (2017)

16.4.1.9 Indicador de gestión del riesgo de desastres (IGRD)

Este indicador ha sido calculado a nivel Nacional a escala Municipal en el año 2018 por el Departamento Nacional de Planeación, por lo que para la cuenca del río Samaná Norte, los resultados obtenidos a nivel del Municipio, se presentan en la Tabla 197:

Tabla 197. Indicador de riesgo ajustado por capacidades, para los municipios de la cuenca

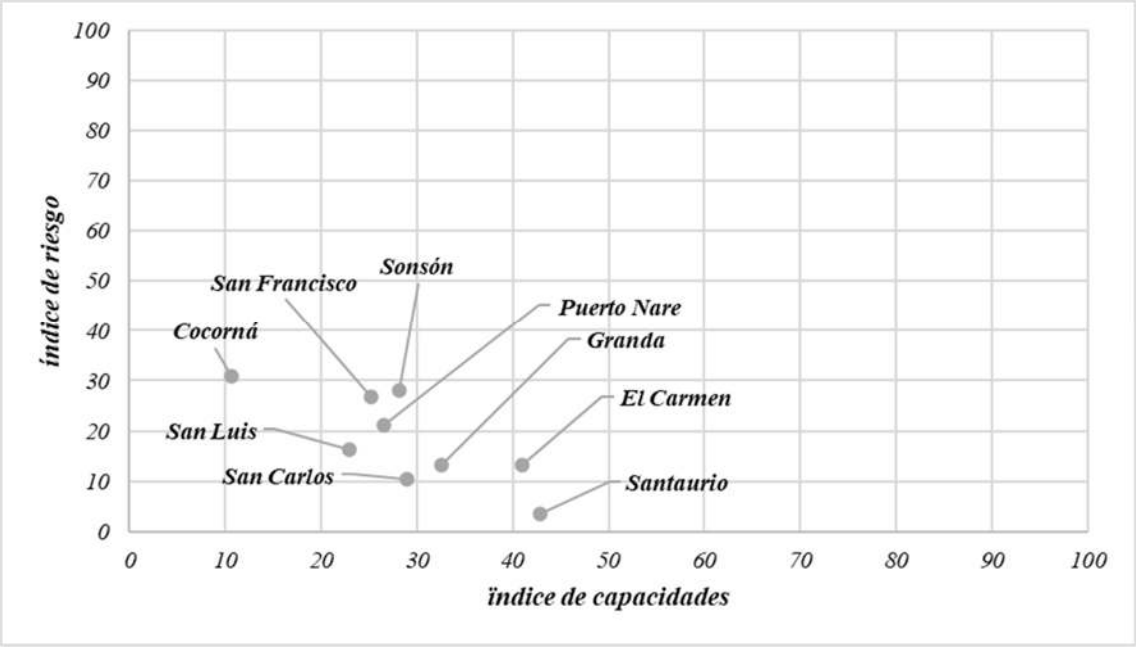
Municipio	Indicador de Capacidades	Indicador de Riesgo	Indicador de riesgo ajustado por capacidades
COCORNÁ	10,71	30,97	59,7
SONSON	28,14	28,05	55,4
SAN FRANCISCO	25,25	26,90	55,3
PUERTO NARE	26,56	21,26	52,0
SAN LUIS	22,89	16,40	50,0
GRANADA	32,60	13,16	46,4
SAN CARLOS	28,89	10,45	45,7

Municipio	Indicador de Capacidades	Indicador de Riesgo	Indicador de riesgo ajustado por capacidades
EL CARMEN DE VIBORAL	40,98	13,22	44,6
EL SANTUARIO	42,84	3,45	39,0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir del DNP (2018).

Los resultados del indicador para la cuenca muestran que el 44% de los municipios se encuentran por encima del promedio nacional, lo que quiere decir que corresponden a municipios con importantes riesgos y/o baja capacidades para atender y gestionar los existentes, por lo que se deben priorizar intervenciones; estos municipios corresponden a Cocorná, Sonsón, San Francisco y Puerto Nare, siendo el Municipio de Cocorná quien arroja mayores debilidades. Igualmente, de este análisis se destacan los municipios de El Carmén y Santuario los cuales arrojan un indicador un poco más favorable, teniendo en cuenta que su nivel de riesgos es bajo y exhibe mayores capacidades de gestión de estos.

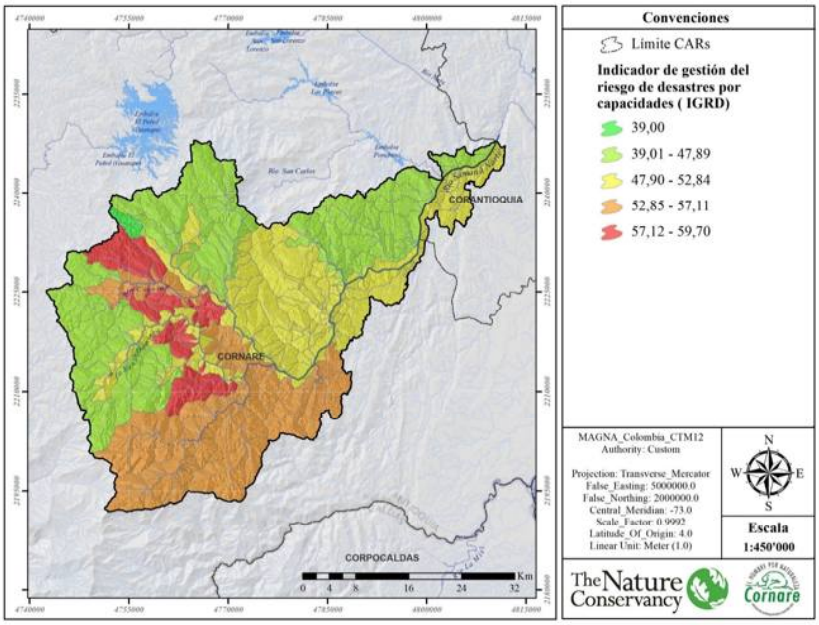
Figura 399. Relación entre riesgo y capacidades para los municipios de la cuenca



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 400 se observa la espacialización del indicador IGRD de la cuenca del río Samaná Norte que oscila entre 39,00 a 59,70; el cual es constante para los 8 escenarios ya que su cálculo fue a partir de datos municipales.

Figura 400. Distribución espacial del IGRD a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), POMCA río Samaná Norte (2017) y DNP (2018)

Los resultados muestran que, el 95% de las unidades NSS-3 se encuentran en el rango entre 45 y 60% de nivel de riesgo ajustado por capacidades, lo cual se ve reflejado en la existencia de importantes áreas de amenaza alta (25%) y media (67%) por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales que cubren la mayor parte del área analizada y que, de acuerdo con los análisis realizados por el POMCA, se relacionan con las características geológicas, tectónicas y topográficas de las mismas. Este nivel de riesgo, sumado a la capacidad financiera, socioeconómica e institucional propia de los entes territoriales que limitan el accionar y la inversión frente a la gestión del riesgo son las que determinan el valor obtenido en el indicador y que es congruente con las condiciones identificadas para la cuenca.

Teniendo en cuenta que este indicador reconoce las particularidades del territorio en términos de riesgos y capacidades, se requiere por parte de los entes municipales y de gestión del riesgo con incidencia en la cuenca, enfocar sus esfuerzos en el tema, a través de la orientación de prioridades de política pública en gestión del riesgo de desastres de forma diferenciada, y a través de asistencia técnica e inversiones del presupuesto local y nacional.

16.4.2 *Indicadores económicos*

16.4.2.1 Indicador de generación de empleos directos (GED)

De acuerdo con lo mencionado en el numeral 14.4.2.1, la construcción y operación de una central hidroeléctrica implica la participación de un gran número de personas, por lo que la generación de empleos es uno de los impactos económicos más notables de los proyectos hidroeléctricos. Por lo cual la generación de empleos de los proyectos hidroeléctricos se traduce en la mejora en la calidad

de vida de la población la cual se refleja en aspectos como la posibilidad de acceder a los servicios públicos básicos. En la Figura 401 se presentan los resultados del GED para los 8 escenarios de análisis.

Escenario 1: Este considera los proyectos en Operación, que para esta cuenca corresponden a un total de 6. Que generan una demanda potencial de mano de obra en las etapas de construcción y operación de 700 personas y una contribución del 15,55% sobre la Población económicamente activa de los municipios.

Escenario 2: Considera los proyectos hidroeléctricos en operación, aunado a los proyectos en construcción al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. En este sentido el Proyecto hidroeléctrico la Cascada es el que genera una contribución adicional sobre el empleo. Con 8 plazas adicionales respecto al escenario 1 y una contribución sobre la PEA del 1,41%, lo que indica que la contribución sobre la fuerza laboral total se ubica en el 15,77%.

Escenario 3: Esta presenta un total de 12 proyectos, que suman los escenarios 1 y 2 más los proyectos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Norte; por lo cual los aportes estimados sobre el empleo son superiores a los escenarios 1 y 2. La mano de obra estimada que estos proyectos demandan en las etapas de construcción y operación se ubica en 2.222 plazas, lo que corresponde al 44,77% de la PEA o fuerza laboral. Cabe anotar que la mayor contribución la generan los Proyectos Palagua y Porvenir II, el primero con una contribución de 675 plazas y el segundo con 138.

Escenario 4: En este escenario se encuentran 14 proyectos que corresponden a los anteriormente citados más los que se encuentran en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. En este caso la contribución sobre el empleo es el ligeramente superior al escenario anterior (0,72%); pasa de 2.222 plazas de trabajo a 2.238. Recuérdese que este indicador se estima a partir de la hipótesis de que los proyectos entran en forma secuencial, por tanto, se asume una economía de escala en la generación de empleos municipales; para ello se toma el máximo de empleos generados en la etapa de construcción para cada municipio, y la sumatoria de los empleos para la operación, dado que estos últimos se mantienen en el tiempo (50 años aproximadamente).

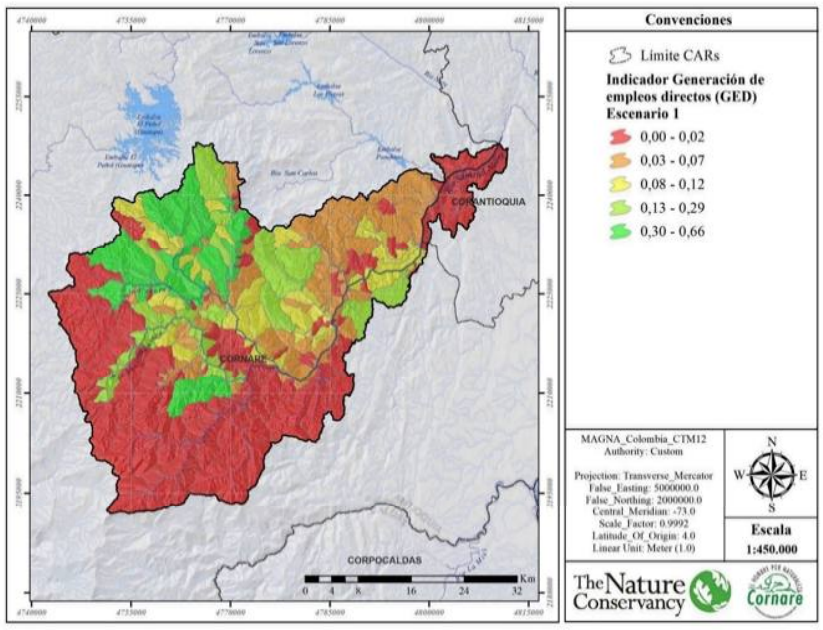
Escenario 5: Este escenario adiciona los DAA en solicitud y solicitudes de estudio o permisos vigentes al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Las contribuciones que en términos de empleo se generan para la fuerza laboral, con respecto al escenario anterior, se estiman en 5,85%. Esto se refleja en 196 plazas de trabajo adicionales para quienes hacen parte de la población activa.

Escenario 6: corresponde al escenario de mayor aporte a la empleabilidad de la fuerza laboral, generando una contribución de casi la mitad de los empleos para la población económicamente activa de los municipios generadores (49.94%), con un total de 2.638 plazas generadas estimadas.

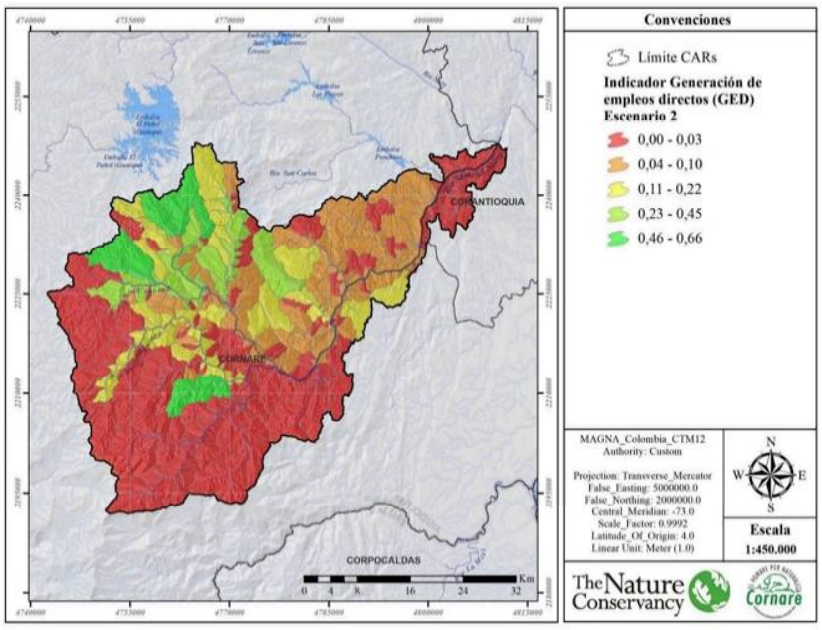
Escenario 7: Este escenario refleja una condición de menor generación de empleo, mostrando la sensibilidad del indicador a cualquier movimiento sobre la entrada en construcción u operación de los proyectos hidroeléctricos. En este sentido, los 13 proyectos que conforman el escenario reducen las plazas en un valor neto de 204 respecto al escenario anterior y la contribución sobre la PEA pasa del 49,94% al 44,52%. El último escenario ratifica la sensibilidad del indicador, ubicándolo en 2.082 plazas y una contribución a la fuerza laboral del 44,19%.

Figura 401. Distribución espacial del GED a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

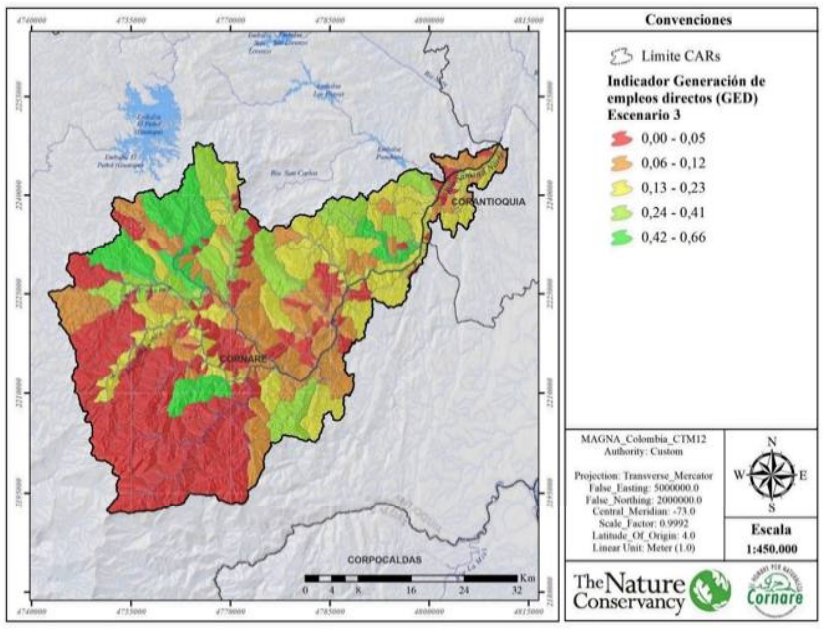
Escenario - 1



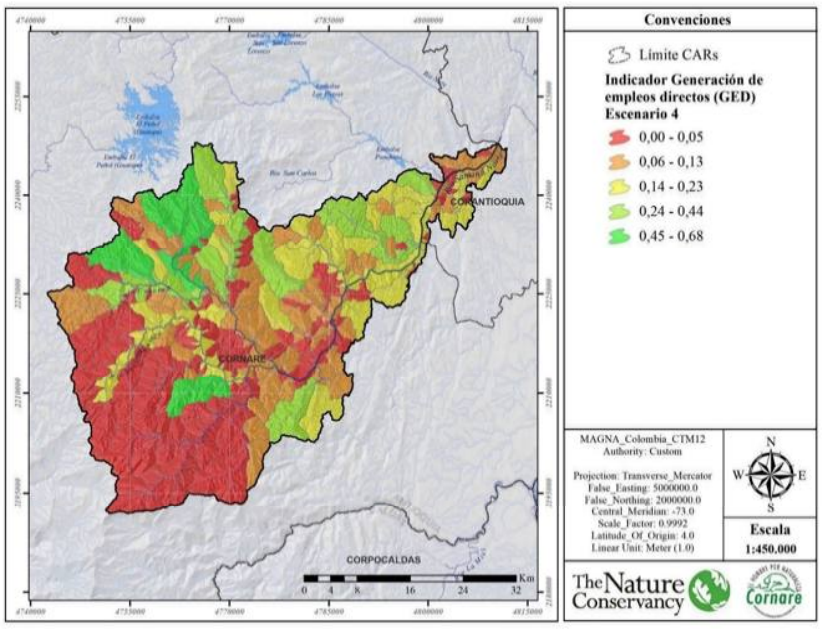
Escenario - 2



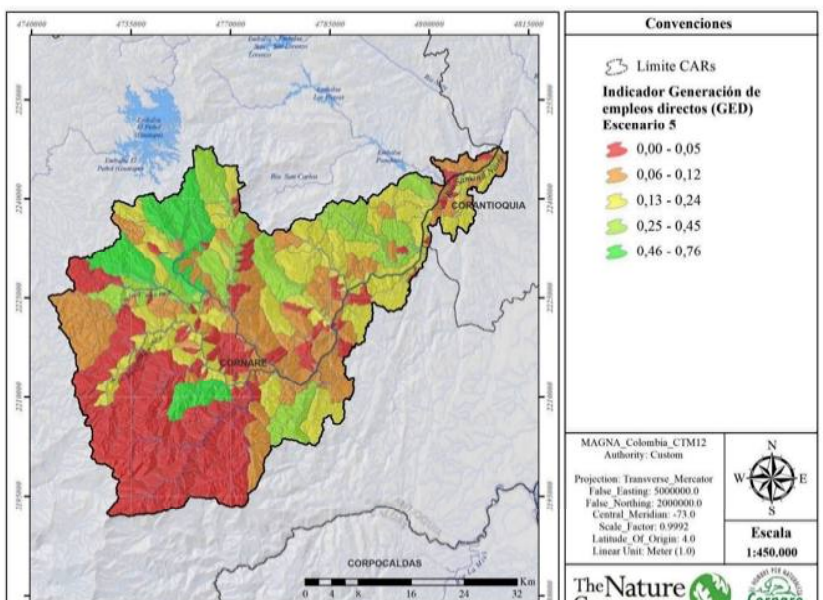
Escenario - 3



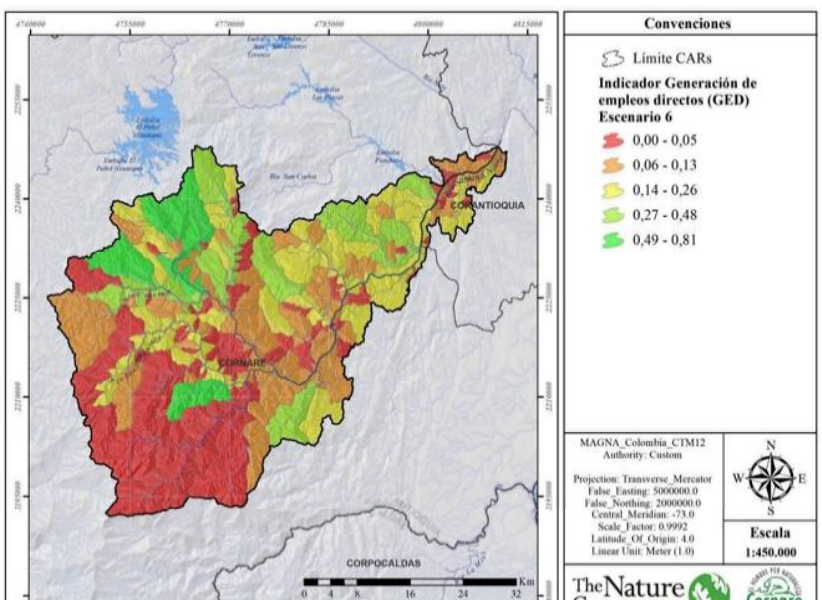
Escenario - 4



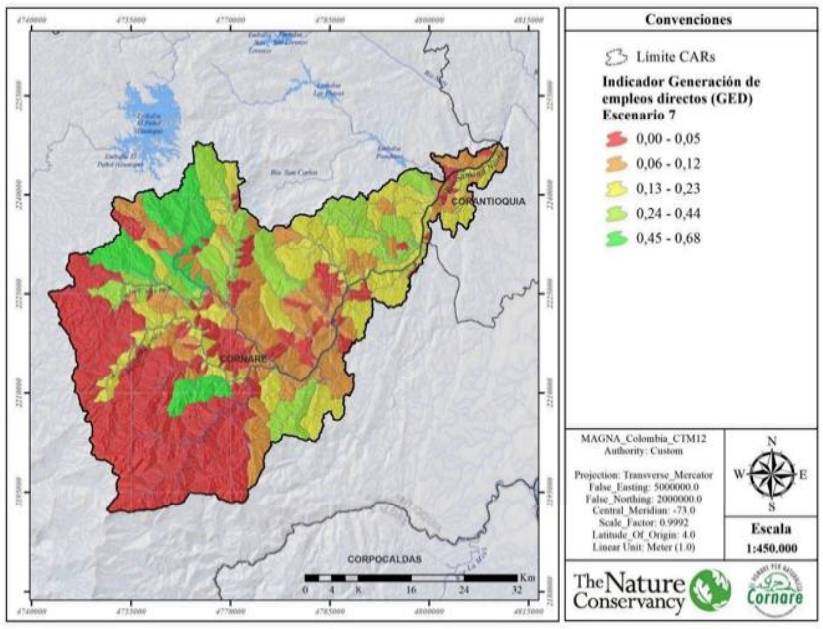
Escenario - 5



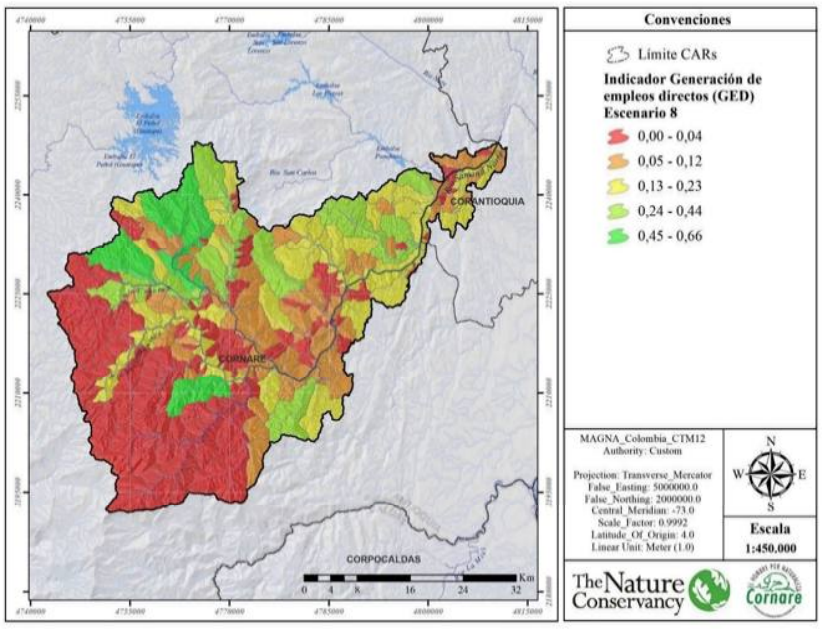
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.2.2 Indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL)

En la Figura 402 se presenta el CEAL para los 8 escenarios, en donde se evidencia valores bajos en la parte alta y baja de la Cuenca del río Samaná Norte, y se concentra las contribuciones en un 9,64% en la parte media de la cuenca en donde se encuentra los proyectos hidroeléctricos en operación, los cuales por ley aportan ingresos en los municipios de su área de influencia en pro de su desarrollo. Se considera la sumatoria de las contribuciones anuales asociadas a las transferencias, tasa por uso del agua, impuesto de industria y comercio e impuesto predial y se calcula como un porcentaje del PIB municipal.

Escenario 1: Para este escenario compuesto por los 6 proyectos en operación en la cuenca se estiman contribuciones anuales equivalentes a $27.457.305.805 lo cual representa una contribución del 12,34% del PIB municipal. Las mayores contribuciones las genera la PCH San Miguel para los municipios de San Luis y Cocorná.

Escenario 2: Las contribuciones económicas para este escenario se incrementan en $190.360.636 (pasan en total $27.457.305.805 a $27.647.666.442) debido a la entrada del proyecto la Cascada, dichas contribuciones se harán efectivas en el municipio de Granada, donde el aporte en términos del PIB corresponde al 0,13%. Mientras que el aporte total al PIB de la cuenca se estima en 12,47%

Escenario 3: Para este Escenario conformado por un total de 12 proyectos, las contribuciones crecen en un 452,80% (pasan de $27.647.666.442 a $152.836.988.215), este rubro se fortalece por la consideración de los proyectos Palagua y Porvenir II. En lo que respecta a la contribución como porcentaje del PIB de los municipios de la cuenca que hacen parte de este escenario, esta se ubica en el 33,79%; una cifra que refleja la relevancia de los proyectos hidroeléctricos en el aporte de recursos que entran a las arcas municipales y que permitirán contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores.

Escenario 4: En este escenario se encuentran 14 proyectos, que incluyen adicional a los del escenario 3, los que se encuentran en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Las contribuciones económicas por Ley son ligeramente superiores al escenario 3, pasan de $152.836.988.215 a $155.090.524.177, y la contribución del PIB asciende a 34,68%.

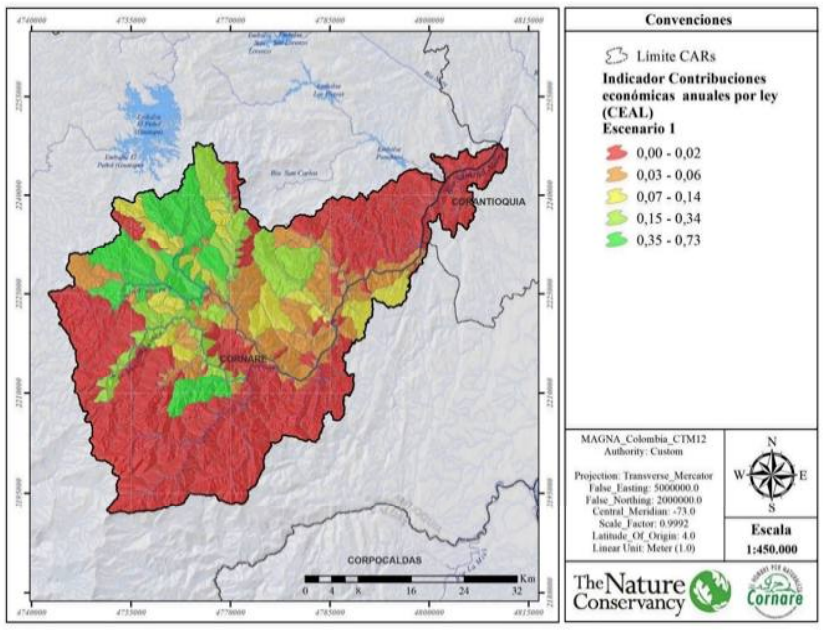
Escenario 5: Este escenario incluye 39 proyectos hidroeléctricos, sin embargo, las mayores contribuciones ya fueron generadas para el escenario 3, en este sentido se incrementan los aportes a las arcas municipales en un 8,85% (168.825.211.553) y la contribución sobre el PIB asciende un $12,28% (pasa de 34,68% a 38,94%).

Escenario 6: Este escenario refleja la mejor condición de aporte económico para los municipios productores, la cual se estima en $177.776.103.099 anuales y una contribución sobre el PIB que supera el 40% (41,67%).

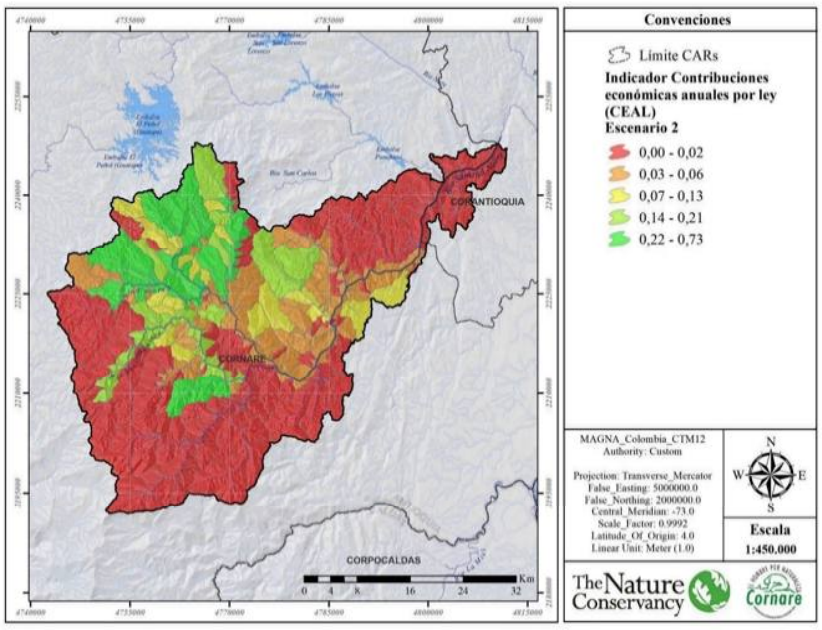
Escenarios 7 y 8: para estos dos escenarios, los aportes derivados de transferencias, tasa por uso del recurso hídrico e impuestos se reducen (escenario 7: $153.952.807.588 y 34,57% del PIB), (escenario 8: $151.699.271.625 y 33,68% del PIB), lo cual muestra la sensibilidad de este indicador económico dado que depende directamente de la puesta en marcha de las PCH.

Figura 402. Distribución espacial del CEAL a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

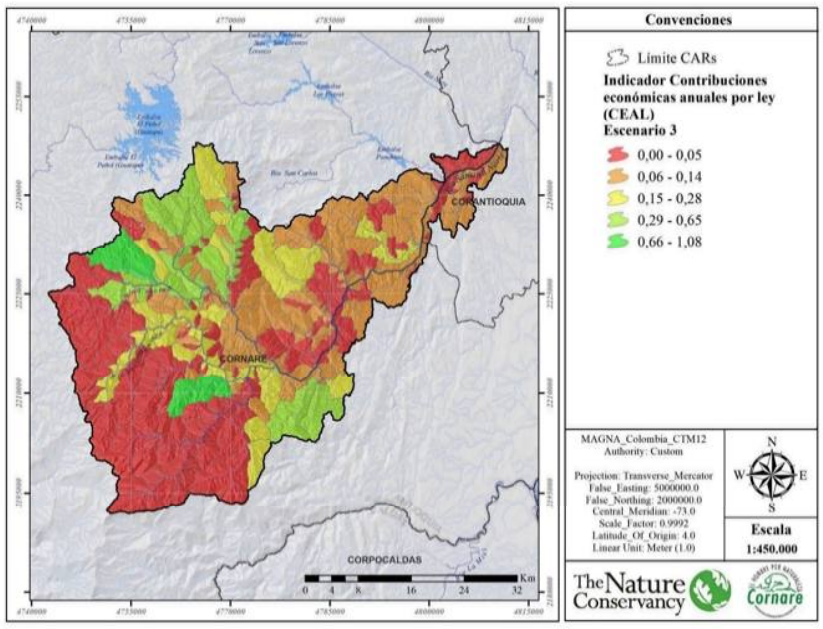
Escenario - 1



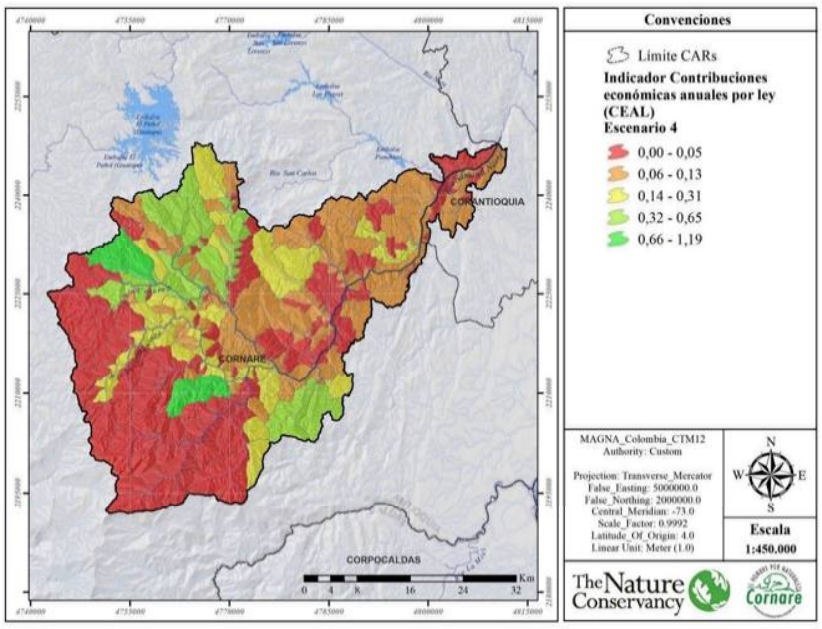
Escenario - 2



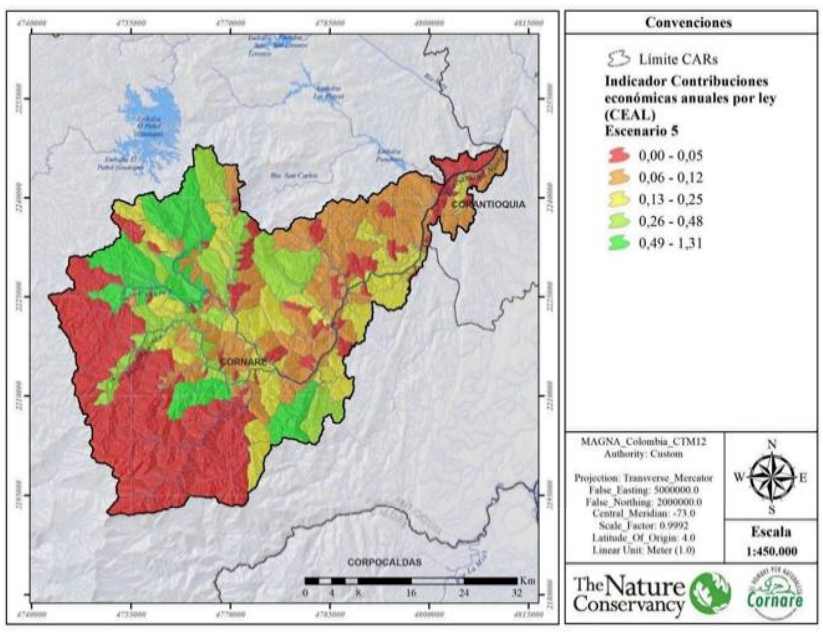
Escenario - 3



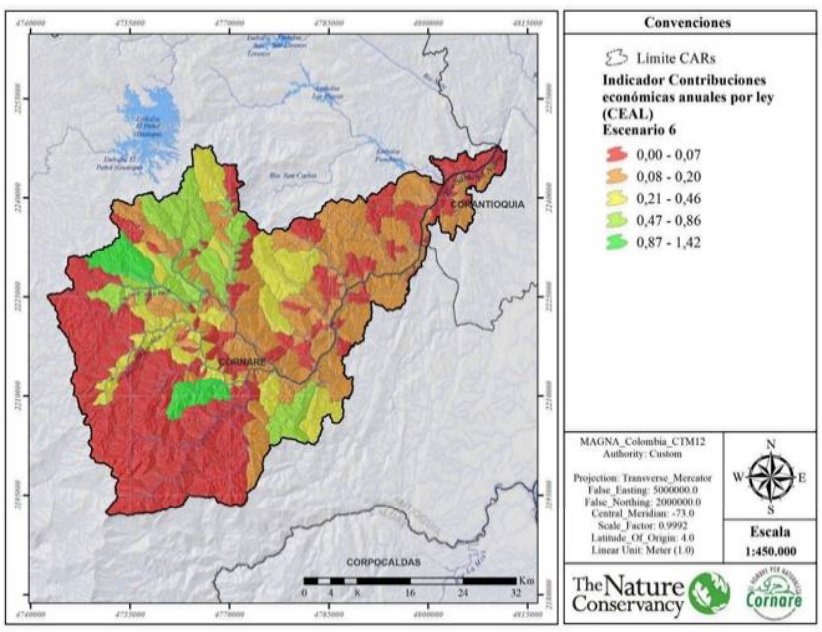
Escenario - 4



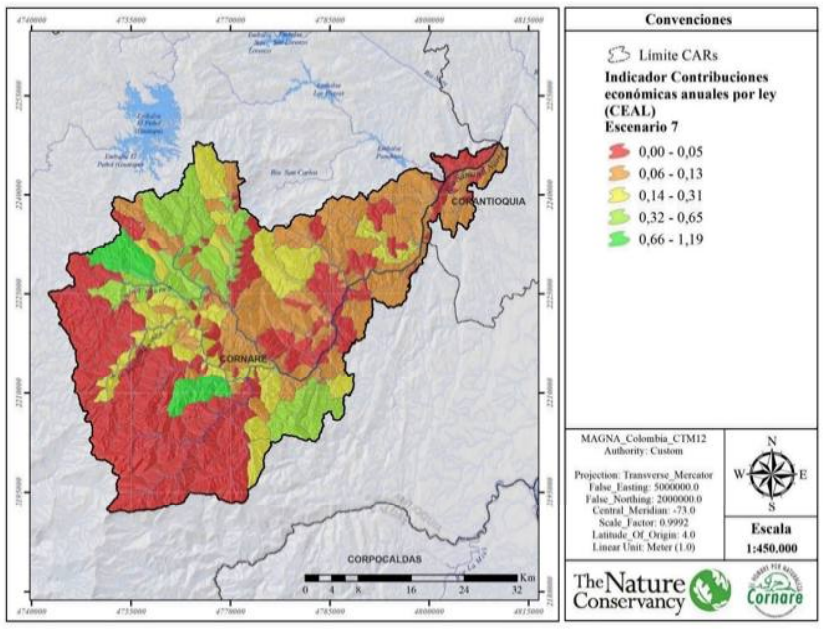
Escenario - 5



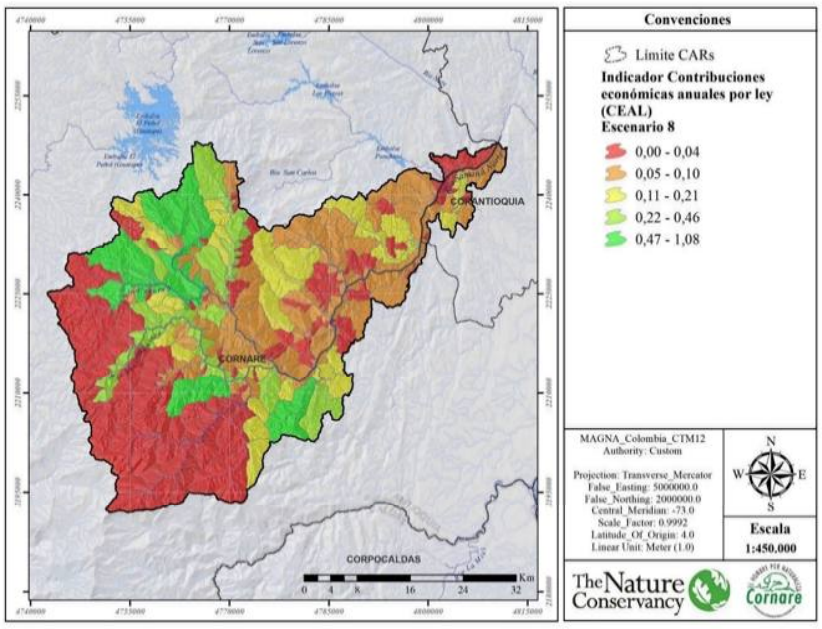
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.2.3 Indicador de dinamización de la economía local (DEL)

En la Figura 403 se presenta el resultado del indicador de dinamización de la economía local, para los 8 escenarios de análisis. Se observa que, al igual que los anteriores, este muestra una correlación positiva ante la presencia de PCH. No obstante, la escala de los valores monetarios es muy superior, en la medida en que depende de la inversión en obra civil que realizan los proyectos en su etapa de construcción.

Escenario 1: la construcción de los 6 proyectos que actualmente se encuentran operando en la cuenca del Samaná Norte, generó inversiones por parte de los proyectos que derivaron en procesos de dinamización los cuales se estiman en $603.926.553.692. Si bien estos rubros no quedan en su totalidad en los municipios productores, si repercuten positivamente en dichas economías

Escenario 2: La entrada en construcción del proyecto La cascada genera un incremento en los rubros de inversión de los proyectos del 0,49%, lo cual implica $2.991.749.563 que dinamizan otros sectores de la economía relacionados con la generación hidroeléctrica.

Escenario 3: La inclusión de los proyectos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Norte genera contribuciones que dinamizarían la economía local durante la etapa de construcción por valor de $1.754.590.148.292.

Escenario 4: Los proyectos que conforman este escenario y que incluyen aquellos que se encuentran en trámite de licencia ambiental, trámite de concesión de agua, o con DAA aprobado al interior de la Cuenca del río Samaná Norte, durante la construcción generarían un potencial económico para los municipios de $1.792.431.796.424 a partir de encadenamientos de diferentes sectores económicos.

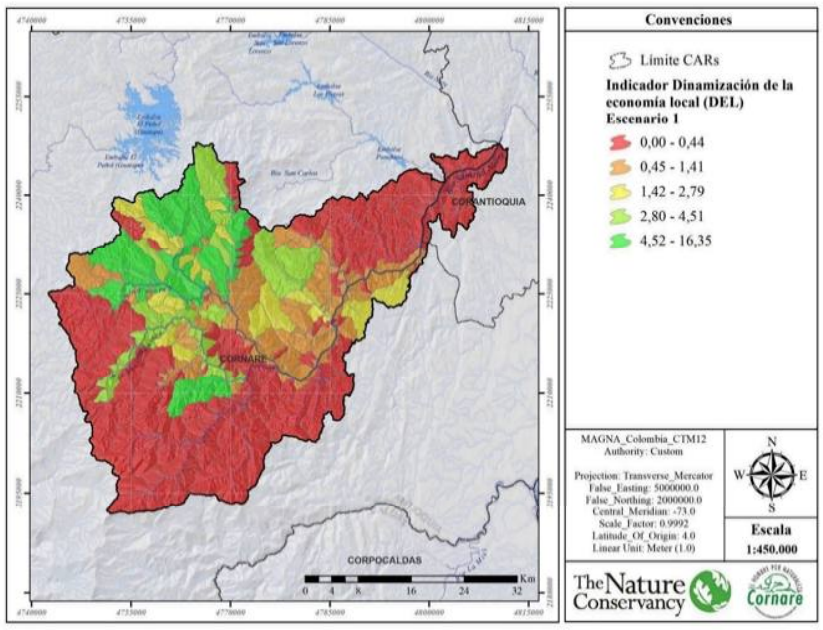
Escenario 5: Este escenario refleja procesos de dinamización de la economía por valor de $2.029.819.673.547.

Escenario 6: El escenario 6 que incluye todos los proyectos en sus diferentes etapas generan las máximas contribuciones que pueden incidir positivamente en las condiciones económicas de los municipios productores con $2.185.558.769.582. Si se compara este escenario con el escenario 1, vemos un incremento en el indicador de dinamización de la economía local del 261,89% esto es $1.581.632.215.890 (pasa de $603.926.553.692 a $2.185.558.769.582.)

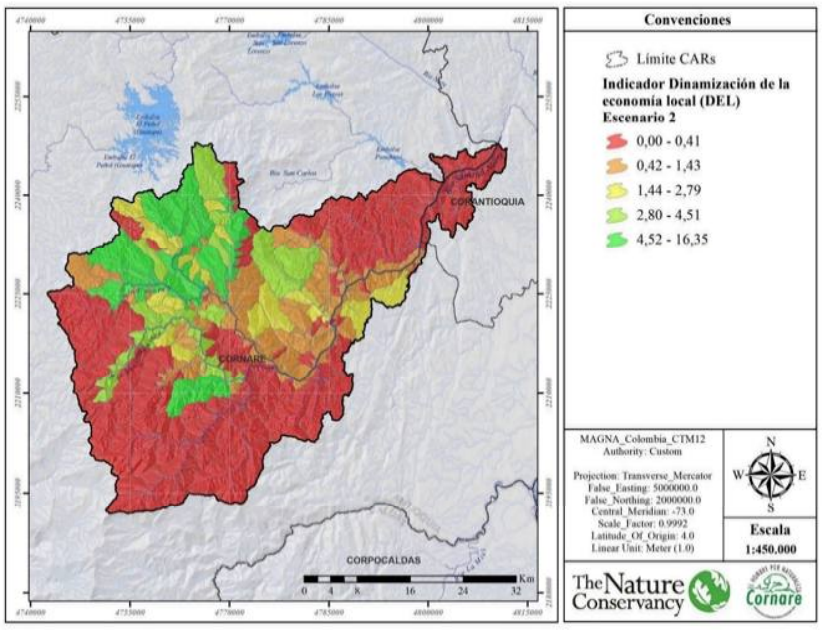
Escenarios 7 y 8: Para estos dos escenarios las inversiones que dinamizarían las economías de los municipios productores ascienden a $1.769.723.635.892 y $ 1.731.881.987.759 respectivamente.

Figura 403. Distribución espacial del DEL a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

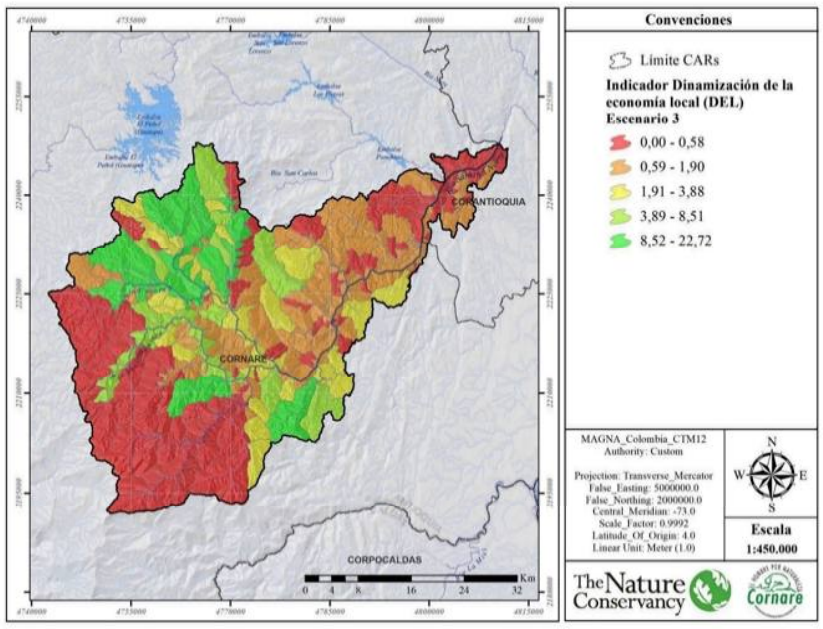
Escenario - 1



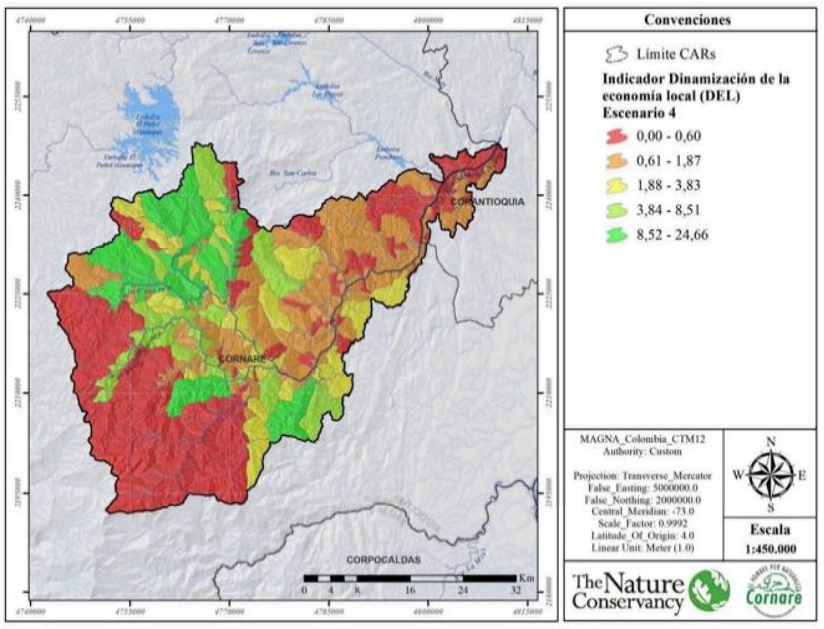
Escenario - 2



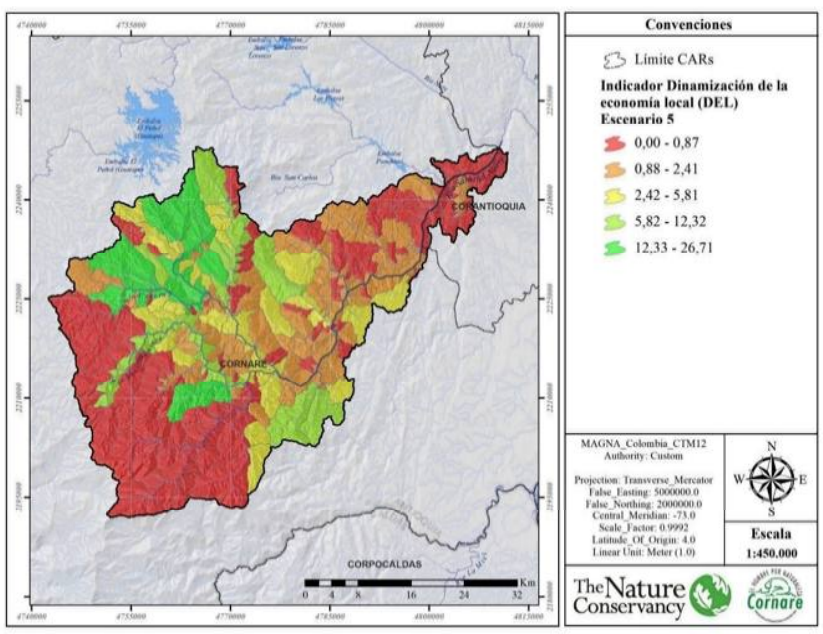
Escenario - 3



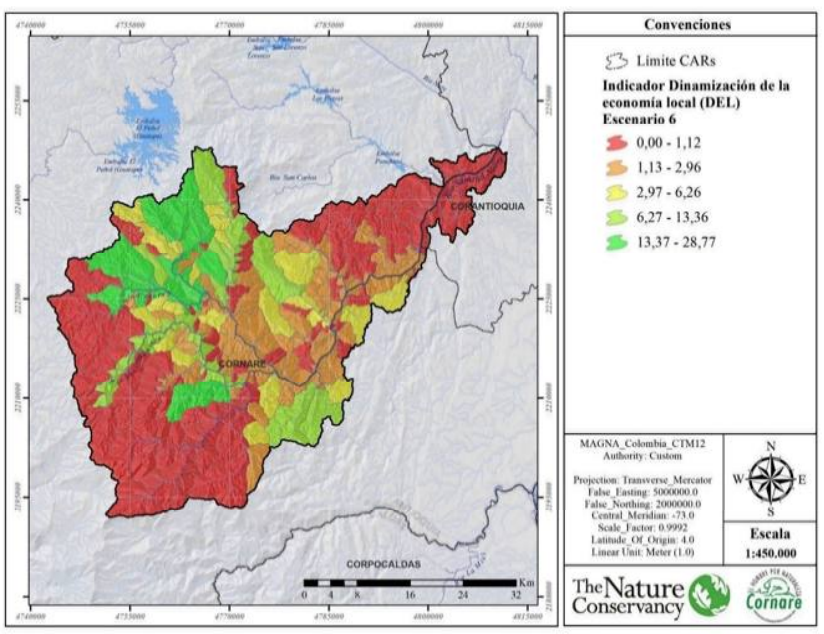
Escenario - 4



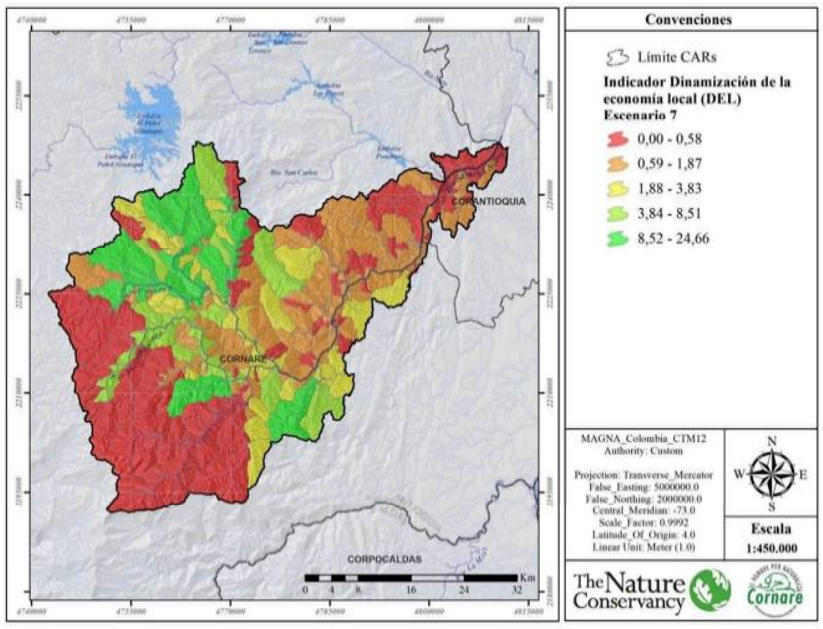
Escenario - 5



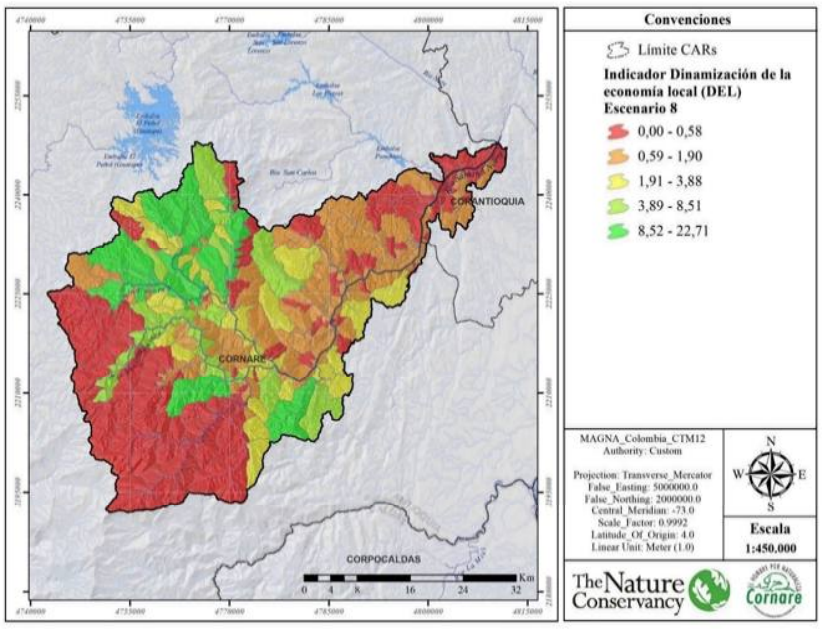
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.3 *Indicadores sociales*

16.4.3.1 Indicador de pobreza multidimensional (IPM)

De acuerdo con lo descrito en el numeral 14.4.3.1, el indicador de pobreza multidimensional (IPM) a nivel municipal se presenta en la Tabla 198.

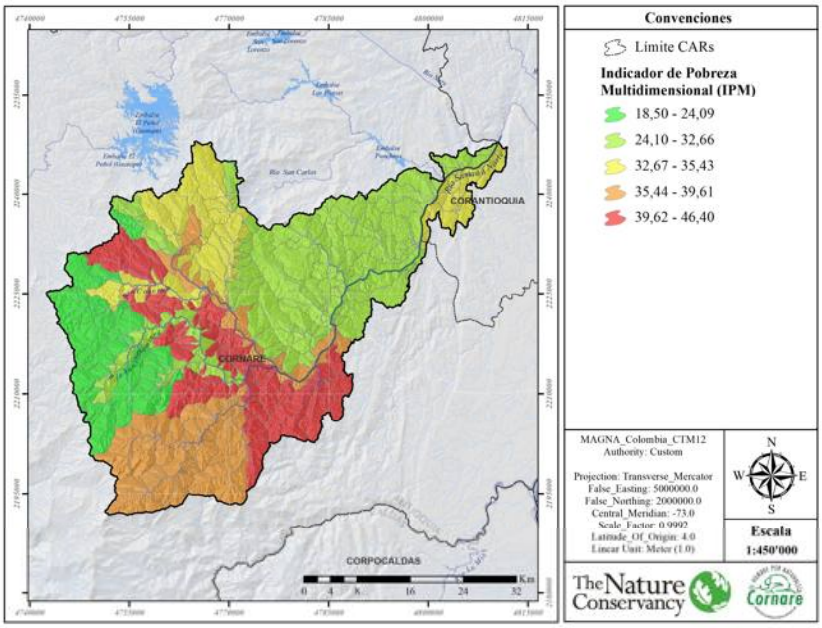
Tabla 198. Indicador de pobreza multidimensional Samaná Norte.

Municipio	IPM (total municipio)	Municipio	IPM (total municipio)
Cocorná	42,90	**San Carlos**	32,40
El Carmen de Viboral	18,50	**San Francisco**	46,40
El Santuario	22,00	**San Luis**	32,40
Granada	33,40	**Sonsón**	37,90
Puerto Nare	33,10		

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda (DANE, 2018b)

En la Figura 404 se observa la espacialización del indicador de pobreza multidimensional en las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Norte en los 8 escenarios de análisis, el cual es constante para todos los escenarios. La interpretación completa de este indicador puede consultarse en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b).

Figura 404. Distribución espacial del IPM a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.3.2 Indicador de pobreza de ingreso (IPI)

De acuerdo con lo descrito en el numeral 14.4.3.1, el indicador de ingresos municipal. (IPI) a nivel municipal se presenta en la Tabla 199.

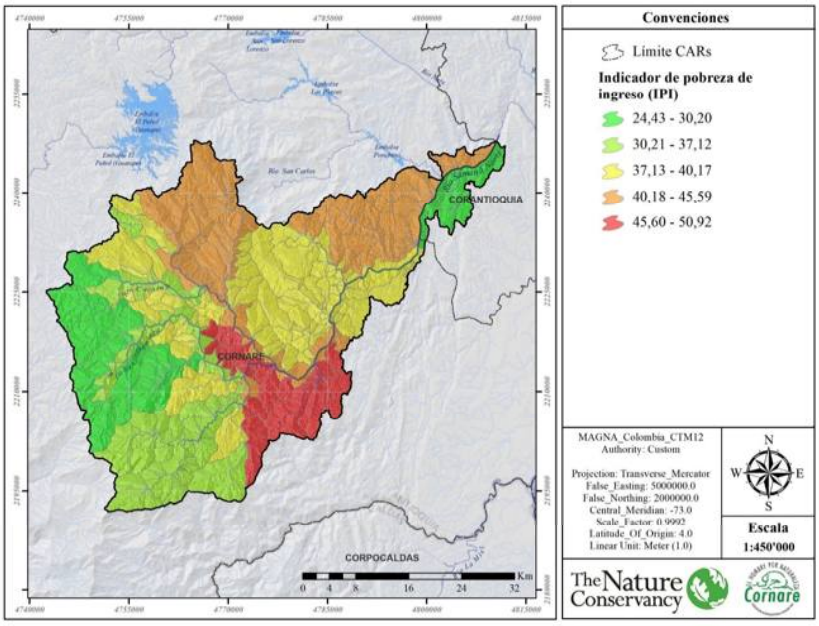
Tabla 199. Indicador de pobreza de ingresos de la Cuenca del río Samaná Norte

Municipio	IPI		
Cocorná	40,17	**San Carlos**	41,35
El Carmen de Viboral	24,43	**San Francisco**	50,92
El Santuario	33,94	**San Luis**	38,50
Granada	42,74	**Sonsón**	36,29
Puerto Nare	30,11		

Fuente: Encuesta de Calidad de Vida (Gobernación de Antioquia, 2019)

En la Figura 405 se observa la espacialización del indicador de pobreza de ingreso en las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Norte en los 8 escenarios de análisis, el cual es constante para todos los escenarios. La interpretación completa de este indicador puede consultarse en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b).

Figura 405. Distribución espacial del IPI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

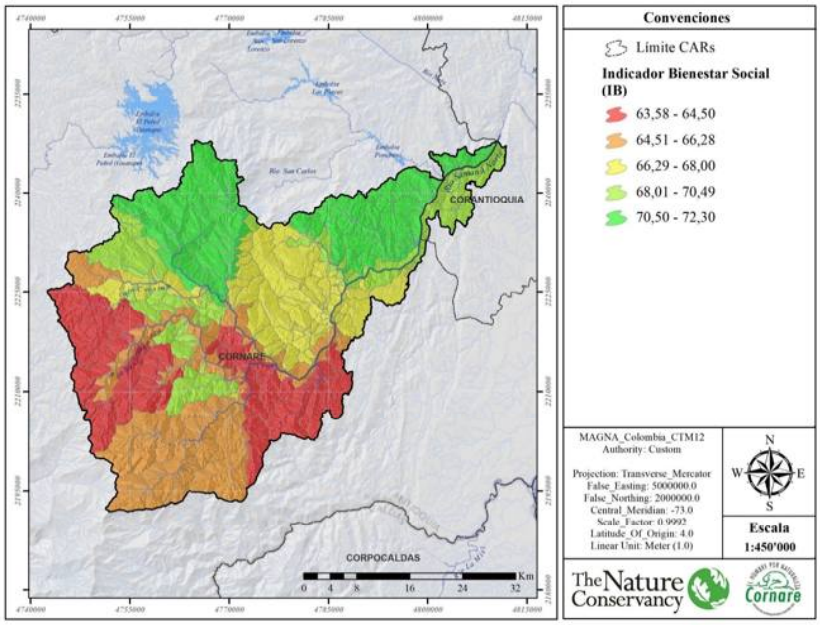


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.3.3 Indicador de bienestar (IB)

En el Figura 406 se presenta el resultado del indicador de bienestar, para los 8 escenarios de análisis. Se observa que dentro de los límites municipales se encuentran áreas con diferencia en el indicador, la razón es que son territorios de subcuencas que se encuentran en jurisdicción de varios municipios, razón por la cual se hace el recálculo que integra los indicadores de los municipios que confluyen en ella.

Figura 406. Distribución espacial del IB a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

Los datos revelan que las condiciones de vida en la cuenca aun presentan precariedades en cuanto a acceso a servicios públicos y sociales:

El saneamiento de aguas residuales en ninguno de los nueve municipios llega al 80% de cobertura y en seis de ellos está por debajo del 60%. Este es un dato representativo en la medida en la que el saneamiento básico es fundamental para vivir una vida sana.

El acceso a servicio de internet no alcanza el 40% en ninguno de los municipios, dato cercano al porcentaje de acceso a nivel nacional que es de 43, 4%. Aun así, la limitación al acceso pone a los habitantes de la cuenca en una situación de desventaja en un mundo globalizado e interconectado.

En relación con el déficit habitacional, en general la cuenca presenta valores cercanos e incluso inferiores a los nacionales que presentan 9,8% de déficit cuantitativo y 26,8% de déficit cualitativo para un déficit habitacional total de 36,6% (DANE, 2020a). Los cálculos para la cuenca muestran que el déficit habitacional total es de 23,73% con un cuantitativo de 3,87% y un cualitativo de 19,86%; todos valores inferiores a los déficits nacionales. Cabe mencionar que los municipios con el déficit cualitativo más alto son en su orden: San Luis (30,48%), por encima del déficit nacional; San Francisco (26,77%), Cocorná (25,81%) y Sonsón (25,25%). En cuanto al déficit cuantitativo, los municipios con valores menos favorables son Puerto Nare (8,97 %), Sonsón (6,22%), San Luis (4,32%) y San Francisco (3,17%)

La situación de la cuenca en educación es menos favorable que la nacional en razón a que la tasa de analfabetismo es de 6,83% superando en 1,5 puntos porcentuales la tasa nacional que se encuentra en 5,24%. Los únicos municipios que se encuentran por debajo de la tasa nacional de analfabetismo

son El Carmen de Viboral, El Santuario y Granada. Mientras que Cocorná, San Francisco, San Carlos y Puerto Nare se encuentran por encima entre el 8% y hasta el 10,39%

La de cobertura en educación primaria es superior al 100% dato que se explica en razón a que en algunos municipios se atiende población de municipios cercanos. Es de anotar que la tasa nacional también se encuentra por encima del 100% de cobertura. La tasa de cobertura en educación media es 75,87%, encontrándose cuatro puntos por debajo de la nacional se encuentra en 80,11% para el año 2018 (MinEducación, 2018).

El porcentaje de población afiliada a un régimen de cobertura en salud para la cuenca es de 85,25%, siendo el municipio de Puerto Nare con un 74,90% el de menor cobertura, mientras que San Luis (109,08%) y San Francisco (98,80%) presentan los datos más favorables en comparación con el porcentaje de cobertura nacional que es 97,78%. El caso de San Luis se explica porque atiende población del corregimiento de Jerusalén que es jurisdicción del municipio de Sonsón (Minsalud, 2021).

Para el tema de recreación, medido a partir de los metros cuadrados de espacios para el disfrute de la naturaleza por habitante, la cuenca en general resultó con 51,74 metros cuadrados por habitante que, comparados con el estándar internacional, el indicador de espacio público por habitante, elegido como referente, es muy superior. Esta medición confirma el alto sentido de pertenencia de los habitantes del territorio, identificado en el diagnóstico, el cual se encuentra altamente relacionado con la oferta paisajística de la cuenca. Es de aclarar que para realizar el cálculo de la variable se presentaron dificultades en la consecución de datos debido a que para los municipios de El Santuario, Granada y Sonsón no se tenían datos, razón por la cual se hizo extrapolación de valores con base en los municipios más cercanos y que presentan condiciones de contexto similares.

La organización comunitaria, movilizadora de acciones encaminadas a mejorar las condiciones de vida de las comunidades, se midió a partir del porcentaje de territorios definidos por la división político-administrativa de los municipios (veredas, corregimientos y casco urbano) que cuentan con organización comunitaria (Junta de Acción Comunal, JAC). En esta variable la totalidad del territorio de la cuenca toma un valor de 112,65%; es decir, y confirmando la información construida en diagnóstico, este territorio cuenta con una tradición y dinámica de participación fuerte y arraigada.

16.4.3.4 Indicador de retorno social de la inversión (SROI)

De acuerdo con lo descrito en el numeral 14.4.3.4, para determinar la contribución de la inversión social anual de los proyectos hidroeléctricos se tiene en cuenta el presupuesto de cada uno de los municipios en jurisdicción de la cuenca del río Samaná Norte. En los presupuestos municipales se toman los sectores de inversión que corresponden a saneamiento básico rural, protección del patrimonio, proyectos productivos del sector agropecuario, la conservación ambiental a partir de la educación, compra de tierras para la protección y conservación de áreas de acueductos, manejo y conservación de cuencas y mejoramiento de viviendas. En la Tabla 200 se presenta el consolidado del presupuesto social de los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte.

Tabla 200. Presupuesto Municipal Social de los municipios de la Cuenca del río Samaná Norte

Municipios	Presupuesto Municipal Social
Cocorná	$ 282.150.615
El Santuario	$ 591.469.608
San Francisco	$ 702.725.178
Sonsón	$ 2.361.781.086
Granada	$ 1.390.800.776
El Carmen de Viboral	$ 743.606.039
San Carlos	$ 2.418.174.003
Puerto Nare	$ 2.157.053.757
San Luis	$ 955.459.590

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 407 se presenta el resultado del indicador de retorno social a la inversión, para los 8 escenarios de análisis. Se evidencia valores en la inversión social en los municipios donde se concentran los proyectos hidroeléctricos de la Cuenca del río Samaná Norte, en donde:

Escenario 1: Para este escenario compuesto por los 6 proyectos en operación en la cuenca se estiman inversiones sociales anuales, de acuerdo con las actividades entorno a la dimensión social de los Planes de Manejo Ambiental de los proyectos, equivalentes a $554.438.971 lo cual representa una contribución del 154% del presupuesto social del municipio de Cocorná, 21% al municipio de Granada, 2% al municipio de San Carlos y 12% al municipio de San Luis; ya que se encuentran los proyectos El Popal, San Miguel, El Molino, San Matías, Calderas y Tafetanes, los cuales mediante la inversión en actividades enfocadas a la educación comunitaria, memoria y patrimonio cultural, apoyo empresarial rural, entre otras; influyen en el fortalecimiento en la dimensión social de las comunidades del área de influencia o de los municipios en donde participan.

Escenario 2: Las contribuciones económicas para este escenario se incrementan en $9.607.124 debido a la entrada del proyecto la Cascada, dicha inversión social se haría efectiva en el municipio de Granada, donde el aporte en términos del presupuesto social municipal es del 22%.

Escenario 3: Para este Escenario conformado por un total de 12 proyectos actuales y prospectivos que cuentan con licencia ambiental para entrar en operación y/o en construcción, para un total en la inversión social de $3.725.235.303, esta inversión se fortalece por la consideración de los proyectos de gran escala Palagua, Porvenir II y Santo Domingo, con inversiones en actividades sociales como programas de información y participación ciudadana, educación ambiental, manejo a la generación de empleo, apoyo a la capacidad institucional, manejo al patrimonio arqueológico y específicamente de acuerdo a los reportes del PMA de Palagua inversión social en proyectos de promoción turística de la Quebrada La Arabia y el malecón de Puerto Garza de $1.230.000.000. Las contribuciones al presupuesto social anual de los municipios incrementan en 184% en Cocorná, 8% en el Carmen de Viboral, 27% en Granada, 133% en Puerto Nare (por la influencia de las PCH Palagua y Porvenir 2), 121% en San Carlos (por la influencia de las PCH Calderas, Palagua y Porvenir 2), 49% en San Francisco (donde se encuentra ubicado el proyecto Santo Domingo) y 12% en San Luis.

Escenario 4: En este escenario se encuentran 14 proyectos, que incluyen adicional a los del escenario 3, los proyectos Cocorná III y Sabaletas I que se encuentran en trámite de licencia ambiental y con DAA aprobado respectivamente al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Las inversiones sociales de estos proyectos en la contribución del presupuesto social municipal aumentan en los municipios de Cocorná en un 35% y en San Luis en un 2%.

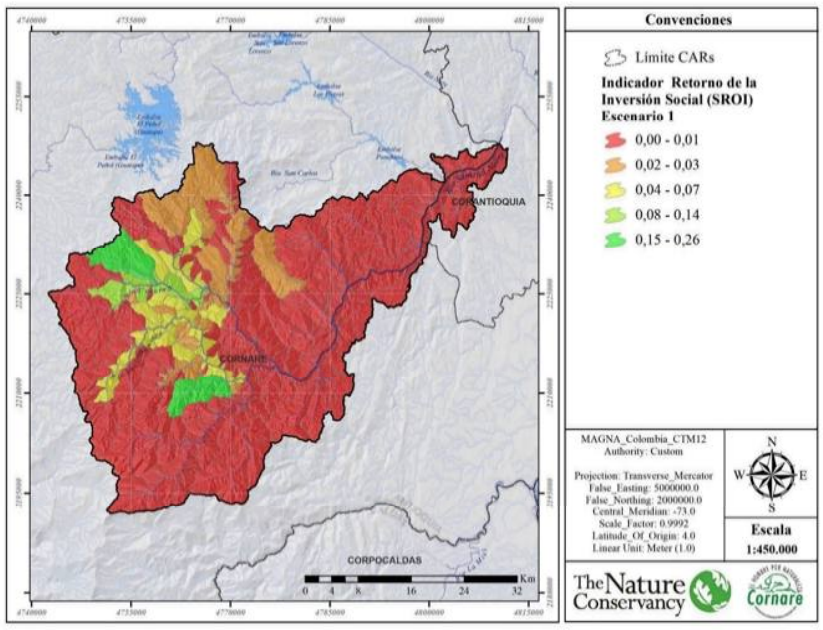
En el escenario 5, en donde incluye 25 proyectos hidroeléctricos con una inversión social total de $4.910.845.465, sin embargo, las mayores contribuciones ya fueron generadas para el escenario 3, en este sentido los aportes de inversión social en el presupuesto municipal son del 353% en Cocorná por la presencia de los proyectos El Popal, San Miguel, Cocorná I, Santo Domingo, Coconrá III, Pántagoras, El Molino, San Matías, Guadualito; del 19% en El Carmen de Viboral por las PCH Cocorná I, La Confluencia, Río Cocorná; 8% en El Santuario por la PCH San Matías; 35% en Granada por las PCH Calderas, Guadualito, Granada, La Cascada, El Molino, San Matías, Tafetanes; 133% en Puerto Nare por Palagua y Porvenir 2; 129% en San Carlos por La Mirandita, San Miguel-Las Gaviotas, Santa Barabara, Palagua, Porvenir 2 y Calderas; 49% en San Francisco por la PCH Santo Domingo, 34% en San Luis por las PCH Cantabia, Sabaletas II, San Miguel-Las Gaviotas, Sabaletas I y San Miguel.

Escenario 6: Este escenario refleja una inversión social anual total de $5.100.664.8.36 debido a la estimación en el área social de proyectos que se encuentran en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos y una contribución sobre el presupuesto social municipal de 392% en Cocorná, 39% en El Carmen de Viboral, 8% en El Santuario, 40% en Granada, 133% en Puerto Nare, 133% en San Carlos, 49% en San Francisco y 45% en San Luis.

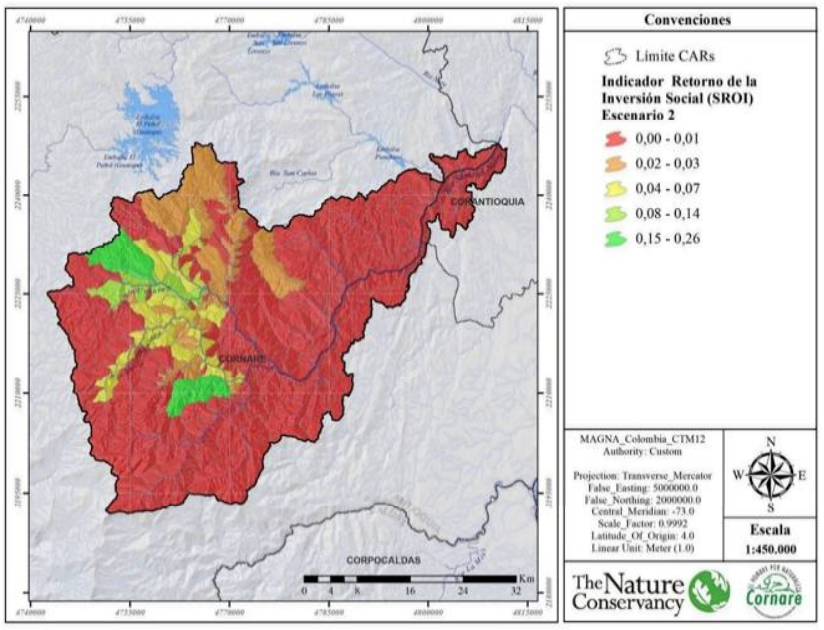
Escenarios 7 y 8: para estos dos escenarios, los aportes derivados de la inversión social enfocados en actividades de información y participación comunitaria, educación, lecto escritura para adultos, apoyo empresarial rural, rescate arqueológico, gestión institucional entre otros; se reducen (escenario 7: $3.957.749.448), (escenario 8: $3.842.283.498). Lo cual evidencia la influencia de los proyectos hidroeléctricos sobre la dimensión social enfocado en actividades para el mejoramiento y fortalecimiento de las comunidades, sin embargo, para entender el real efecto de dichas inversiones es necesario realizar seguimiento y evaluación constante sobre los efectos sobre las condiciones de vida de la población en los municipios en donde se encuentran ubicados.

Figura 407. Distribución espacial del SROI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

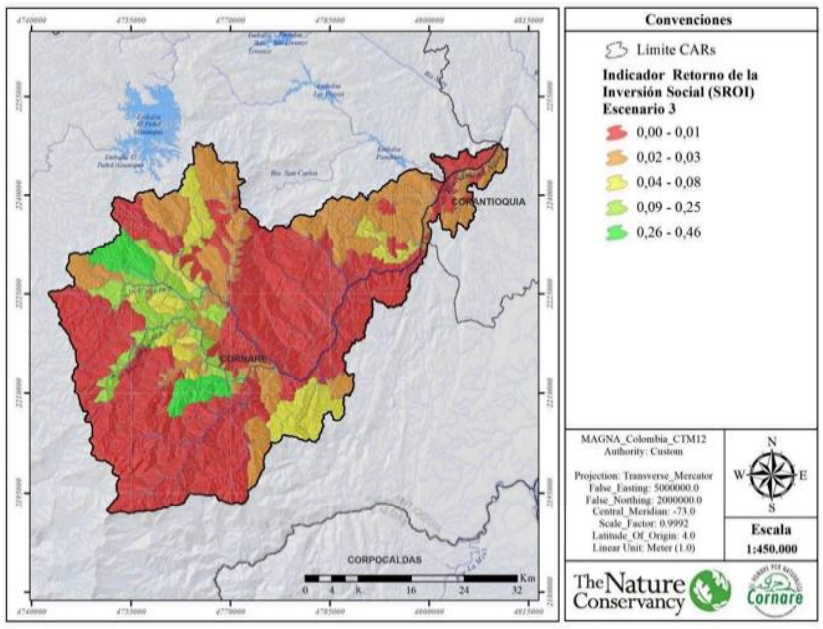
Escenario - 1



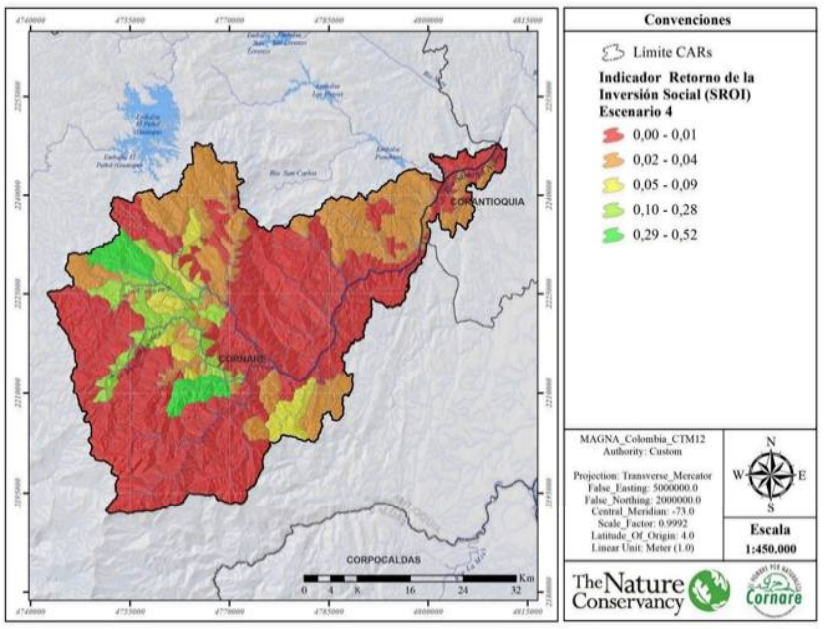
Escenario - 2



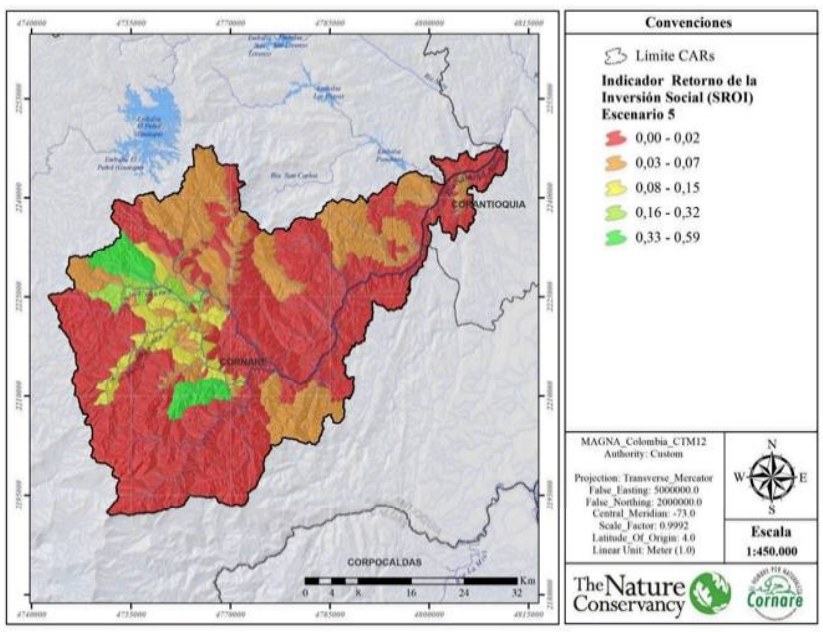
Escenario - 3



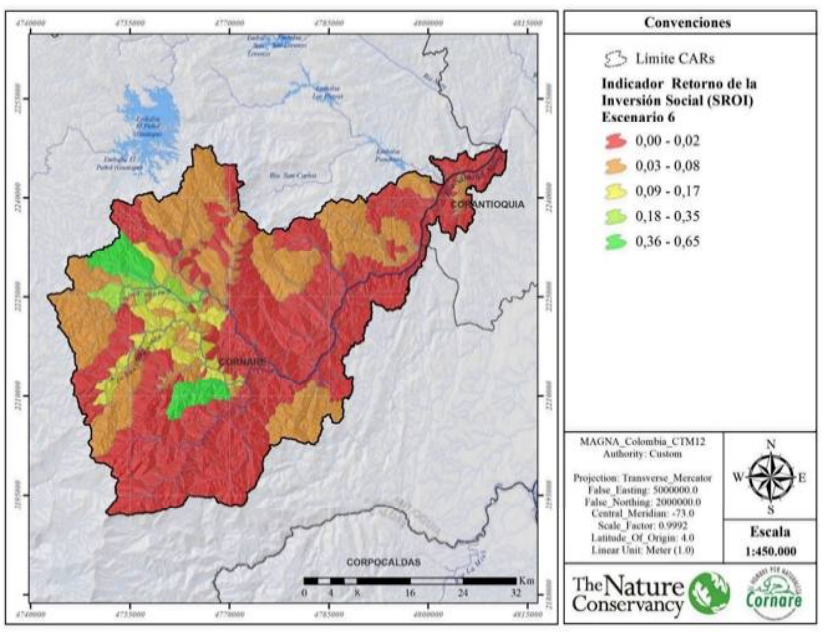
Escenario - 4



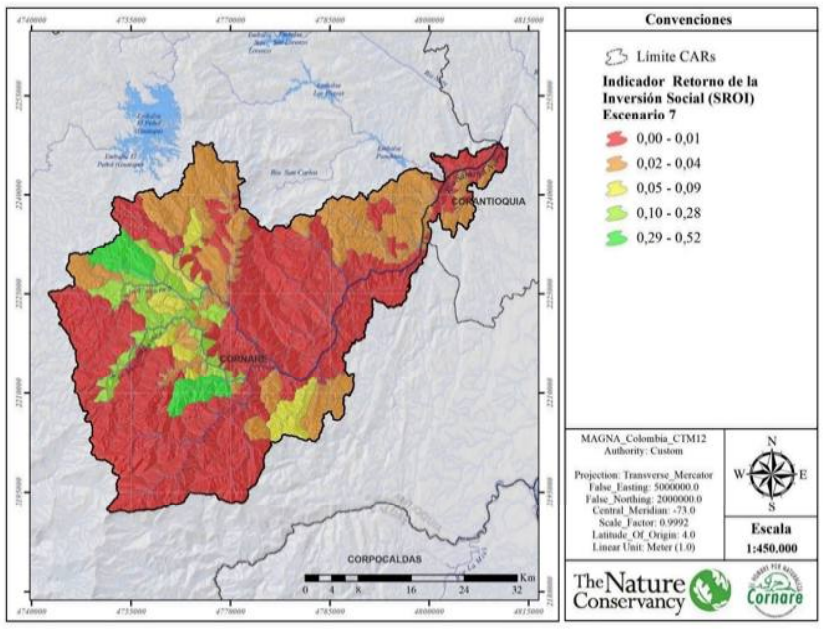
Escenario - 5



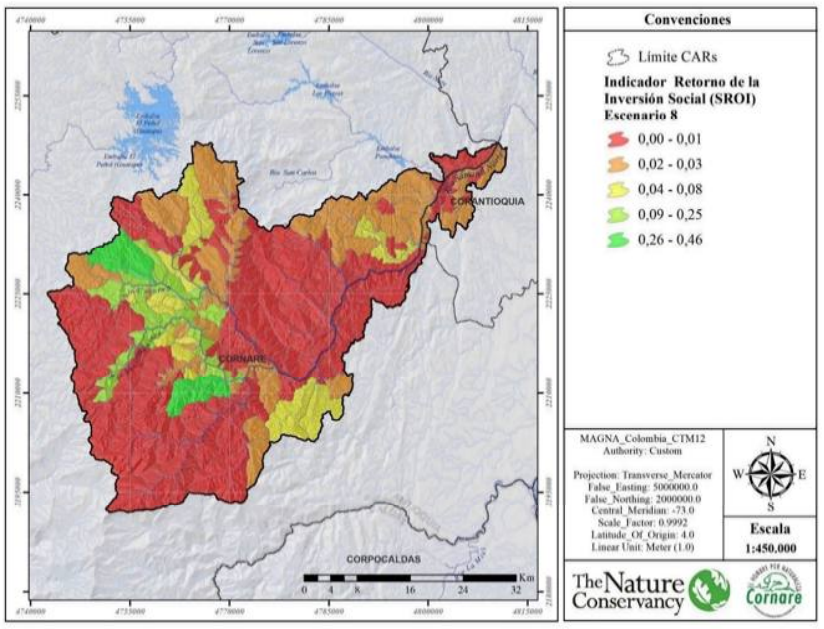
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.4.3.5 Indicador de conectividad beta (Iß)

En la Figura 408 se presenta los resultados del Iβ de la cuenca del río Samaná Norte en los 8 escenarios de análisis. En el escenario 1 se observa que las subcuencas en donde tiene valores de conectividad en promedio de 0,23 se deben a la existencia de vías y centros poblados, más las vías de acceso que fueron condicionadas para los proyectos hidroeléctricos en operación, teniendo en cuenta las PCH El Molino, San Matías y El Popal comparten una vía principal.

Escenario 2: Considera los proyectos hidroeléctricos en operación, aunado a los proyectos en construcción al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. En este sentido el Proyecto hidroeléctrico la Cascada no genera alguna contribución en la conectividad del área de la influencia, continuando con el indicador en promedio del 0,23.

Escenario 3: Esta presenta un total de 12 proyectos, que suman los escenarios 1 y 2 más los proyectos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Norte; con una conectividad beta en toda la cuenca de 51,61 por la influencia de los proyectos Granada, Cocorná I, Santo Domingo, Palagua y Porvenir 2 que prospectivamente en las obras de construcción y operación mejoran, construyen y/o adecuan vías que pueden beneficiar a la comunidad para transitar entre sus centros poblados y las cabeceras municipales de Granada, Cocorná, Puerto Nare y San Carlos.

Escenario 4: En este escenario se encuentran 14 proyectos que corresponden a los anteriormente citados más los que se encuentran en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. En este caso la conectividad aumenta en 1,37 por la presencia de las PCH Sabaletas I y Cocorná III en los municipios de San Luis y Cocorná respectivamente.

A nivel general, en escenario 5, 6, 7 y 8, se evidencia una mejoría en la parte baja de la cuenca debido a la presencia de proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental que prospectivamente pueden en las fases de construcción y operación adecuan vías para su acceso las cuales pueden ser aprovechadas por los centros poblados en el área de influencia, sin embargo, se debe tener en cuenta que dichas vías aún no han sido proyectadas por lo tanto no se sabe específicamente a qué tipo de población puede ser beneficiada y si los tramos conectan directamente con los centros poblados.

Escenario 5: en donde incluye 25 proyectos con una conectividad beta total de 58, en este sentido el aumento en el indicador es en los municipios de Cocorná por la presencia de los proyectos El Popal, San Miguel, Cocorná I, Santo Domingo, Cocorná III, Pántagoras, El Molino, San Matías, Guadualito; en El Carmen de Viboral por las PCH Cocorná I, La Confluencia, Río Cocorná; en El Santuario por la PCH San Matías; en Granada por las PCH Calderas, Guadualito, Granada, La Cascada, El Molino, San Matías, Tafetanes; en Puerto Nare por Palagua y Porvenir 2; en San Carlos por La Mirandita, San Miguel-Las Gaviotas, Santa Barabara, Palagua, Porvenir 2 y Calderas; en San Francisco por la PCH Santo Domingo, en San Luis por las PCH Cantabia, Sabaletas II, San Miguel-Las Gaviotas, Sabaletas I y San Miguel.

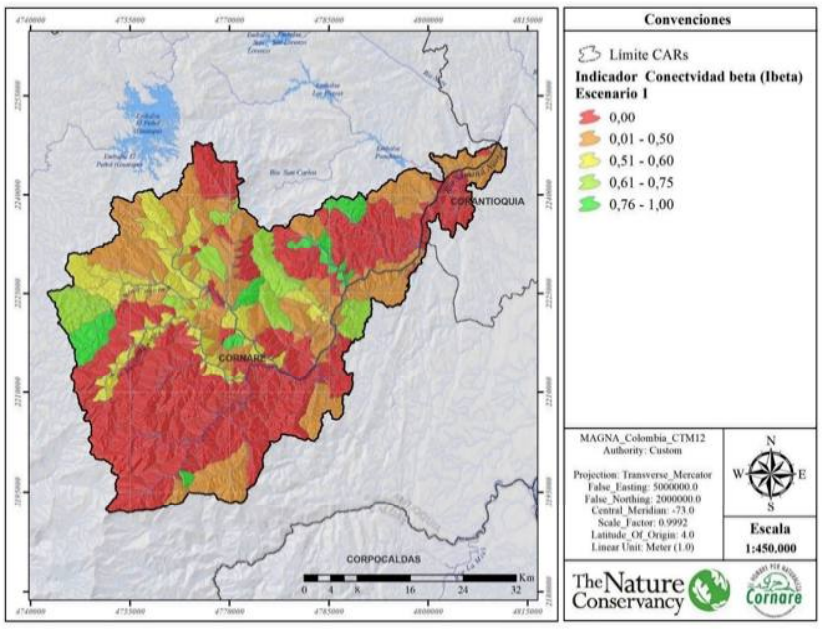
Escenario 6: Este escenario refleja una conectividad del 62,71 debido a la estimación de proyectos que se encuentran en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en

solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos. Se observa un aumento con respecto al escenario anterior ya que se toman en cuenta 36 proyectos hidroeléctricos en total, sin embargo, se evidencia que el aumento no es significativo ya que la ubicación de los proyectos se encuentra muy cercanos a vías primarias y secundarias ya existentes.

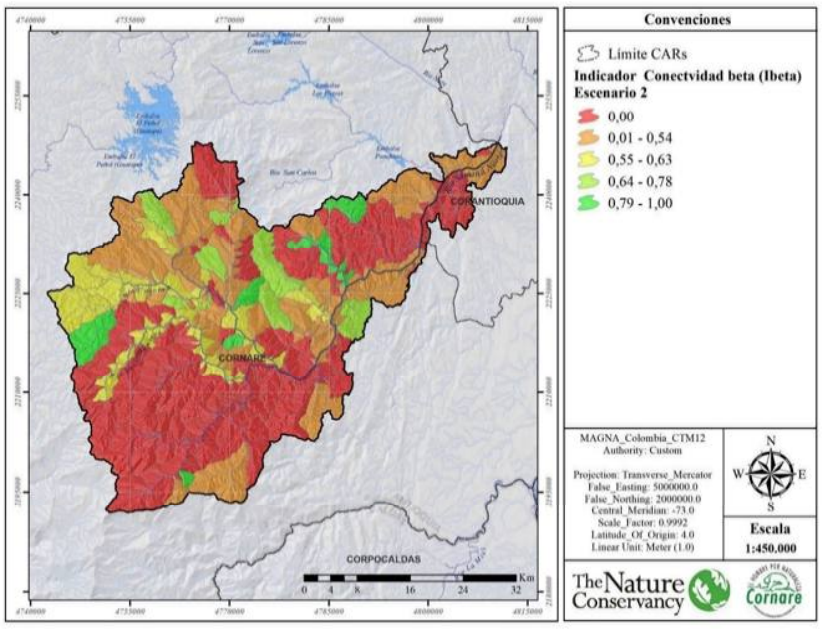
Escenarios 7 y 8: para estos dos escenarios, la conectividad es similar al escenario 3, con 51,88 con la influencia de los proyectos hidroeléctricos del escenario 7 y un 51,48 en el escenario 8.

Figura 408. Distribución espacial del Iβ a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

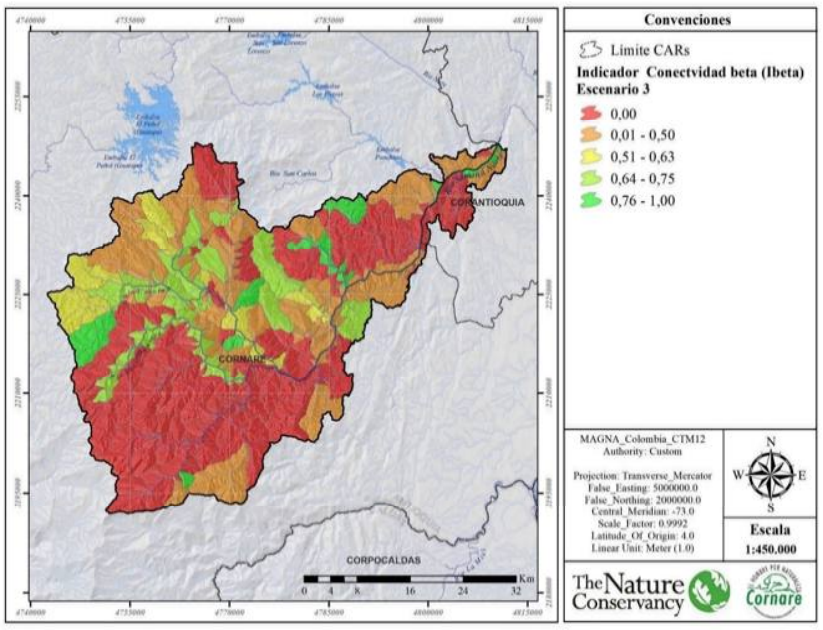
Escenario - 1



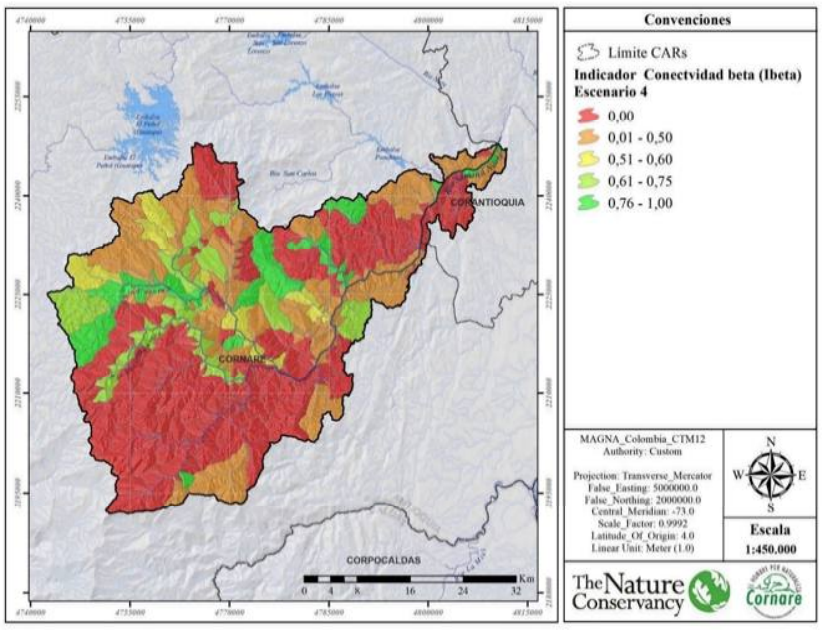
Escenario - 2



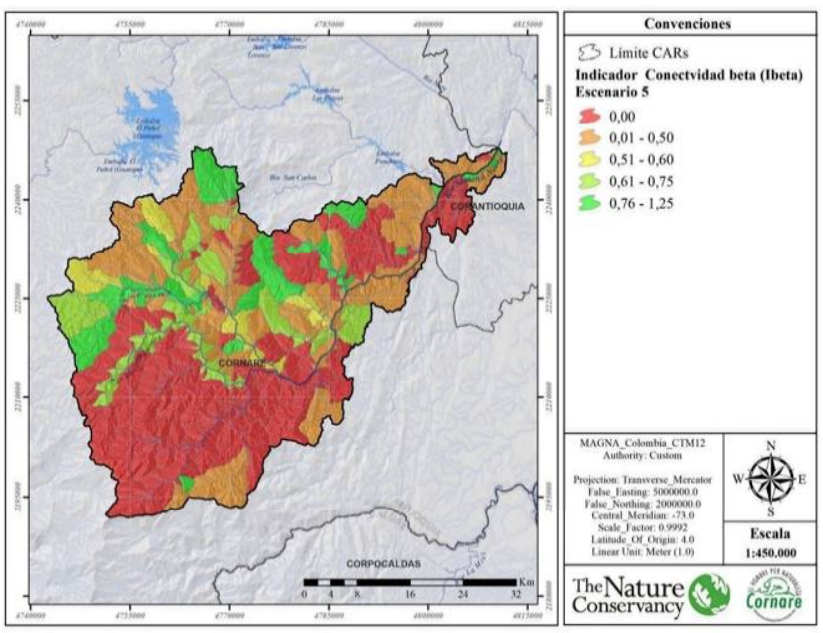
Escenario - 3



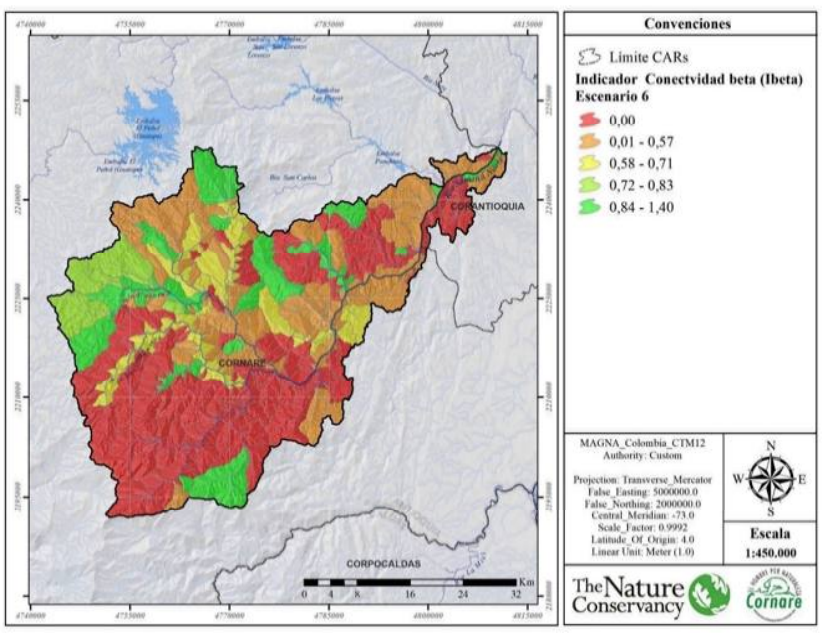
Escenario - 4



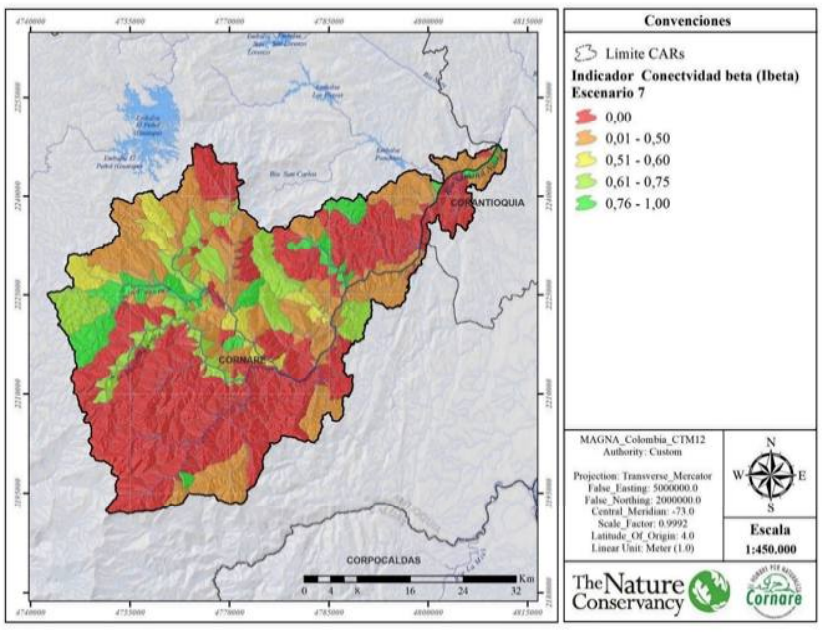
Escenario - 5



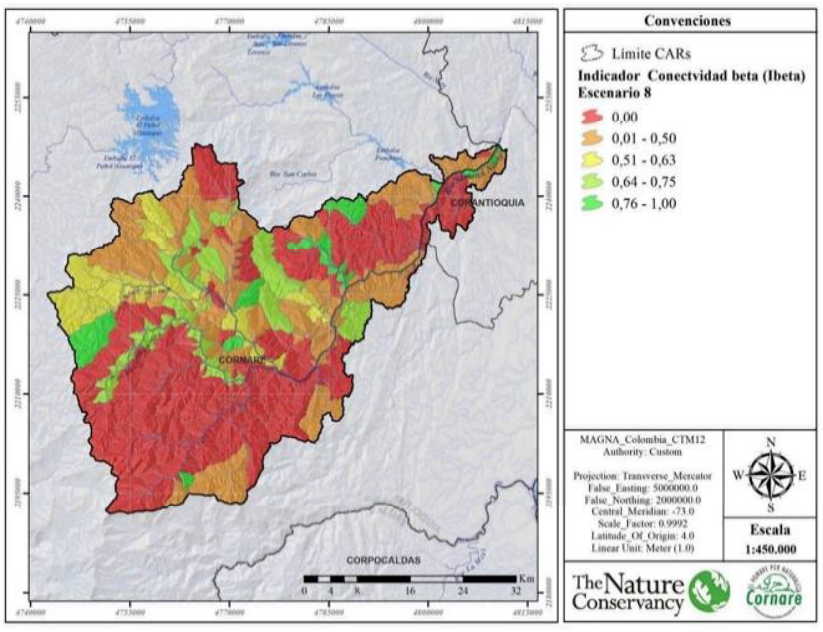
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.5 Subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social

En esta sección se presenta los resultados de los subíndices integrados de sostenibilidad de las dimensiones ambiental, económica y social en los 8 escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Norte. En el Anexo - Fase III - 8 se consolidan para todas las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Norte, los valores del subíndice integrado ambiental, económico y social. Este mismo anexo disponen las memorias de cálculo de estos indicadores. Adicionalmente, en el Anexo - Fase III - 1 pueden consultarse los archivos espaciales.

16.5.1 *Subíndice integrado ambiental*

En la Figura 409 se presenta el resultado del subíndice integrado ambiental para la cuenca del río Samaná Norte en los 8 escenarios de análisis. Los resultados de este subíndice permiten tener un acercamiento frente a la sostenibilidad ambiental a partir de las condiciones actuales de los ecosistemas y el recurso hídrico, y de sus transformaciones e implicaciones esperadas con los escenarios propuestos, bajo actividades que generan presión; en este estudio los proyectos hidroeléctricos. En este sentido, se observa que la sostenibilidad ambiental de la cuenca del río Samaná Norte se encuentra entre las categorías alta y media baja en el escenario 1, de acuerdo con los rangos establecidos en el numeral 14.7. Espacialmente, se identifica que las unidades NSS-3 que presentan unas condiciones altas en términos de sostenibilidad ambiental, se sitúan en la parte alta de la cuenca del río Samaná Norte, en los costados suroccidental y nororiental. Esta distribución es coherente, tomando en cuenta que dichas unidades se encuentran contenidas entre áreas y ecosistemas estratégicos como las reservas forestales protectoras (RFPR) Cañones de los ríos Melcocho y Santo Domingo, La Tebaida, Cuchilla del Tigre, El Calón y La Osa y en Distrito de Manejo Integrado (DMRI) Viaho – Guayabal. Por otra parte, en el escenario 2 se evidencia valores bajos en la sostenibilidad ambiental, específicamente en zonas donde se encuentran Proyectos Hidroeléctricos en operación correspondientes a las PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, y San Matías; los cuales se encuentran sobre los ríos Calderas y Tafetanes, afectando a los ecosistemas acuáticos y terrestres como en la conectividad al generar barreras en puntos específicos y a partir de las obras para su construcción y posterior operación.

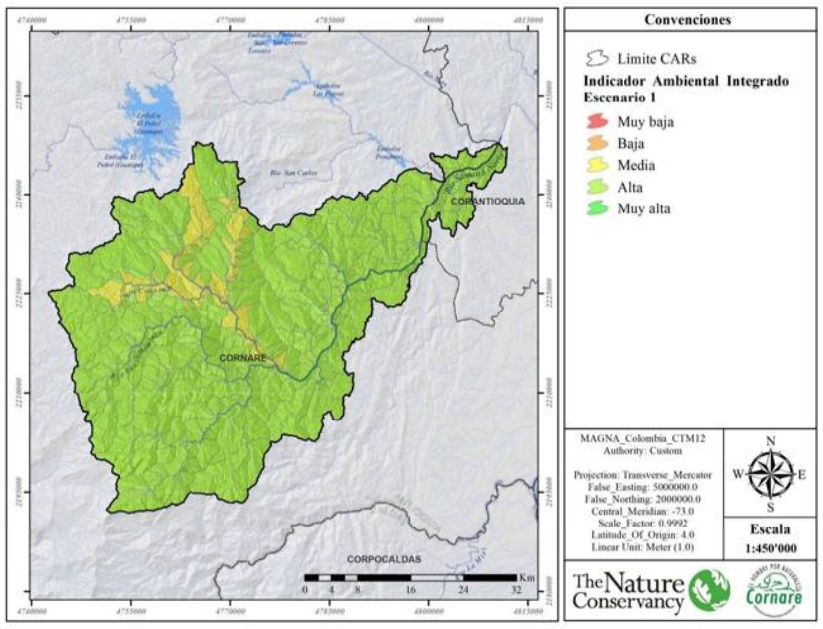
A partir del escenario 3, donde tienen influencia los proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, entre otros, la sostenibilidad ambiental comienza a disminuir a lo largo y ancho de la cuenca, alcanzando valores medios a bajos. Este comportamiento, se explica por resultados encontrados en indicadores como el de conectividad dendrítica, el indicador de calidad morfológica, el grado de regulación y el indicador de ramping. Por ejemplo, en los escenarios donde participan las PCH Porvenir 2 y Palagua, se evidencian alteraciones en la conectividad fluvial, lo que interfiere con la capacidad de la biota acuática para absorber y adaptarse a las alteraciones de los embalses y que asimismo generan barreras para el tránsito de los peces. Esto explica en gran parte el comportamiento observado en los escenarios 3 al 8, donde la sostenibilidad ambiental de la cuenca se encuentra en muy poca proporción en alta, gran parte de la cuenca en sostenibilidad ambiental media y algunas subcuencas en sostenibilidad ambiental baja. Las subcuencas con sostenibilidad ambiental baja se encuentran sobre el río Calderas y en la parte baja del río Samaná Norte, debido a la acumulación de PCH en el caso del río Calderas y la presencia de PCH de gran dimensión y por ende impacto en la parte baja de la cuenca.

Cabe resaltar la importancia de la conectividad del sistema fluvial, ya que es multidireccional y forma una red de relaciones para garantizar la estabilidad ecológica de la cuenca hidrográfica proporcionando un mecanismo de movimiento longitudinal de organismos río arriba y río abajo y lateral dentro de los sistemas ecológicos y entre ellos; es así como el ecotono de los humedales conecta hábitats acuáticos y terrestres a través de la gradiente de profundidad del agua y las planicies de inundación experimentan variaciones estacionales peculiares en sus niveles de agua en conexión con los regímenes de inundación, permitiendo el movimiento lateral de especies y siendo un medio esencial de migración, hibridación, flujo de genes y mantenimiento de la diversidad biológica.

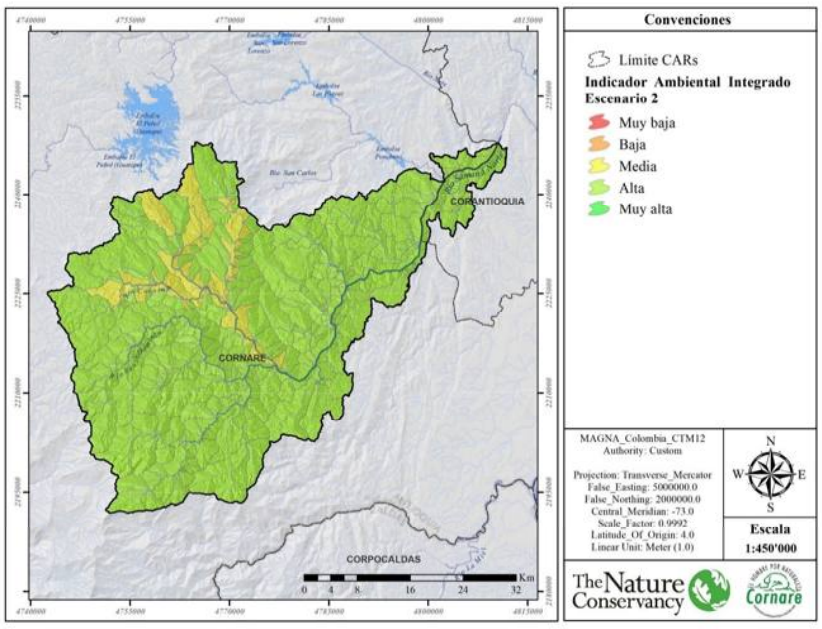
Los proyectos hidroeléctricos de pequeña, mediana y gran escala generan impactos en especial los peces, principalmente por la deriva de los caudales por tuberías o túneles, lo cual ocasiona disminución en la oferta de hábitat en los tramos con caudal reducido; otro de los impactos identificado son el bloqueo de las rutas migratorias, siendo ocasionado por los muros de contención de los ríos y las extensas áreas embalsadas. Aunque existen otros impactos generados por las hidroeléctricas, estas son las principales afectaciones que pueden generar disminución en la biodiversidad, dominancia de especies introducidas e invasivas, y la diminución de la abundancia de individuos dentro de las especies (Poff et al., 2010 y Jumani et al., 2019).

Figura 409. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad ambiental a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

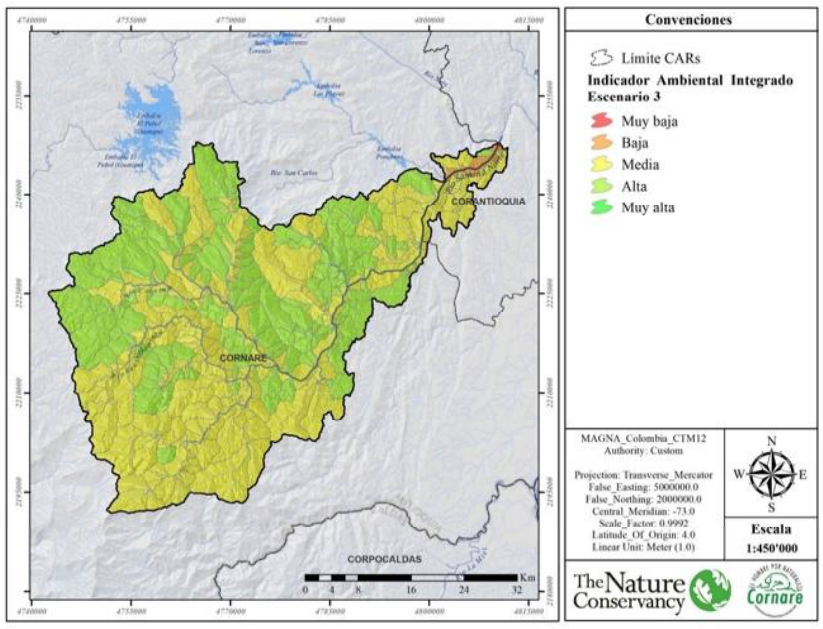
Escenario - 1



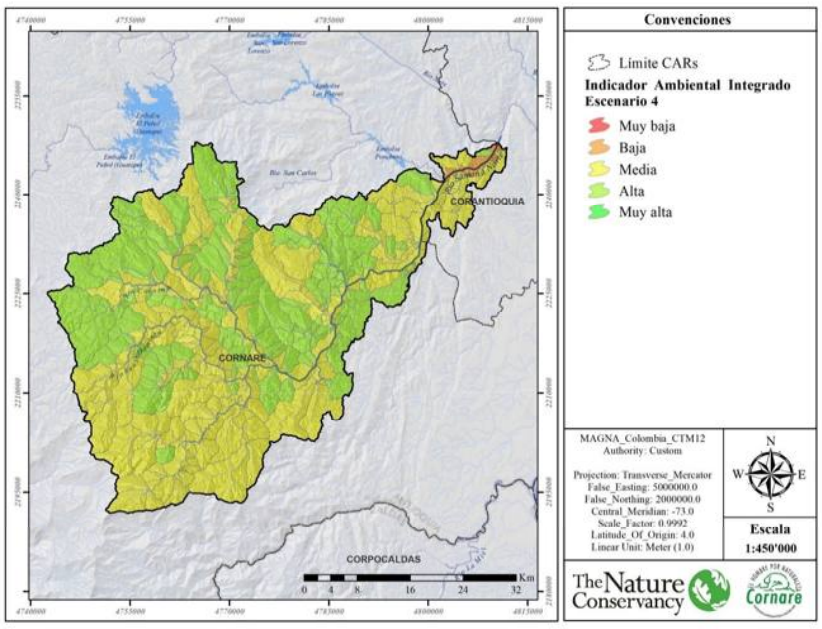
Escenario - 2



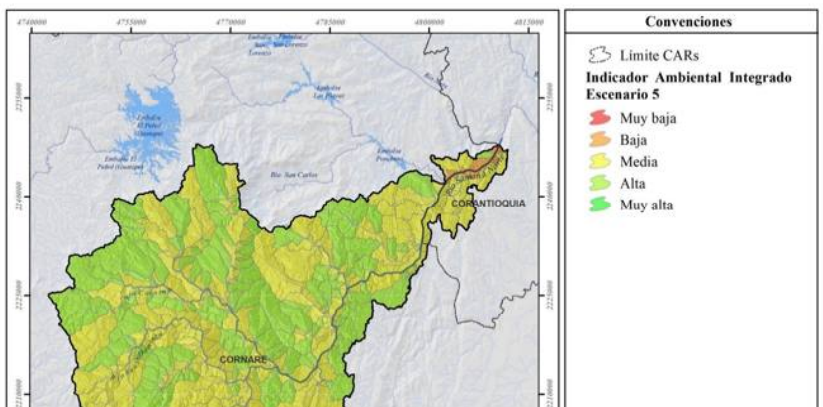
Escenario - 3



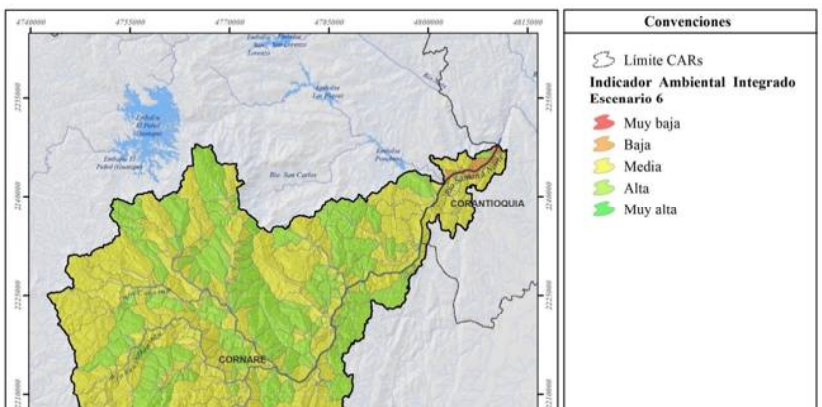
Escenario - 4



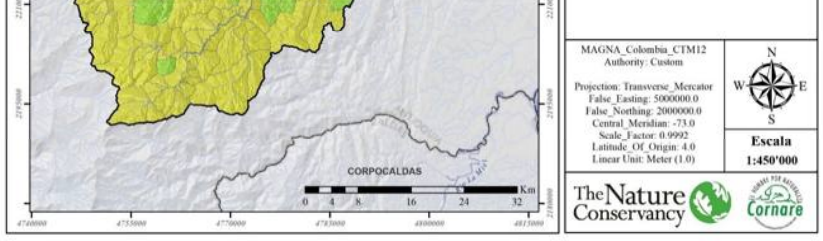
Escenario - 5



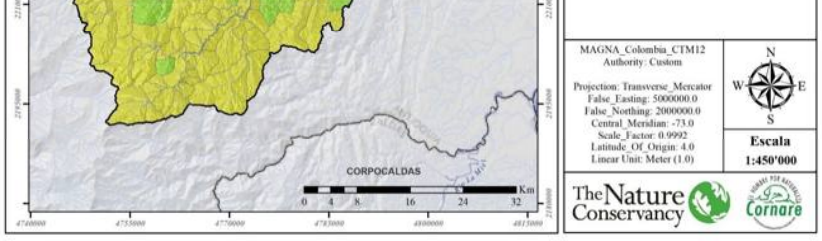
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.5.2 *Subíndice integrado económico*

A modo de síntesis, en la Tabla 201 presenta un resumen de la condición económica para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte. En ella se evidencia una correlación positiva en términos de la sostenibilidad económica y la presencia de proyectos hidroeléctricos. Esto dado que desde la etapa de construcción se generan externalidades positivas para los municipios en los cuales se emplazan los proyectos, en este sentido, se contrata mano de obra local y se ejecutan inversiones que dinamizan diferentes sectores productivos, mientras que en la etapa de operación se generan una serie de contribuciones económicas por ley (transferencias e impuestos) que terminan incrementado las arcas municipales.

Tabla 201. Síntesis indicadoras económicos cuenca Samaná Norte

Escenario	Generación potencial de empleos (etapas de construcción y operación)	Contribución de los empleos generados sobre la PEA*	Contribuciones económicas generadas	Contribuciones económicas sobre el PIB municipal	Dinamización de la economía a partir de multiplicadores de leontief	Dinamización de la economía sobre el PIB municipal
Escenario 1	700	15,55	27.457.305.805	12,34%	603.926.553.692	275,33%
Escenario 2	708	15,77	27.647.666.442	12,47%	606.918.303.255	277,32%
Escenario 3	2222	44,77	152.836.988.215	33,79%	1.754.590.148.292	575,96%
Escenario 4	2238	45,1	155.090.524.177	34,68%	1.792.431.796.424	590,48%
Escenario 5	2434	47,74	168.825.211.553	38,94%	2.029.819.673.547	663,03%
Escenario 6	2638	49,94	177.776.103.099	41,67%	2.185.558.769.582	711,64%
Escenario 7	2098	44,52	153.952.807.588	34,57%	1.769.723.635.892	588,19%
Escenario 8	2082	44,19	151.699.271.625	33,68%	1.731.881.987.759	573,67%

*PEA: Población económicamente activa

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

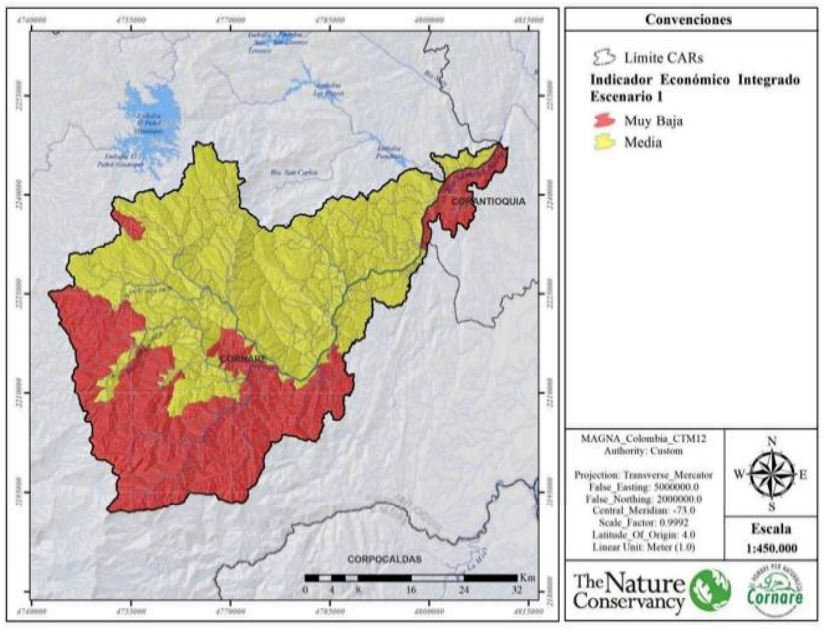
Sin embargo, la condición de potenciación económica evidenciada en la Tabla 201, no es correspondiente con el análisis realizado desde la dimensión socioeconómica en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), el cual da cuenta de condiciones de pobreza en rangos de alto y muy alto, con cerca del 80% de la población con trabajo informal, el 65% en bajo logro educativo (educación promedio de las personas del hogar menor a 9 años) y una tasa de dependencia económica del 34,5% (menos de 1 miembro del hogar trabaja por cada 6 personas). Así mismo, el análisis situacional realizado llamó la atención sobre la desigualdad territorial que la padecen quienes viven en centros poblados y zonas rurales, en donde el desarrollo de capacidades (a través de la educación), el acceso a servicios públicos y en general, las condiciones de vida son altamente precarias comparadas con las que ofrecen las cabeceras municipales.

En la Figura 410 se presenta el subíndice integrado de la sostenibilidad económica en los 8 escenarios de la cuenca del río Samaná Norte. Por un lado, el escenario 1 refleja resultados que corresponde a los proyectos en operación, la presencia de dichos proyectos no ha tenido una alta incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de los municipios productores de energía. En la etapa de construcción las inversiones en obra civil que realizan los proyectos generan un efecto puntual que no es sostenible en el tiempo; en este sentido, se presenta un boom económico, que puede derivar en un crecimiento económico temporal, pero que no se traduce en desarrollo económico. Por su parte, en la operación las contribuciones económicas por ley no se reflejan en mejores condiciones de vida a nivel agregado para los pobladores.

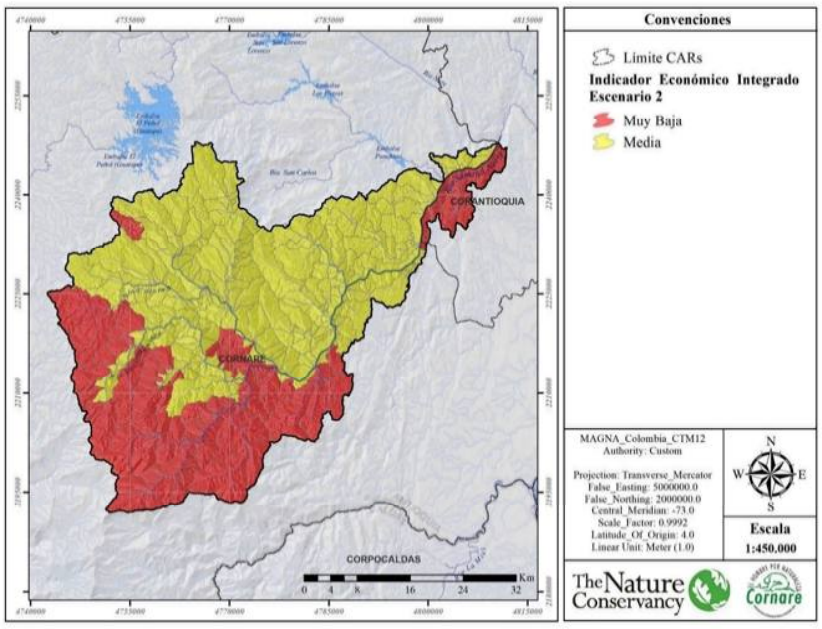
Sin embargo, a partir del escenario 3 en donde se tienen en cuenta 12 proyectos hidroeléctricos la sostenibilidad económica pasa a ser media en la parte baja, media y algunos transectos de la parte alta de la cuenca debido a las contribuciones y dinamización de la economía que generan estos sobre los municipios de influencia. Por otro parte, se evidencia que la sostenibilidad económica de la cuenca en el escenario 6 es media, esto se debe a la influencia de 36 los proyectos hidroeléctricos que se encuentran en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos; contribuyendo en los aspectos de generación de empleo, dinamización de la economía y contribuciones económicas por ley a los municipios en donde se encuentran ubicados. Sin embargo, como se expresó en el análisis anterior puede significar en un crecimiento económico temporal, pero que no se traduce en desarrollo económico como tal para los municipios y por ende subcuencas de la cuenca. En lo que respecta a los escenarios 7 y 8, la sostenibilidad económica disminuye en la parte alta de la cuenca ya que no se tienen en cuenta proyectos prospectivos que contribuyan en la generación de empleo y/o dinamización de la economía en las áreas de influencia, sin embargo, la mayor proporción de la cuenca se presenta en sostenibilidad económica media.

Figura 410. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad económica a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

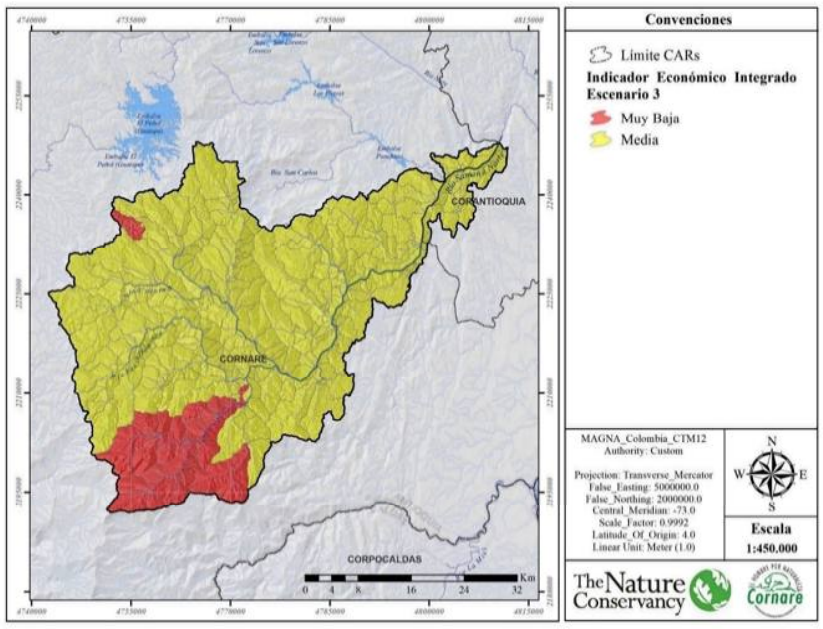
Escenario - 1



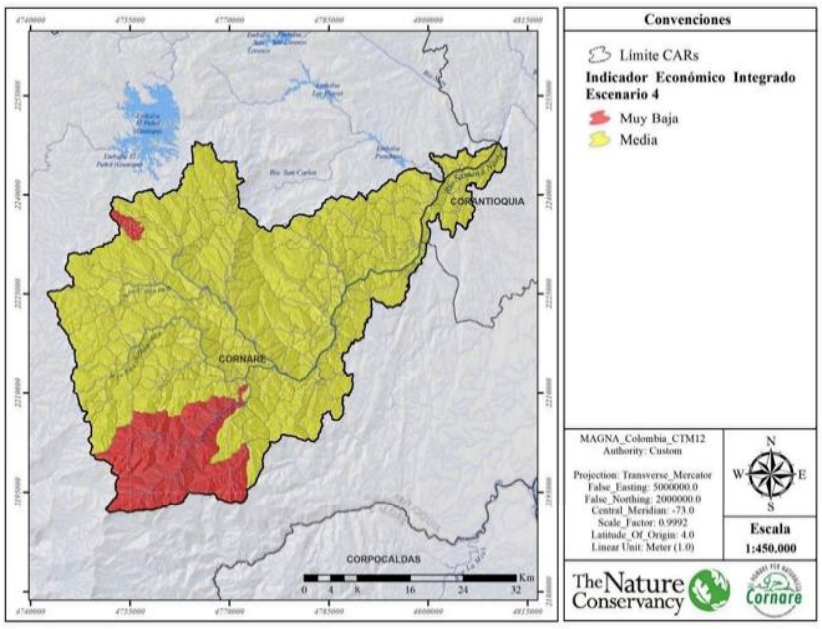
Escenario - 2



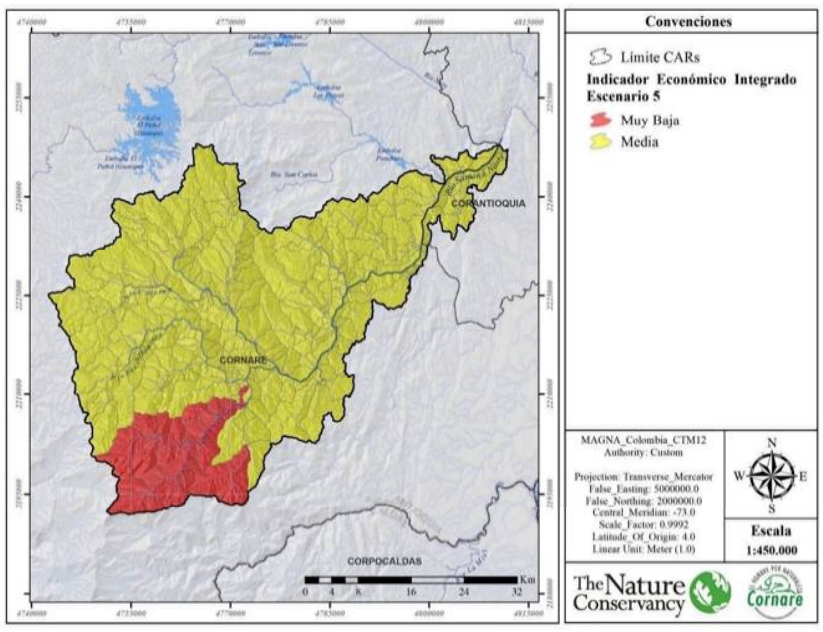
Escenario - 3



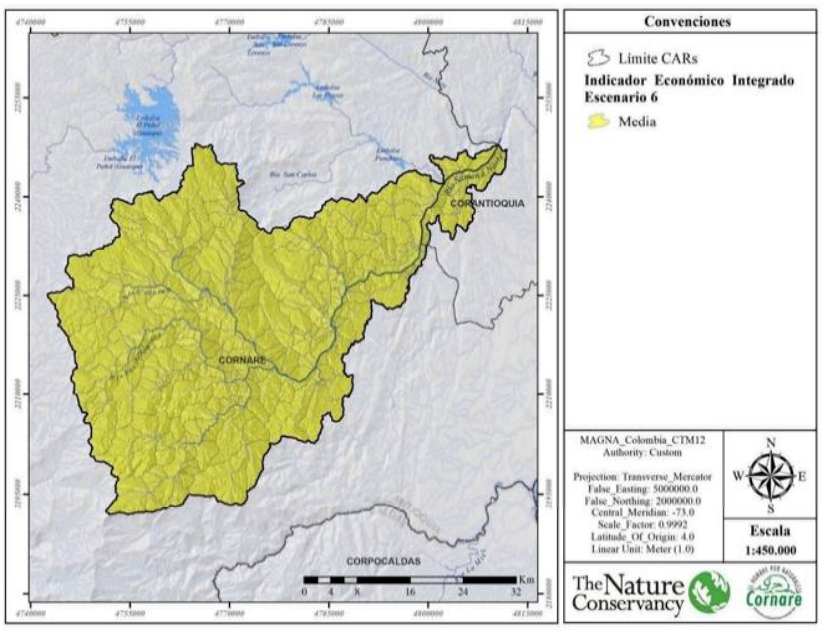
Escenario - 4



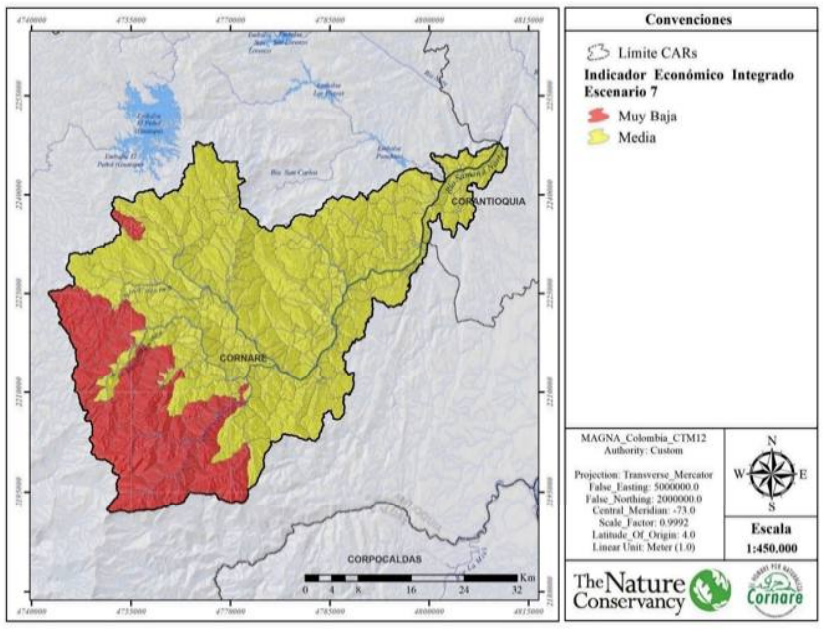
Escenario - 5



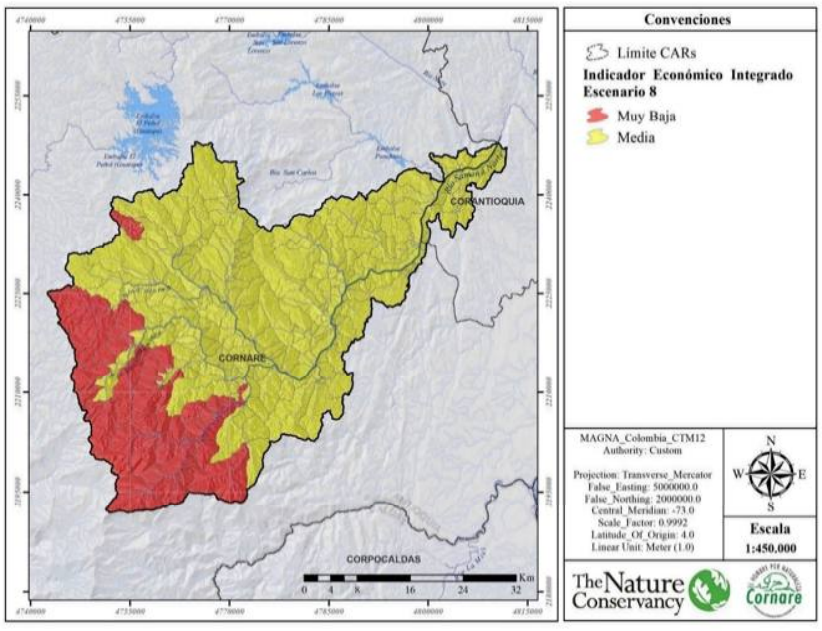
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

16.5.3 *Subíndice integrado social*

A continuación, se hace la interpretación del indicador integrado de la dimensión social de acuerdo con los valores que toman las subcuencas que conforman la Cuenca del río Samaná Norte.

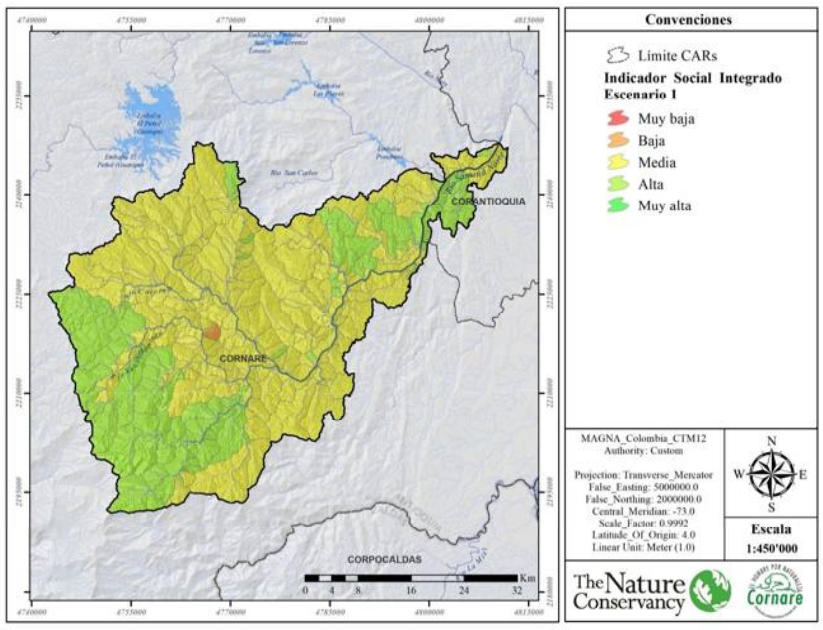
En la Figura 411 se presenta los resultados del subíndice de sostenibilidad social de la cuenca en los 8 escenarios. En el escenario actual (escenario 1) se observa que la sostenibilidad social varía entre baja a alta, debido a que los indicadores de pobreza multidimensional, pobreza de ingreso y bienestar social se realizan a partir de información de los municipios. Ahora bien, en la cuenca se evidencia algunas problemáticas entorno a la dimensión social como la inequidad, la insuficiencia en acueductos y saneamiento de aguas residuales, entre otros; se traduce en una sostenibilidad baja en los municipios de Puerto Nare, San Francisco, el Carmen de Viboral y Sonsón. Asimismo, en algunas subcuencas en donde se concentran los proyectos hidroeléctricos, se observa que la sostenibilidad social se encuentra media lo que indica que aún con la presencia de PCH que al aportar en cierta medida en conectividad mediante vías a centros poblados y la inversión social en los municipios de influencia no contribuye significativamente a la sostenibilidad social de la cuenca, ya que se debe articular las condiciones de calidad de vida y demás de las poblaciones y los déficit o problemáticas que permite identificar factores que podrían mejorar la sostenibilidad de la cuenca.

En el escenario 3 se observa una sostenibilidad social media en mayor proporción de la cuenca, esto se debe a las contribuciones de los proyectos Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías en operación, los proyectos en construcción PCH La Cascada, los proyectos con licencia ambiental PCH Granada, Cocorná I, Santo Domingo, Palagua y Porvenir 2, para un total de 12 PCH al interior de la Cuenca del río Samaná Norte; en términos de beneficios de las comunidad por la generación o mejoras en las vías para la conectividad entre centros poblados y/o cabeceras municipales. Asimismo, en las contribuciones de las PCH en la dimensión social en actividades enfocadas a la educación comunitaria, memoria y patrimonio cultural, apoyo empresarial rural, entre otras; influyen en el fortalecimiento en la dimensión social de las comunidades del área de influencia o de los municipios en donde participan.

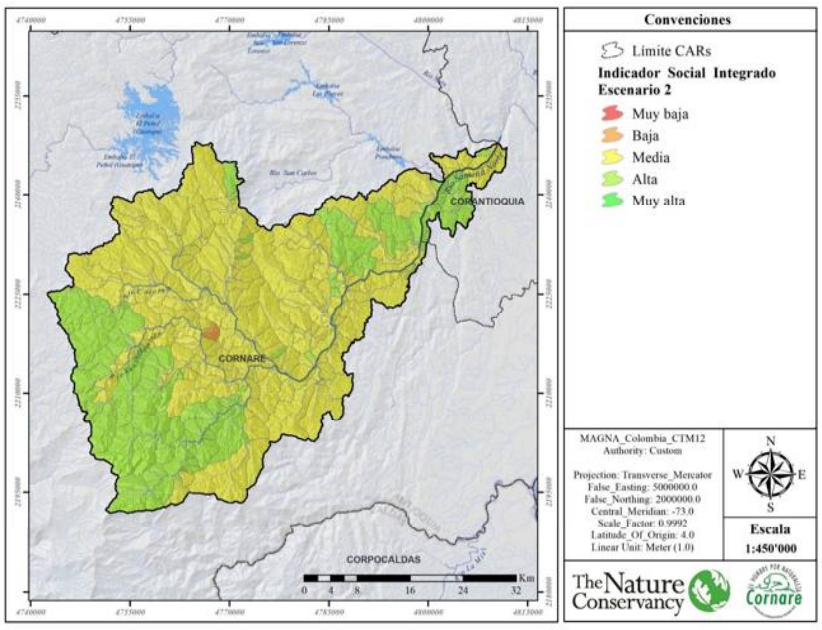
En los escenarios 4, 5 y 6, presenta similitudes en la sostenibilidad social al escenario anterior debido a la influencia demás de las PCH Sabaletas I y Cocorná III. En lo que respecta a los escenarios 7 y 8, la sostenibilidad social se mantiene alta y media en mayor proporción de la cuenca.

Figura 411. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad social a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

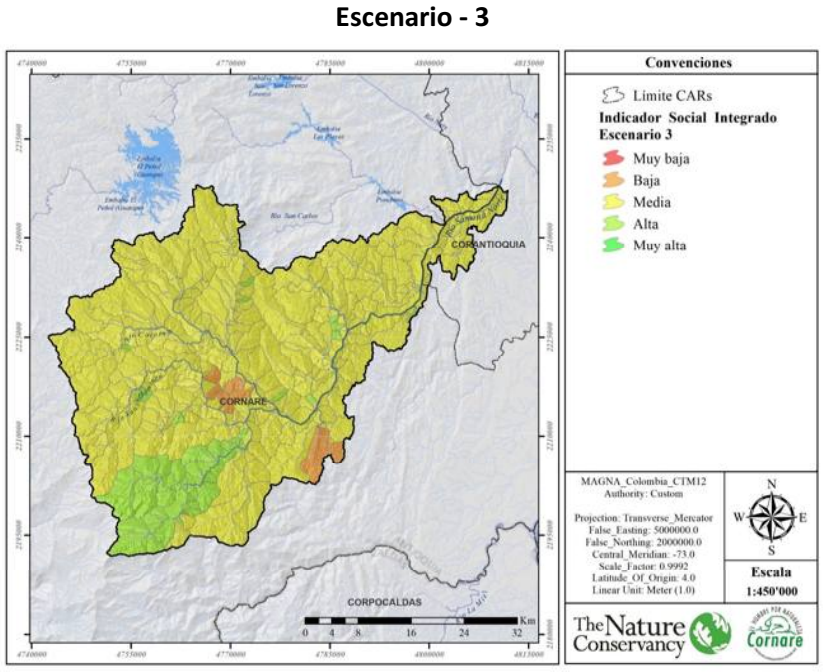
Escenario - 1



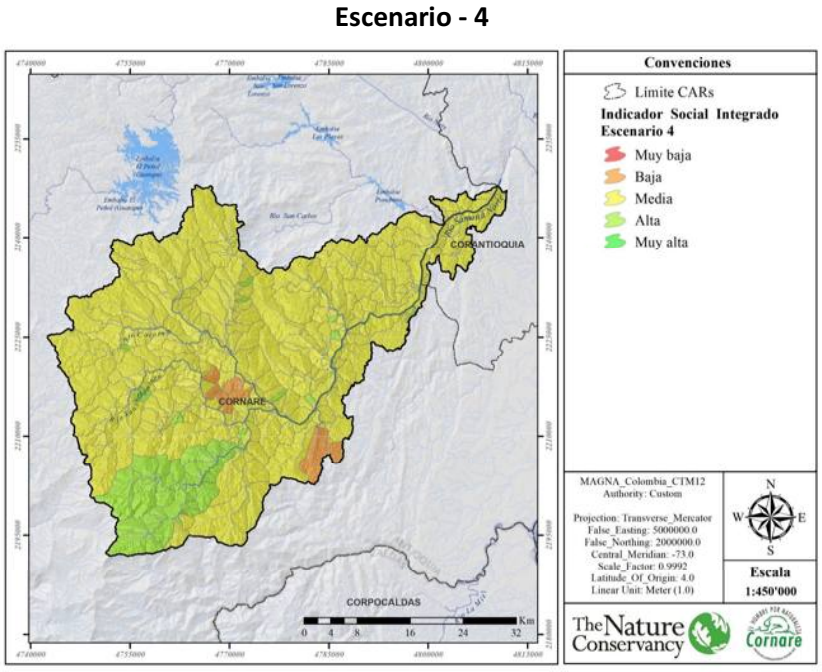
Escenario - 2



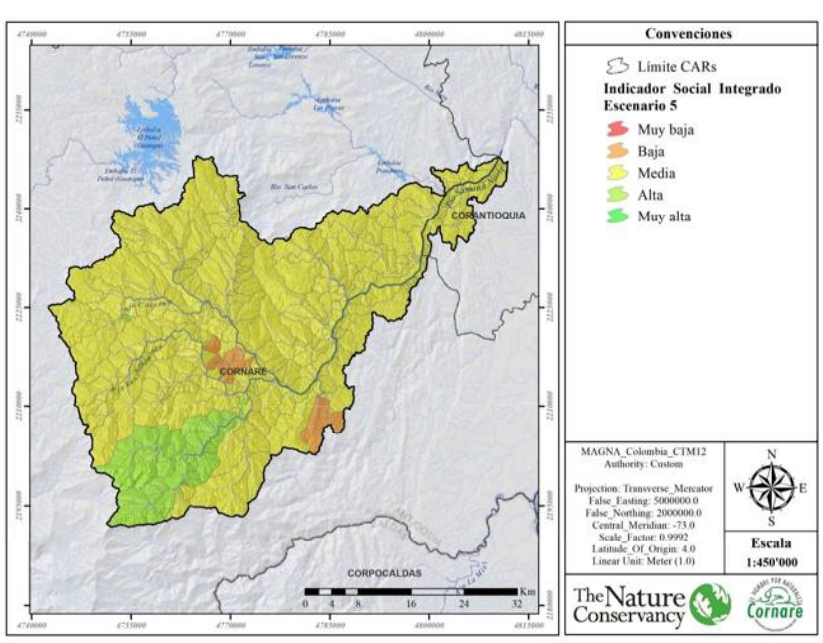
Escenario - 3



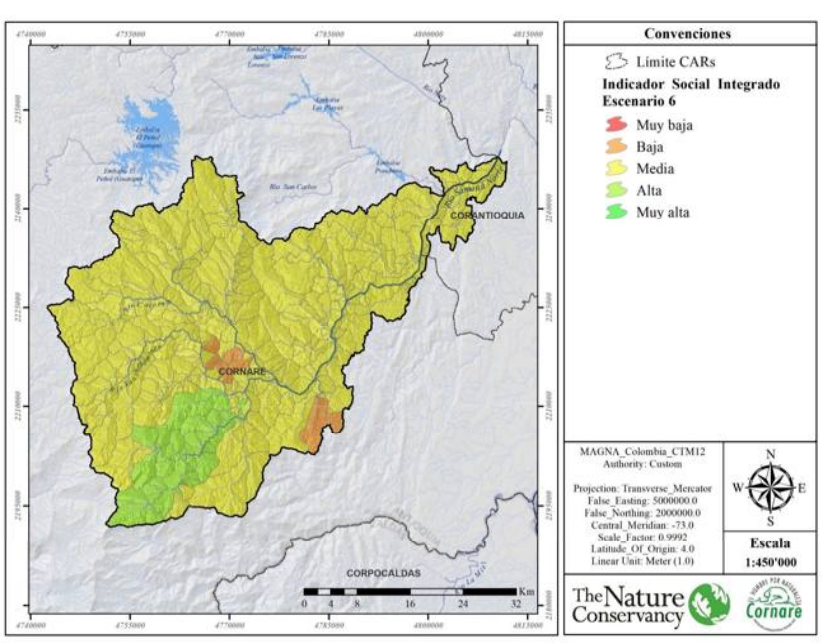
Escenario - 4



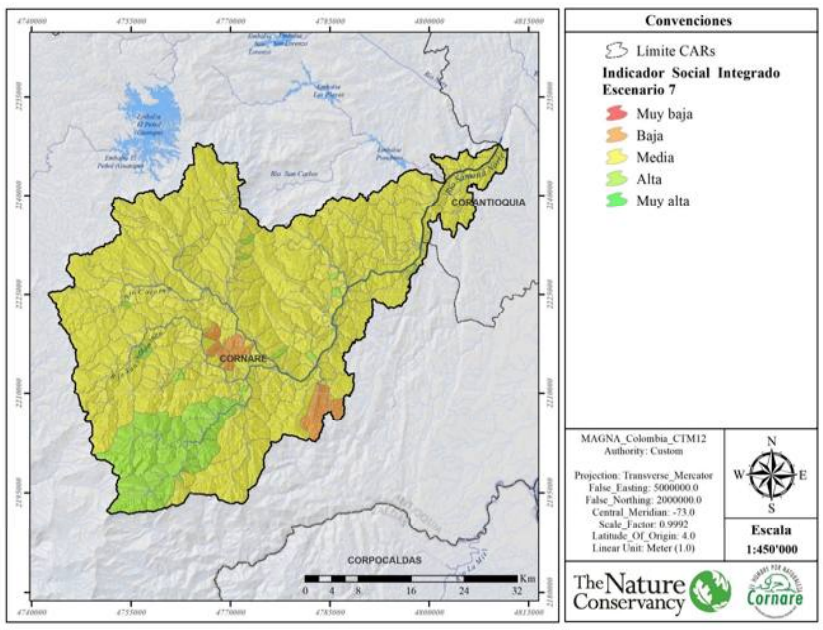
Escenario - 5



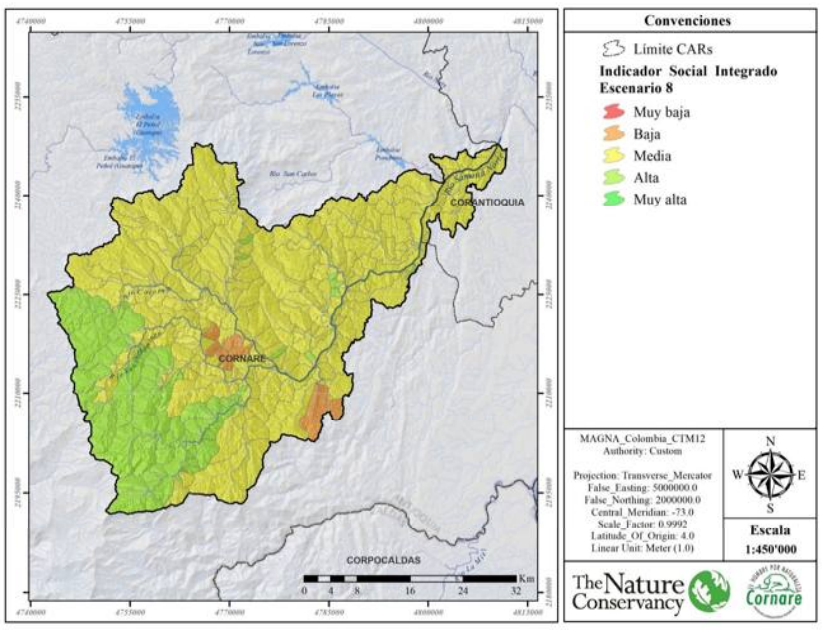
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

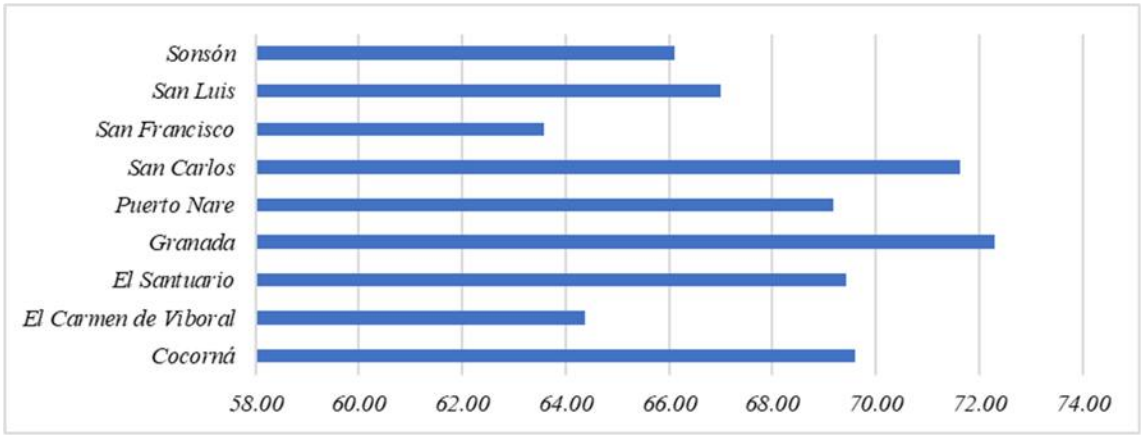
Los resultados obtenidos en el subíndice de sostenibilidad social, permiten realizar análisis desde cada indicador que compone la dimensión social, de esta forma, el indicador de bienestar social que a partir de datos municipales valora las condiciones de vida de las personas que habitan en la cuenca, tomó valores entre 63,58 (menor) y 72,30, (mayor), con una media para la cuenca de 68,13, como lo muestra la Tabla 202 y Figura 412.

Tabla 202. Indicador de bienestar en municipios de la cuenca del río Samaná Norte.

Municipio	Indicador municipal
Cocorná	69,61
El Carmen de Viboral	64,36
El Santuario	69,43
Granada	72,30
Puerto Nare	69,19
San Carlos	71,64
San Francisco	63,58
San Luis	67,01
Sonsón	66,10
Cuenca	68,13

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 412. Comparativo indicador de bienestar en municipios de la Cuenca del río Samaná Norte.



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Por encima de la media se encuentran los municipios de Puerto Nare, El Santuario, Cocorná, San Carlos y Granada, este último con el indicador de bienestar más alto, mientras que los municipios con indicador más bajo son San Francisco, El Carmen de Viboral, Sonsón y San Luis. Llama la atención el valor del indicador de 64,36 para el municipio de El Carmen de Viboral, por ser el segundo más bajo, aun cuando la mayoría de las variables presentan datos más favorables que la media de la cuenca. La explicación se encuentra en el valor de la variable recreación, que presenta sesgo debido a la insuficiencia de datos respecto a los metros cuadrados de espacios para el disfrute de la naturaleza por habitante, en este municipio.

La insuficiencia en saneamiento de aguas residuales y acceso a servicios de telecomunicación, y los altos valores en cuento al déficit cualitativo de vivienda y la tasa de analfabetismo son las variables que más afectan el indicador de bienestar; mientras que las variables recreación, organización comunitaria y afiliación a régimen de salud son las de mejor comportamiento dentro del indicador.

En cuanto al indicador del retorno social del inversión (SROI) a medida que en los escenarios se presentan más proyectos hidroeléctricos incrementan los valores debido a las contribuciones a los municipios en donde se ubican, sin embargo, conceptualmente el indicador pretende determinar los impactos de los proyectos mediante una serie de etapas, análisis y participación de diferentes actores y revisiones de información confiable y detallada de los insumos, desarrollo y resultados de sus actividades frente a la inversión social, por lo tanto, en este estudio debido a la disponibilidad de información no fue posible realizar cada una de las etapas y metodología propuesta por Nicholls et al. (2012), para el análisis detallado de la gestión de los proyectos hidroeléctricos teniendo en cuenta los actores relacionados, las actividades y sus impactos en la población. De esta forma, aunque el SROI indica incrementos en algunos escenarios, los valores no son significativos y no se tiene en cuenta el verdadero impacto en la dimensión social y por ende en el mejoramiento de la sostenibilidad en la cuenca del río Samaná Norte.

Por otro lado, mediante la implementación del indicador de conectividad beta se obtuvieron grados de conectividad altos a medida que se evaluaban los escenarios, es decir, los escenarios con más proyectos involucrados reflejan una red vial más compleja y por lo tanto mejor conectada. Esto se debe a que los proyectos en construcción o en proceso de licenciamiento contribuyen a la realización de nuevas vías. En el Escenario 1 se ubican 6 proyectos en estado de operación en la cuenca del río Samaná Norte y el indicador beta promedio de las subcuencas da un valor de 0,16. Mientras que en el Escenario 6, donde se encuentran los proyectos en estado de construcción y de trámite de diagnóstico o de licenciamiento ambiental (un total de 36 proyectos), el valor promedio del indicador es 0,20.

Aunque no se observa un gran aumento en el valor del indicador de conectividad en los escenarios de análisis, los resultados indican que la construcción o aprobación de estos proyectos hidroeléctricos contribuyen a la conectividad debido a que deben construir y/o adecuar vías para en la fase de construcción para llevar a cabo la operación de las PCH, lo que podría beneficiar a los habitantes del área de influencia que dichas vías pueden acercar y/o conectar a los centros poblados. Sin embargo, no se traduce en una mejora de la sostenibilidad social de la cuenca, ya que no se cuenta con información específica de las proyecciones de las vías o posibles adecuaciones a las ya existentes, asimismo, el mantenimiento y manejo de las vías serían vigiladas por las PCH durante su vida útil y posteriormente pasarían a la administración de los municipios.

16.6 Índice de sostenibilidad integrado

En la Figura 413 se presenta el resultado del índice de sostenibilidad integrado para los 8 escenario de análisis considerados para la cuenca del río Samaná Norte, categorizado de acuerdo con los rangos definidos en la Tabla 191.

Tomando en cuenta que el escenario 1 lo componen los proyectos hidroeléctricos que se encuentran en operación, se identificaros las PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías, para un total de 6 proyectos. Los resultados muestran que la sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte, se encuentra entre los rangos de sostenibilidad media y alta. Se infiere que las unidades NSS-3 con sostenibilidad media se deben a que se encuentran en el área de influencia de los proyectos hidroeléctricos sobre los ríos Calderas, Cocorná y Tafetanes, los cuales generan alteraciones en la alteración flujo hídrico, pérdida de la conectividad fluvial, en algunos

casos no tienen en cuenta el caudal ambiental, lo que altera la dinámica del cauce y afecta la provisión de los servicios ecosistémicos implicados directa e indirectamente en el ecosistema.

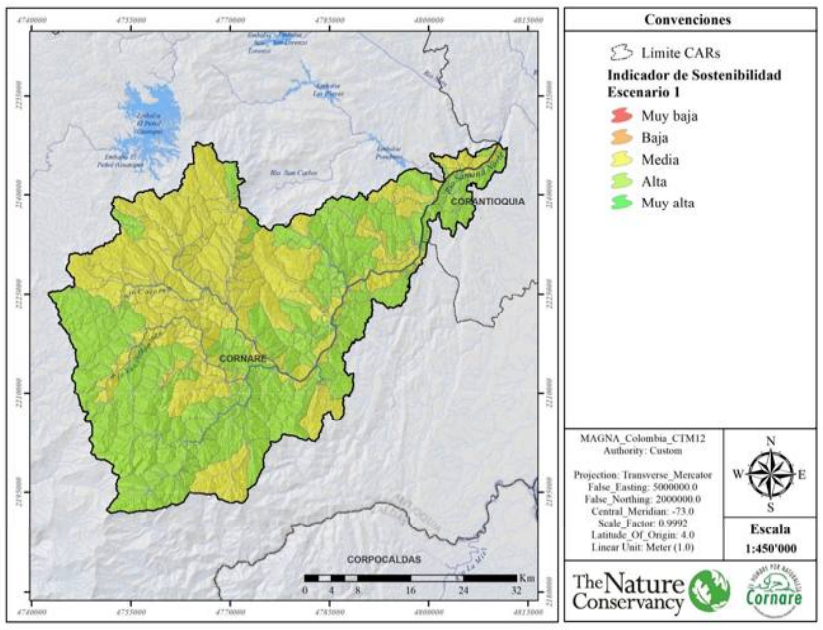
El escenario 2 por su parte, lo configuran los proyectos hidroeléctricos en operación como lo son la PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías; y los proyectos en construcción como lo es la PCH La Cascada. Para este escenario, se evidencia que la sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte se encuentra entre los rangos de sostenibilidad media y alta. Como se mencionó anteriormente, se infiere que las unidades NSS-3 con valores de sostenibilidad media se deben a que se encuentra en el área de influencia de los proyectos hidroeléctricos sobre los ríos Calderas, Cocorná y Tafetanes y la quebrada Santa Bárbara, que como se observó en el escenario 1 generan alteraciones en la alteración flujo hídrico, pérdida de la conectividad fluvial, sin embargo, con la presencia del proyecto en construcción contribuye a las condiciones económicas de la cuenca.

El escenario 3 lo configuran los proyectos los proyectos hidroeléctricos en operación que son: PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías; los proyectos en construcción que son: PCH La Cascada; y los proyectos con licencia ambiental PCH Granada, Cocorná I, Santo Domingo, Palagua y Porvenir 2; para un total de 12 PCH al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Para este escenario, las estimaciones mostraron que la sostenibilidad de la cuenca se encuentra en mayor proporción en sostenibilidad media y en la parte baja de la cuenca algunas unidades NSS-3 en sostenibilidad baja, esto debido a la presencia de los proyectos hidroeléctricos Palagua y Porvenir 2, que debido a su alcance e impactos sobre el recurso hídrico afectan de manera significativa a la sostenibilidad. Sin embargo, en términos económicos contribuyen secuencialmente a la generación de empleos y dinamización de la economía. Asimismo, se observa como la sostenibilidad de la cuenca pasa de alta en algunas áreas (escenario 1) a media, debido al aumento y acumulación de los impactos.

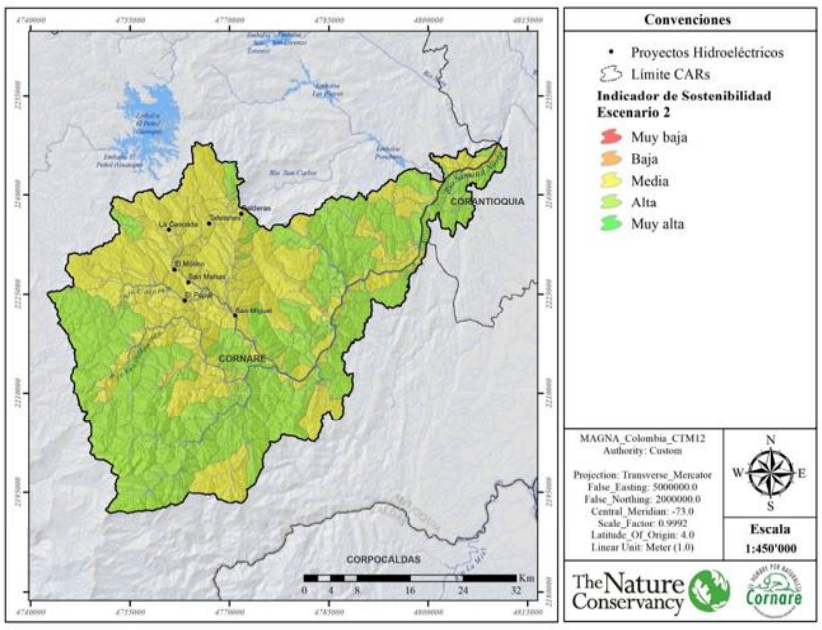
Los proyectos que configuran este escenario corresponden a los mismos que configuran el escenario 4 más los Proyectos que se encuentran I en trámite de licencia ambiental como lo son Cocorná III y Sabaletas I con DAA aprobado; para un total de 14 PCH al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Bajo este escenario se observó que en mayor proporción la sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte se encuentra en categoría media y en la parte baja en algunas unidades NSS-3. Asimismo, se observa que aumenta en 2 las PCH con respecto al escenario 3, se concentran en ríos donde ya se ubican otros proyectos hidroeléctricos por tanto ya existen alteraciones sobre la dimensión ambiental acumulando los impactos sobre los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Figura 413. Distribución espacial del índice de sostenibilidad integrado a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte

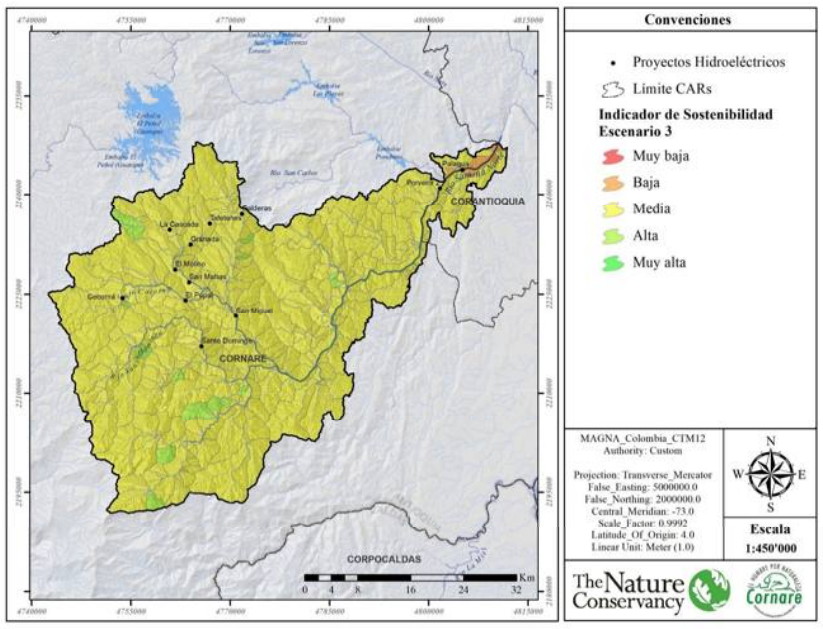
Escenario - 1



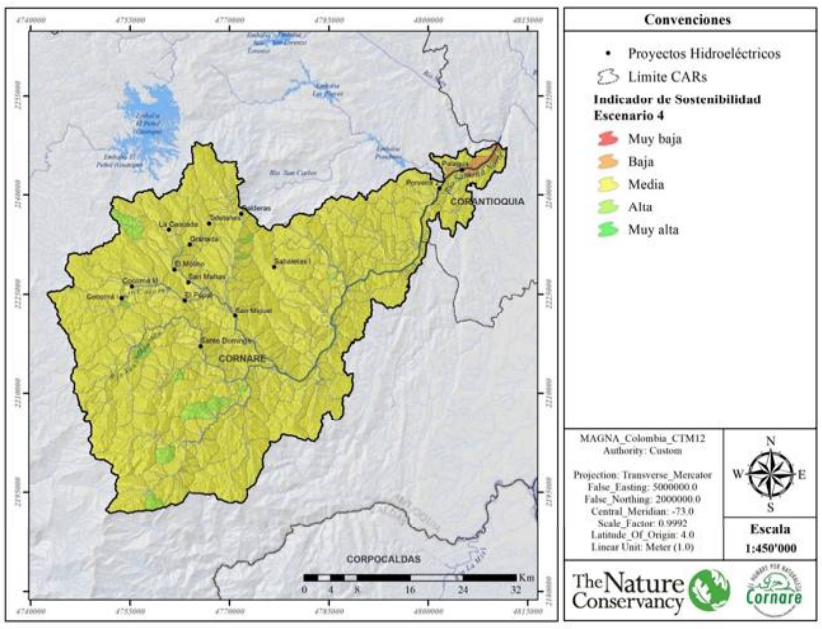
Escenario - 2



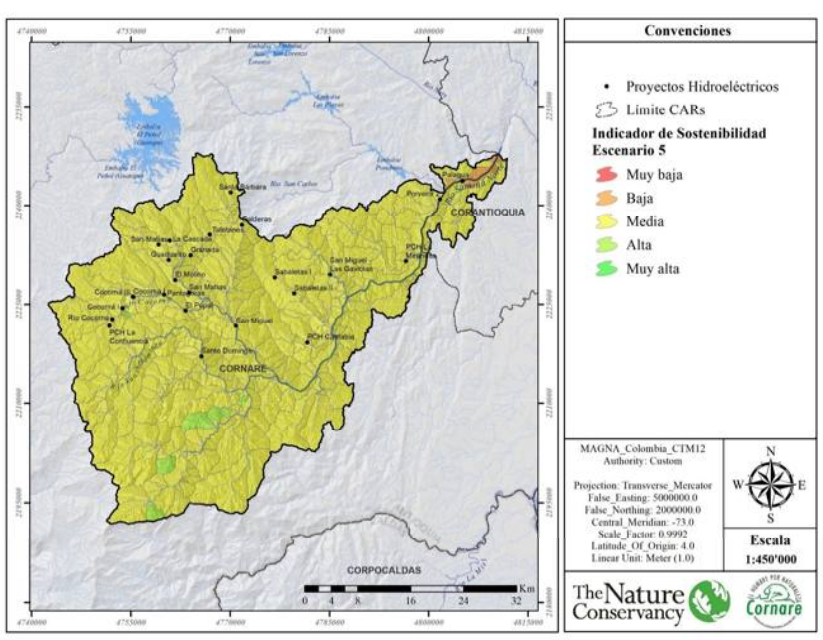
Escenario - 3



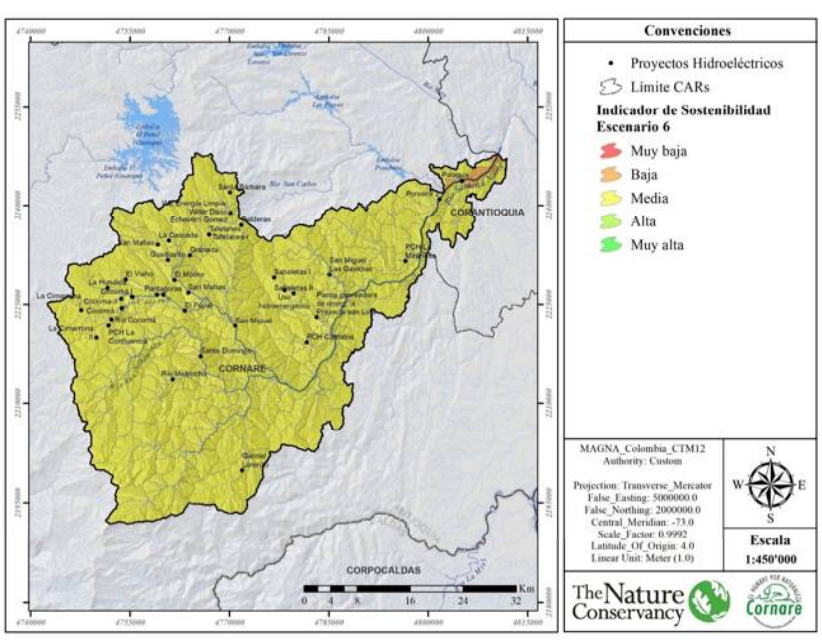
Escenario - 4



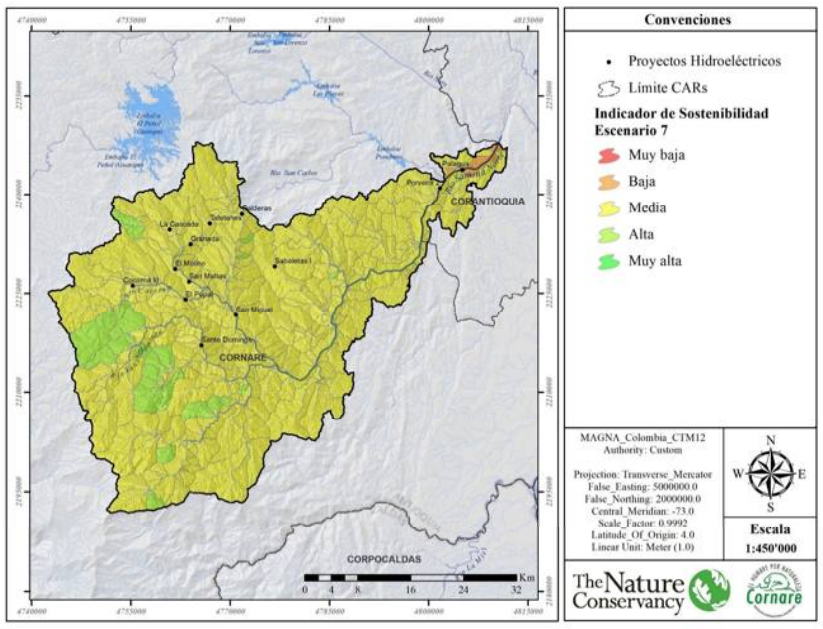
Escenario - 5



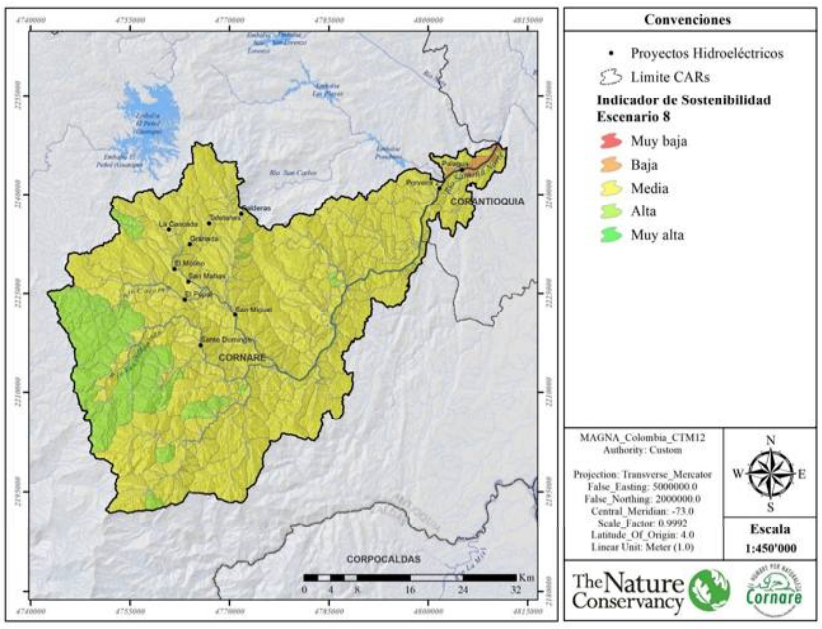
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

Bajo la misma línea cumulativa, los proyectos que configuran el escenario 5, corresponde a todos los del escenario 4 más los proyectos Guadulito, Cantabia, La Mirandita, San Miguel-Las Gaviotas, Río Cocorná, Santa Bárbara, Sabaletas 2, Cocorná I, La Confluencia, Pantagoras en solicitudes de estudio vigentes; para un total de 25 PCH al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Bajo este escenario, se observa que la sostenibilidad de la cuenca se encuentra en mayor proporción en sostenibilidad media y en la parte baja de la cuenca algunas subcuencas en sostenibilidad baja. Es de resaltar que bajo este escenario se tienen en cuenta 11 proyectos hidroeléctricos más con respecto al escenario anterior, que aunque en la dimensión ambiental se acumulan impactos en torno a las alteraciones del flujo hídrico, a las respuestas ecológicas de los peces, variaciones en los sedimentos y demás, las contribuciones económicas aumentan debido a la generación de empleos, contribuciones económicas por ley y dinamización de la economía de los municipios de su área de influencia y en la dimensión social frente a la conectividad de vías y centros poblados como la inversión social, mejorando la sostenibilidad de la cuenca.

De acuerdo con Cornare (2021), el escenario 6 es considerado como un escenario crítico que conlleva a una saturación de la cuenca por la alta presencia de proyectos en cualquiera de sus tres componentes (abiótico, biótico y socioeconómico). En total, este escenario lo configuran 36 proyectos (ver Tabla 162). Ahora bien, tal y como se describió en el escenario 5, aunque entre en el análisis más proyectos hidroeléctricos los impactos sobre la dimensión ambiental vienen desde el escenario 3 ya que alteran la dinámica hídrica, la erosión de las laderas, la pérdida de la conectividad fluvial y demás y los proyectos hidroeléctricos que entran secuencialmente acumulan dichos impactos, sin embargo, aumenta la sostenibilidad en términos económicos y sociales por las contribuciones económicas, conectividad vial.

El escenario 7 de acuerdo con Cornare (2021), es considerado como un escenario acorde con la situación actual de las cuencas en términos de la demanda efectiva del recurso hídrico en el territorio. En este orden de ideas, se consideran los proyectos que actualmente cuentan con licencia ambiental aprobada, proyectos que ya se encuentran en construcción u operación, licencias en trámite y Diagnósticos Ambientales de Alternativas que ya fueron aprobados y, por tanto, han cumplido el primer requisito con base en la normativa colombiana, con el fin de proceder al respectivo trámite de licencia ambiental. Corresponde a las PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías en operación, los proyectos en construcción PCH La Cascada, los proyectos con licencia ambiental PCH Granada, Santo Domingo, Palagua y Porvenir 2; Cocorná III en trámite de licencia ambiental y Sabaletas I con DAA aprobado; para un total de 13 PCH al interior de la Cuenca del río Samaná Norte. Se observa que sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte en el escenario 7 se encuentra en mayor medida en categoría media, algunas unidades NSS-3 en la parte baja de la cuenca presentan sostenibilidad baja y en las subcuencas del río Melcocho y Santo Domingo la sostenibilidad alta.

Por último el escenario 8 según Cornare (2021), se propone con base en el Atlas de Potencial Hidroenergético de Colombia (UPME, 2015). Esto con el fin de articular el potencial hidroenergético de las cuencas con la presencia actual y futura de los proyectos en el territorio. El potencial hidroenergético de la cuenca Samaná Norte oscila entre 200 MW a 500 MW, es decir, 6 proyectos en operación más el número de proyectos que permita generar los MW potenciales correspondientes a 294,2 MW. Los proyectos hidroeléctricos de este escenario que contribuyen al potencial hidroenergético de la cuenca son: Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal,

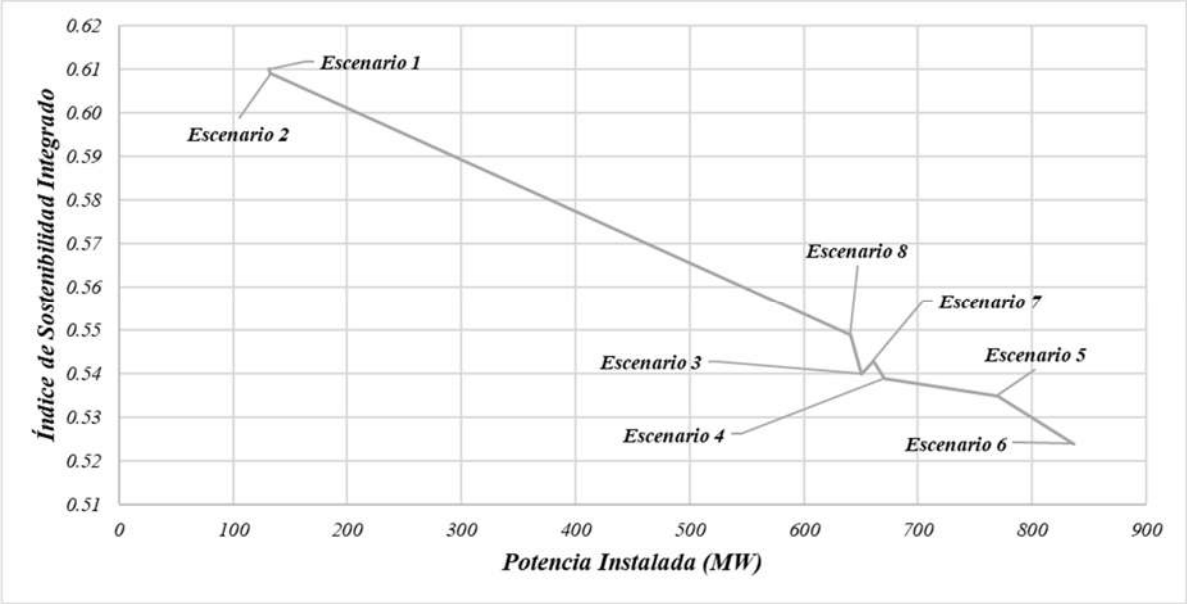
San Matías, La Cascada, Granada, Palagua, Porvenir 2, Santo Domingo y San Miguel. En términos de sostenibilidad, se encontró que la sostenibilidad en su mayoría es media, y en menor proporción alta y baja. Algunas unidades NSS-3 bajo este escenario presentan condiciones de sostenibilidad alta por lo que es importante generar esfuerzos con respecto a su manejo para su conservación.

En el Anexo - Fase III - 9 se consolidan para todas las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Norte, los valores del índice de sostenibilidad integrado. En el Anexo - Fase III - 8 se disponen las memorias de cálculo de este indicador. Adicionalmente, en el Anexo - Fase III - 1 pueden consultarse los archivos espaciales.

16.7 Límites de sostenibilidad

En conformidad con lo descrito en el numeral 14.8. A continuación, se presenta la curva de sostenibilidad para la cuenca del río Samaná Norte.

Figura 414. Curva de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Como se observa en la Figura 414, los escenarios 1 y 2 definidos para la cuenca del río Samaná Norte presenta una sostenibilidad de 0,61. Lo anterior implica que para el escenario 2, la cuenca del río Samaná Norte tiende a disminuir su sostenibilidad en un 0,16% respecto al escenario 1. Ahora bien, bajo la configuración de proyectos que establecen los escenarios 3, 4, 7 y 8, se observa que la sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte tiende a disminuir a valores entre 0,55 y 0,52, esto establece una reducción entre 9,97% y 14,05% respecto al escenario 1. Lo anterior, se explica en gran medida por los impactos a nivel ambiental que exhiben los indicadores considerados para este estudio (ver numeral 16.4.1). Este mismo comportamiento se mantiene para los escenarios 5 y 6, siendo este último el más drástico (36 proyectos hidroenergético) en términos de sostenibilidad, llevando a la cuenca del río Samaná Norte a valores inferiores de 0,53. Estos resultados muestran que, el aumento en los impactos que generan los proyectos hidroeléctricos tiende a disminuir la sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte. Bajo el esquema de análisis propuesto, los valores

de sostenibilidad a aquí presentados corresponden a una condición en la cual todos los proyectos hidroeléctricos que configuran un escenario se encuentran construidos y operando, así como los impactos que generan, se encuentran totalmente desarrollados. Es decir que, la trayectoria en términos de sostenibilidad que siga la cuenca para llegar a estos escenarios dependerá en gran media de la manera en la cual los proyectos comiencen a operar al interior de la cuenca y de la magnitud de los impactos que generen en cada una de las dimensiones de análisis. Un claro ejemplo esta dado por el escenario 3, en el cual se consideran los proyectos Porvenir 2 y Palagua, cuyos efectos sobre la sostenibilidad son elevados, producto de la modificación en el régimen el régimen de sedimentos, el impacto en la geomorfología de los ríos antes y después de las estructuras y la desconexión fluvial que generan para la fauna íctica de la cuenca. Es de notar que este tipo de impactos, reducen los sitios de desove, reproducción y sus habitas, afectando la población diversa de fauna (Wang et al., 2012). Asimismo, generan efectos sinérgicos en la pérdida de flora ribereña, migración de especies de aves, reptiles y mamíferos, que pierden su hábitat y los espacios para la alimentación.

Las curvas de sostenibilidad no solo fueron construidas a nivel de toda la cuenca del río Samaná Norte, sino que también se construyeron para las unidades de nivel subsiguiente 2 (NSS-2) (ver Figura 415) y nivel subsiguiente 3 (NSS-3) que componen dicha cueca. Lo anterior, posibilita el hecho de poder realizar análisis no solo de manera focalizada por unidad, sino que también permite realizar análisis multiescalares, en los cuales es posible comparar en términos de sostenibilidad, cual es la incidencia que tiene una unidad NSS-3, en la unidad NSS-2 que la contiene. En línea con lo anterior, se construyeron los diagramas de sostenibilidad multiescalar para la cuenca del río Samaná Norte, los cuales se presentan en la Figura 416.

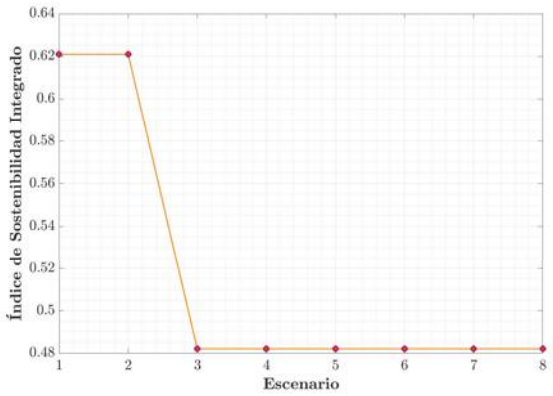
Los diagramas 2D presentados en la Figura 416, constituyen una poderosa herramienta para la toma de decisiones en términos de sostenibilidad, pues, permite identificar que unidades en un nivel NSS-3 podrían intervenirse de acuerdo con sus valores de sostenibilidad y como estas contribuirían al mejoramiento de la sostenibilidad en unidades NSS-2. El tipo de acciones a desarrollar es otra de las cosas que podrían definirse con este tipo de esquemas.

A nivel general, la visual que generan los resultados presentados en los diagramas 2D dejan ver que, unidades de nivel NSS-2 que contiene pocas unidades NSS-3 con valores bajos de sostenibilidad, presentan una atenuada afectación en términos de sostenibilidad (la nube de puntos en el diagrama se concentra en los 2 cuadrantes superiores y algunos puntos se dispersan hacia la izquierda) (caso de los escenarios 1 y 2). Por otra parte, unidades NSS-2 que se componen de muchas unidades cuya sostenibilidad es bajo, presentan afectaciones marcadas en la sostenibilidad (la nube de puntos en el diagrama tiende a concentrarse en los 2 cuadrantes inferiores; las unidades con las mayores afectaciones se dispersan hacia la izquierda parte inferior) (caso de los escenarios 3 al 8).

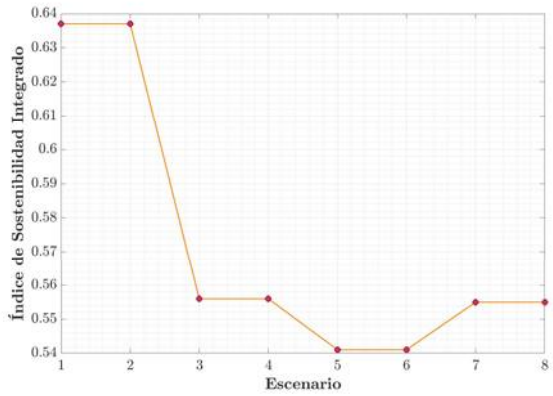
En el Anexo - Fase III - 10 se disponen para todas las unidades NSS-3 y NSS-2 que componen la cuenca del río Samaná Norte, las curvas de sostenibilidad.

Figura 415. Curvas de sostenibilidad para las unidades de nivel subsiguiente NSS-2 de la cuenca del río Samaná Norte

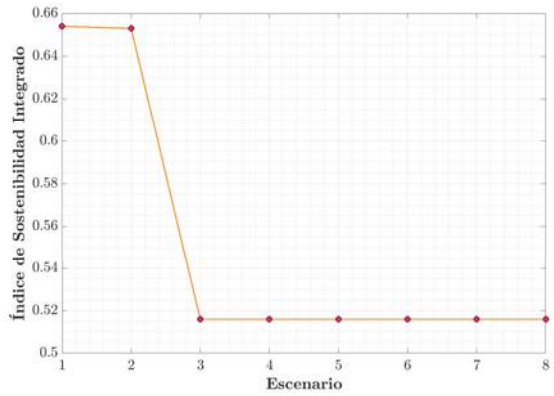
Unidad NSS-2 - 23080301



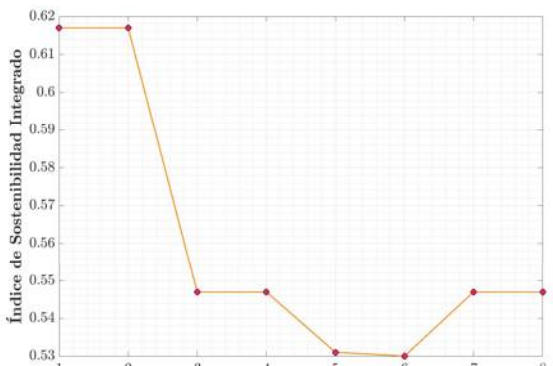
Unidad NSS-2 - 23080302



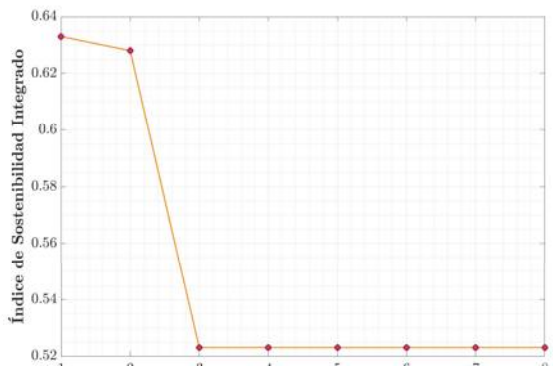
Unidad NSS-2 - 23080303



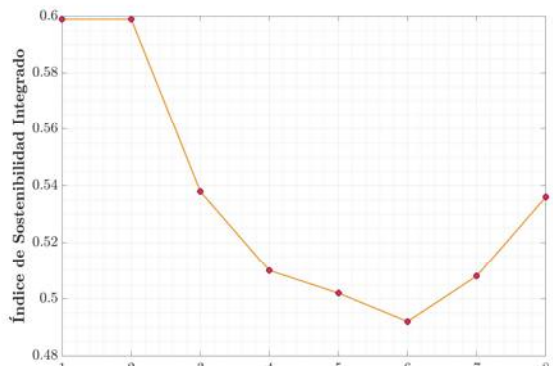
Unidad NSS-2 - 23080304



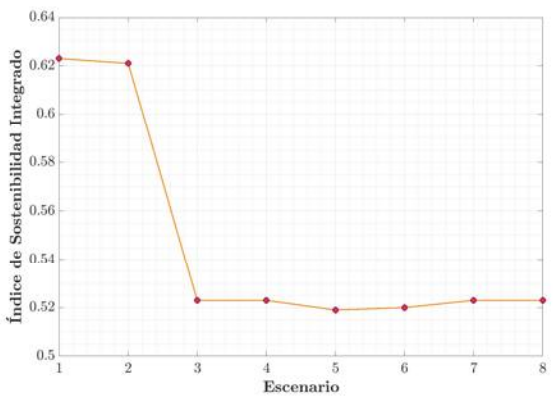
Unidad NSS-2 - 23080305



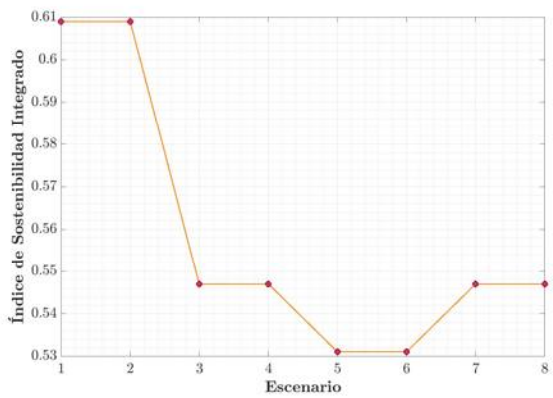
Unidad NSS-2 - 23080306



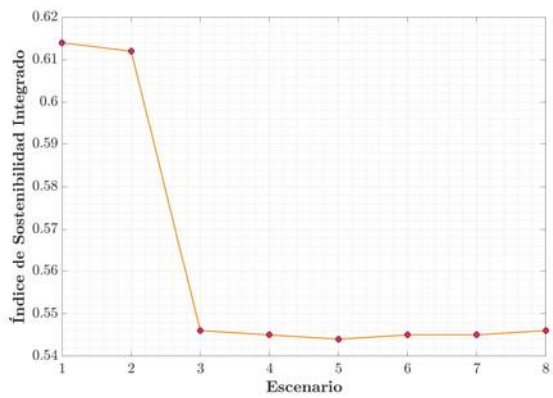
Unidad NSS-2 - 23080307



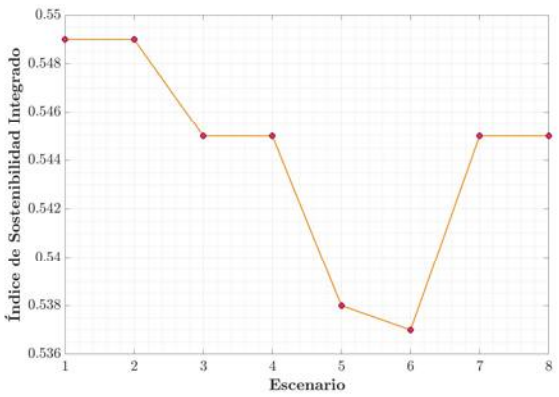
Unidad NSS-2 - 23080308



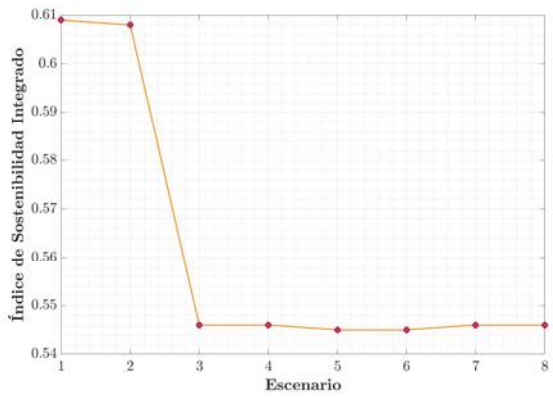
Unidad NSS-2 - 23080309



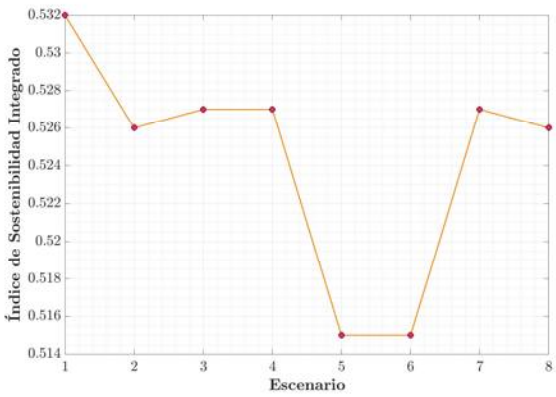
Unidad NSS-2 - 23080310



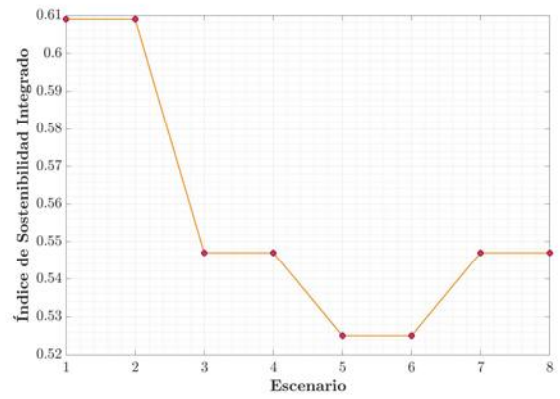
Unidad NSS-2 - 23080311



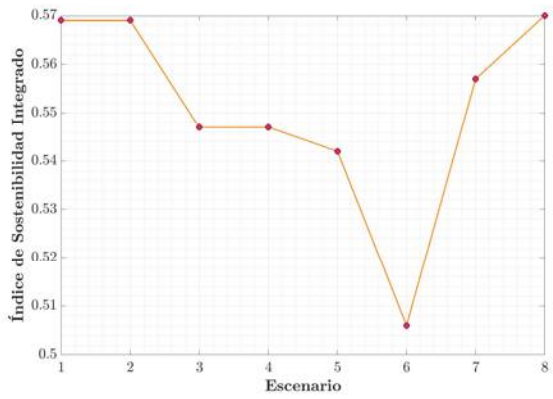
Unidad NSS-2 - 23080312



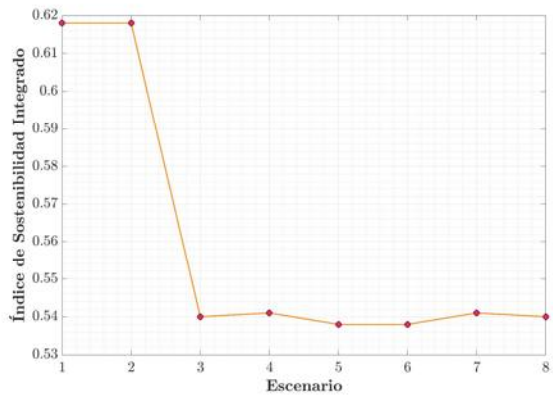
Unidad NSS-2 - 23080313



Unidad NSS-2 - 23080314



Unidad NSS-2 - 23080315

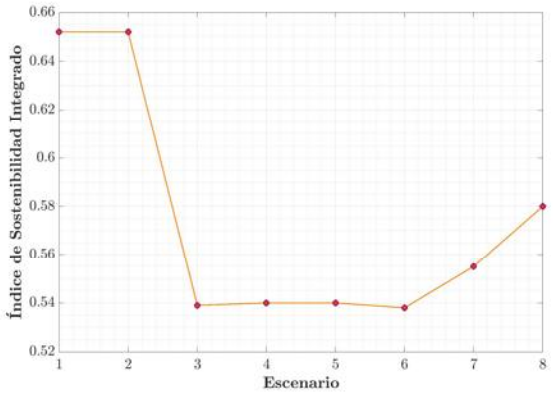


Unidad NSS-2 - 23080316

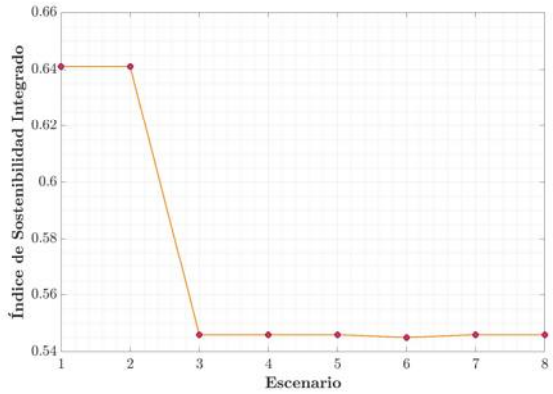
Unidad NSS-2 - 23080317

Unidad NSS-2 - 23080318

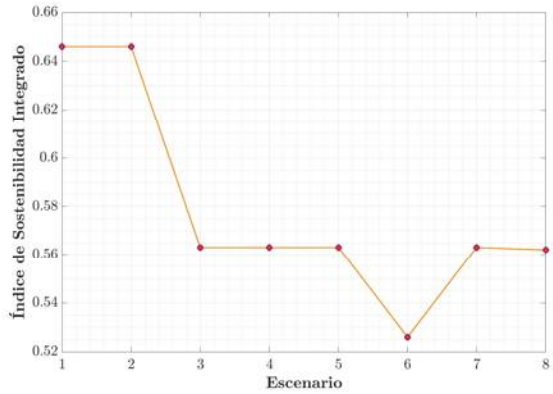
Unidad NSS-2 - 23080319

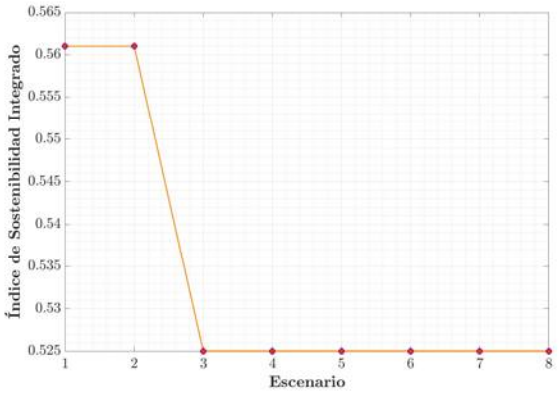


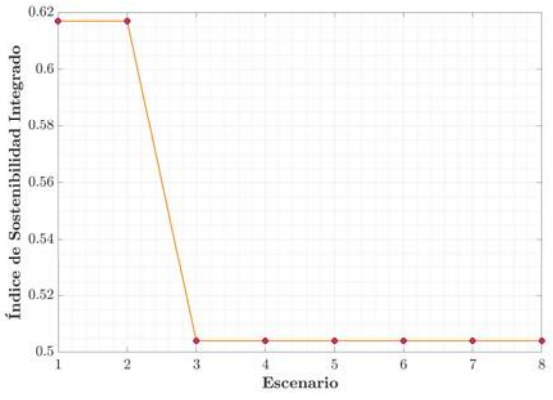
Unidad NSS-2 - 23080320

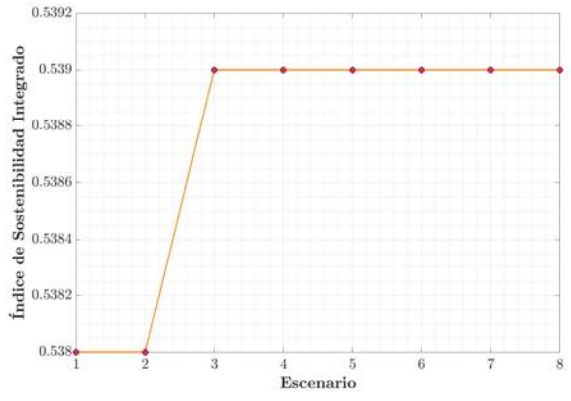


Unidad NSS-2 - 23080321

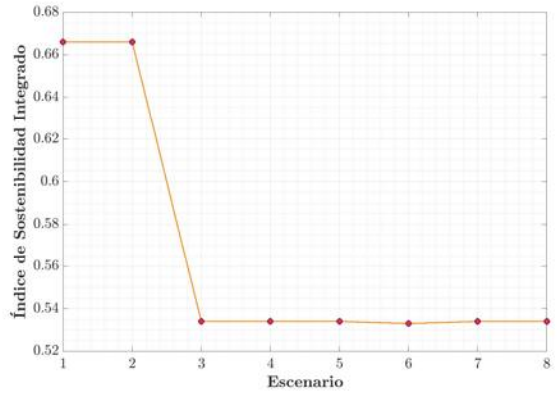








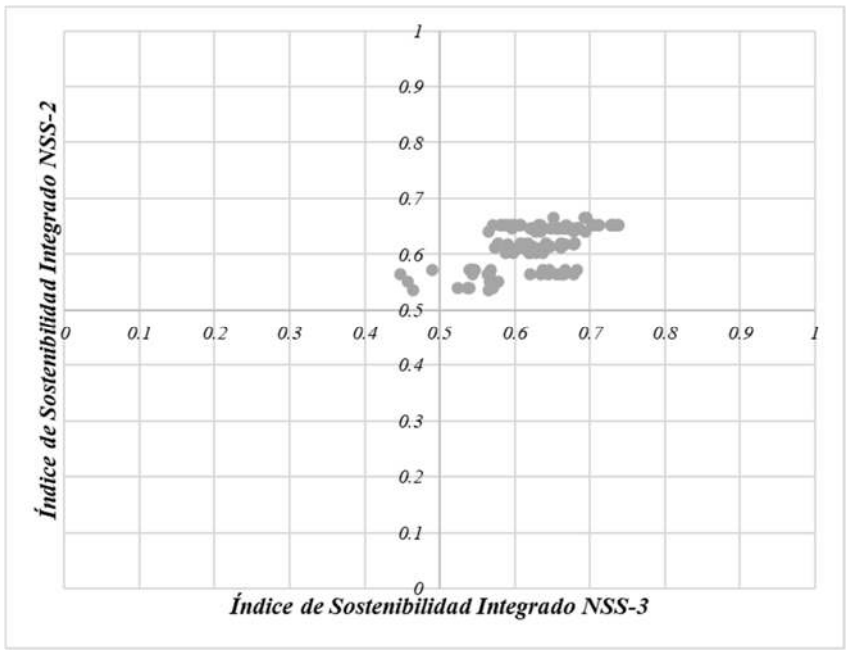
Unidad NSS-2 - 23080323



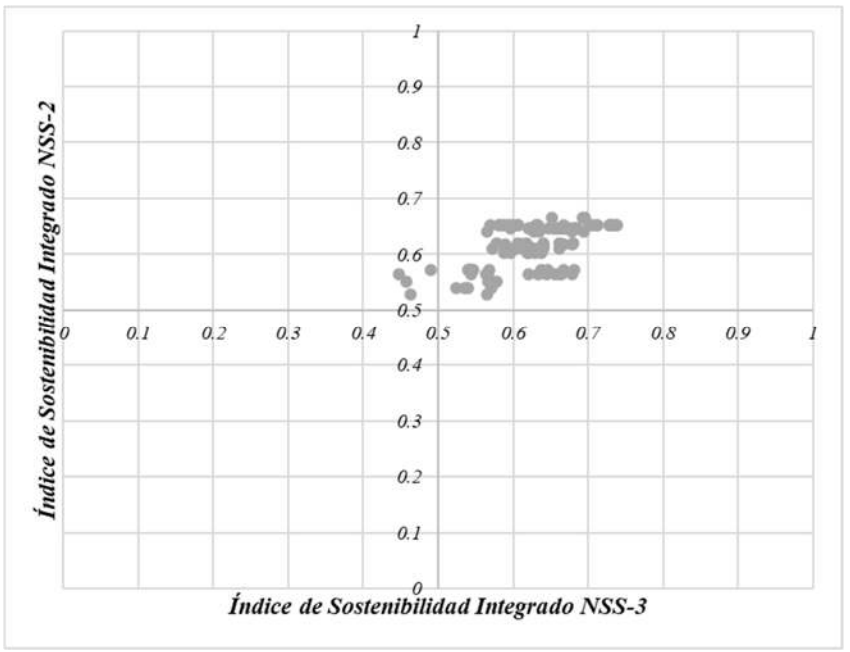
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 416. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para la cuenca del río Samaná Norte

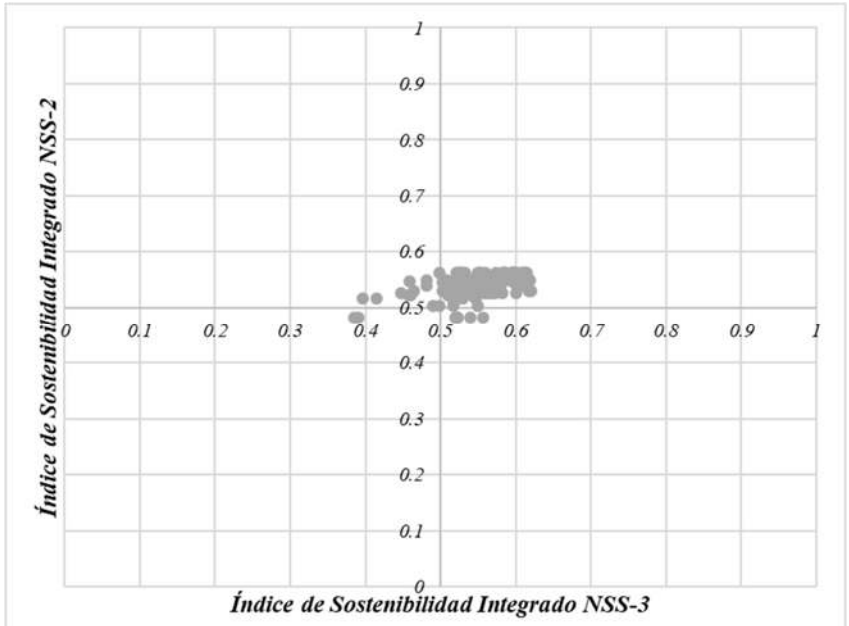
Escenario - 1



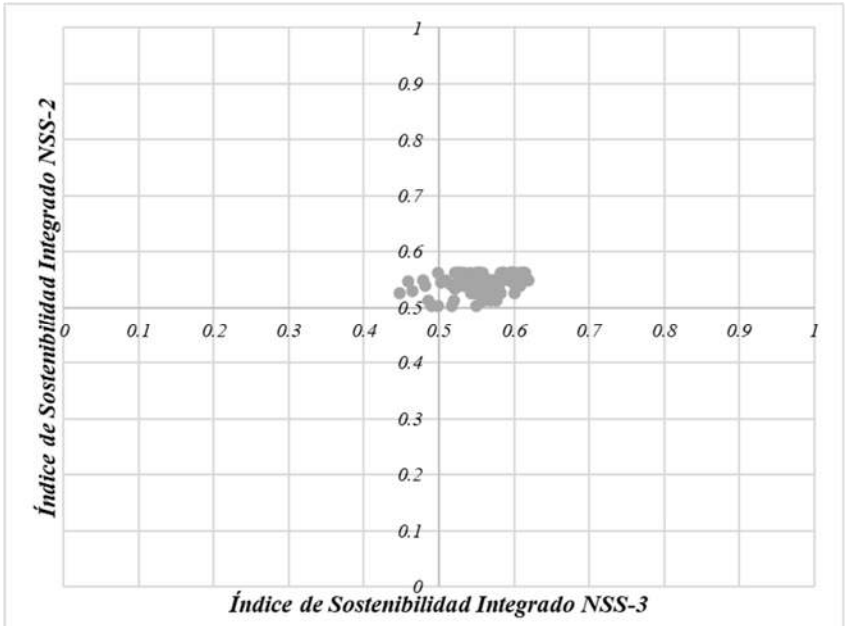
Escenario - 2



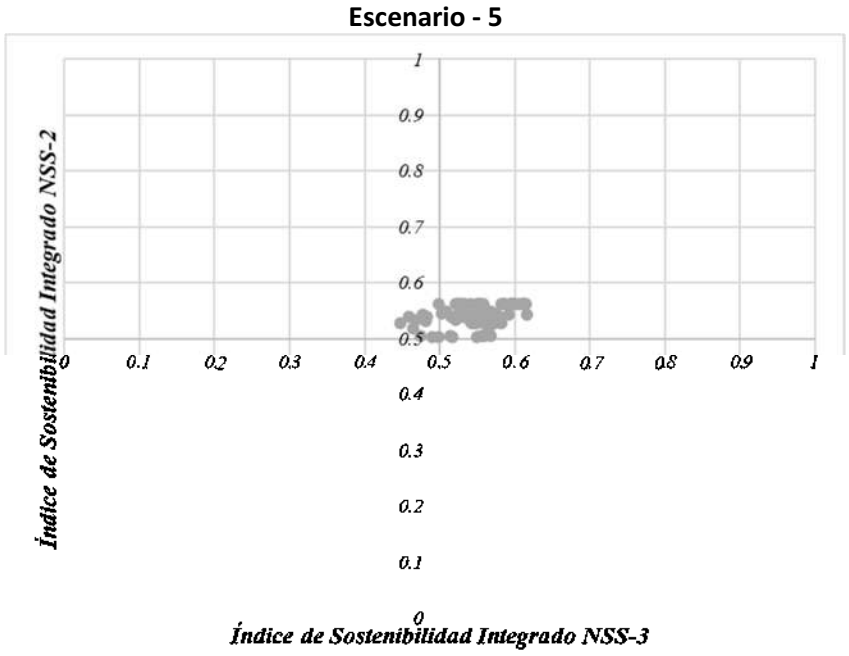
Escenario - 3



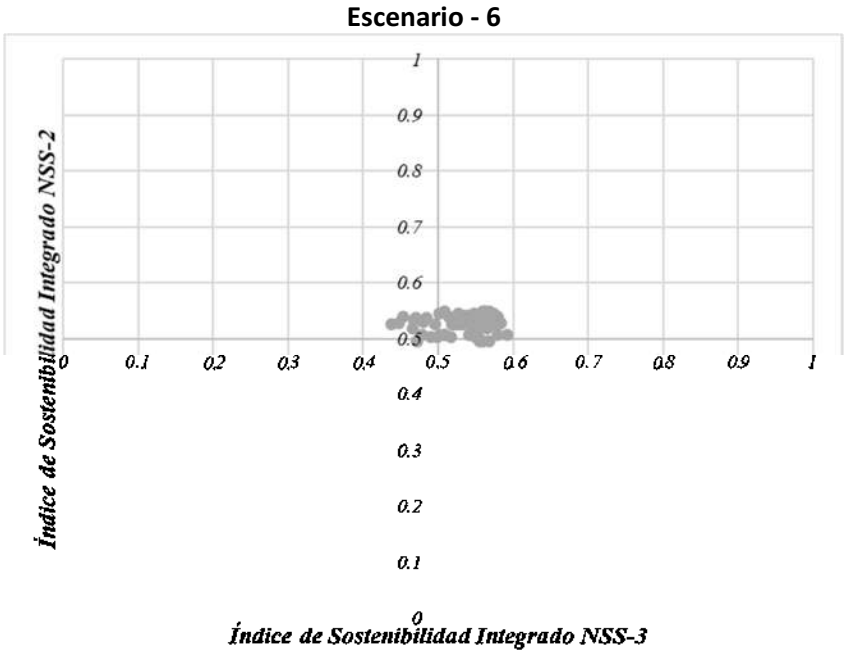
Escenario - 4



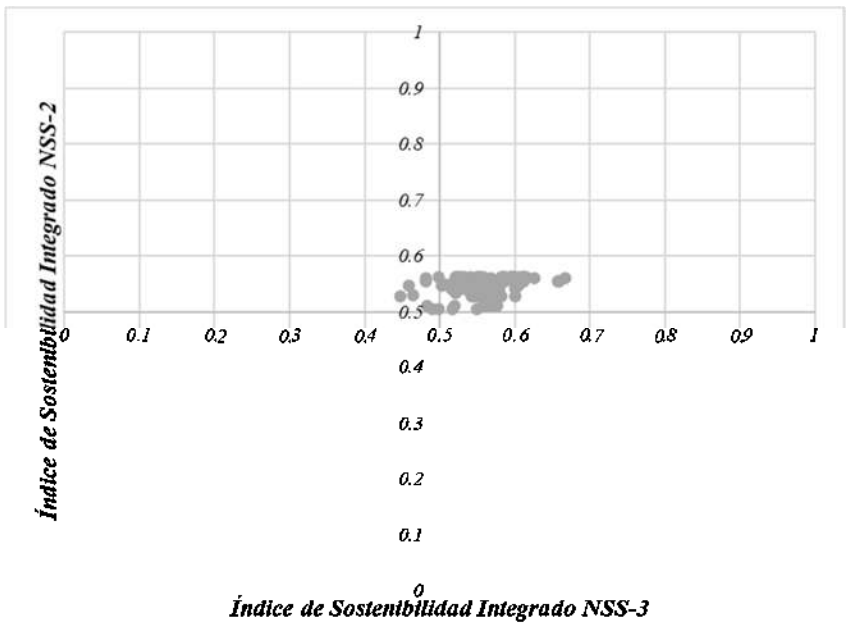
Escenario - 5



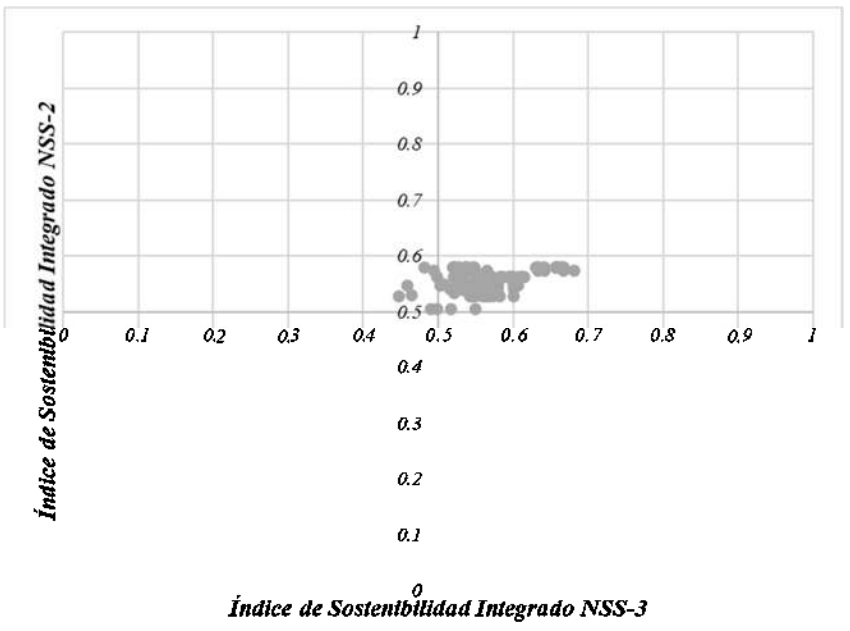
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Capítulo 17. Límites de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Sur

En este capítulo se presenta el desarrollo del esquema metodológico descrito en el 0 aplicado para la cuenca del río Samaná Sur.

17.1 Unidad mínima de análisis

La unidad mínima de análisis para la cuenca del río Samaná Sur correspondió a las subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) definidas en su Plan de Ordenación y Manejo (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017k). En la Tabla 203 se presenta la codificación, nombre y área de las 140 subcuencas NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Sur. Además, se identifican las unidades con participación en 2 o más municipios (filas señalas con una x en la columna ID_X). Esto se tiene en cuenta para el cálculo y asignación de algunos indicadores que se determinan a nivel municipal, de esta forma se realiza la debida ponderación de acuerdo con el área de los municipios en la subcuenca que comparten y asignar el valor total por polígono.

Tabla 203. Subcuencas NSS-3 de la cuenca del río Samaná Sur

ID	ID_X	Municipio	Nivel NSS-3 (IDEAM)	Nombre de la Subcuenca	Tipo de Cuenca	Área (km2)
1	x	Pensilvania	2305-01-14-14	Río Alto Samaná Sur Parte Alta	Cuenca	12,66
1	x	Nariño	2305-01-14-14	Río Alto Samaná Sur Parte Alta	Cuenca	5,50
2		Nariño	2305-01-14-12	Q. Los Medios	Cuenca	9,27
3		Nariño	2305-01-14-10	Q. El Volcán	Cuenca	8,84
4		Nariño	2305-01-14-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	Intercuenca	6,44
5		Nariño	2305-01-14-08	Q. La Nútria	Cuenca	9,41
6		Nariño	2305-01-14-06	Q. La Española	Cuenca	7,19
7		Nariño	2305-01-14-04	Q. Cedral - Q. El Talego	Cuenca	7,29
8		Nariño	2305-01-21-04	Q. El Bosque	Cuenca	4,01
9		Nariño	2305-01-14-02	Río Venus	Cuenca	25,67
10		Nariño	2305-01-21-02	Q. La Iguana	Cuenca	6,80
11		Nariño	2305-01-19-04	Q. San Agustín	Cuenca	2,40
12		Nariño	2305-01-19-02	Q. Santa Isabel	Cuenca	1,12
13		Nariño	2305-01-12-18	Q. El Diamante	Cuenca	1,21
14		Nariño	2305-01-15-01	Directos al Río Samaná Sur 15 (md)	Intercuenca	10,00
15		Nariño	2305-01-12-01	Río San Pedro Parte Media	Intercuenca	25,69
16		Nariño	2305-01-10-01	Q. Espíritu Santo Parte Baja	Intercuenca	7,73
17		Nariño	2305-01-12-14	Q. Damas	Cuenca	14,69
18		Nariño	2305-01-12-16	Q. Larga	Cuenca	5,85
19		Nariño	2305-01-12-12	Río Condor	Cuenca	10,17
20		Nariño	2305-01-15-10	Q. El Palmar	Cuenca	0,89
21		Nariño	2305-01-15-08	Q. El Caney	Cuenca	2,70
22		Nariño	2305-01-10-06	Q. San José	Cuenca	8,80
23		Nariño	2305-01-10-02	Q. La Pradera	Cuenca	3,91
24		Nariño	2305-01-12-10	Río San Andrés	Cuenca	15,02
25		Nariño	2305-01-15-06	Q. Santa Rita	Cuenca	8,63
26		Nariño	2305-01-10-04	Q. El Espíritu Santo Parte Alta	Cuenca	11,44
27		Nariño	2305-01-12-08	Q. San Antonio	Cuenca	8,28
28		Nariño	2305-01-12-02	Q. San Juan	Cuenca	3,80
29		Nariño	2305-01-12-04	Q. El Sirpial - Q. El Queso	Cuenca	1,19
30		Nariño	2305-01-15-04	Q. Santa Rosa	Cuenca	3,31
31		Nariño	2305-01-12-06	Río San Pedro Parte Alta	Cuenca	15,08
32		Nariño	2305-01-15-02	Q. Santa Ulasia	Cuenca	10,02
33		Nariño	2305-01-08-26	Q. San Juan	Cuenca	2,77

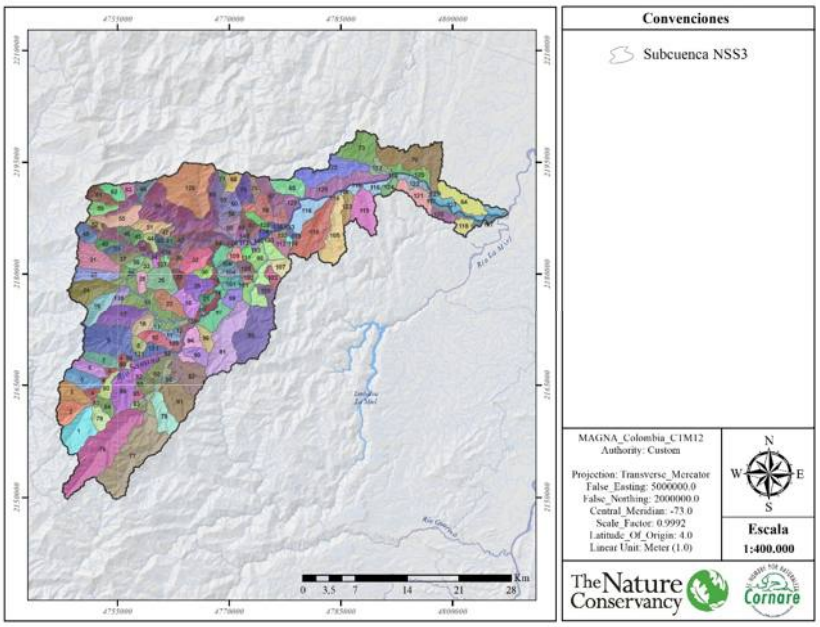
ID	ID_X	Municipio	Nivel NSS-3 (IDEAM)	Nombre de la Subcuenca	Tipo de Cuenca	Área (km2)
34		Nariño	2305-01-08-28	Q. El Silencio -Q. La Sordera	Cuenca	1,26
35	x	Sonsón	2305-01-08-01	Río Negrito Parte Baja	Intercuenca	0,76
35	x	Nariño	2305-01-08-01	Río Negrito Parte Baja	Intercuenca	13,18
35	x	Argelia	2305-01-08-01	Río Negrito Parte Baja	Intercuenca	14,99
36		Nariño	2305-01-08-24	Q. Honda - Q. La Pala	Cuenca	2,95
37		Nariño	2305-01-08-22	Q. La Linda	Cuenca	4,79
38		Nariño	2305-01-08-34	Q. La Arabia	Cuenca	3,62
39		Nariño	2305-01-08-20	Q. San Gregorio	Cuenca	2,80
40		Nariño	2305-01-08-18	Q. San Miguel	Cuenca	3,40
41		Argelia	2305-01-08-04	Q. Sector La Plata	Cuenca	1,15
42		Argelia	2305-01-08-02	Q. Sector El Recreo	Cuenca	1,15
43		Argelia	2305-01-08-06	Q. San Agustín	Cuenca	2,46
44		Argelia	2305-01-08-08	Q. San Antonio	Cuenca	2,90
45		Argelia	2305-01-08-10	Q. San Jerónimo	Cuenca	2,25
46		Argelia	2305-01-08-12	Q. Larga - Q. Corral	Cuenca	3,72
47		Argelia	2305-01-06-18	Q. La Vidalia	Cuenca	2,10
48		Nariño	2305-01-08-16	Río Negrito Parte Alta	Cuenca	5,49
49		Argelia	2305-01-09-04	Q. Las Margaritas	Cuenca	1,36
50		Argelia	2305-01-13-02	Río Paloma Parte Baja	Cuenca	6,58
51		Argelia	2305-01-06-16	Q. La Plata	Cuenca	6,87
52		Sonsón	2305-01-08-14	Cñda. Honda	Cuenca	1,83
53		Argelia	2305-01-04-01	Río Pozo	Intercuenca	8,57
54	x	Argelia	2305-01-06-01	Río La Paloma Parte Media	Intercuenca	36,17
54	x	Sonsón	2305-01-06-01	Río La Paloma Parte Media	Intercuenca	2,39
55	x	Sonsón	2305-01-06-14	Q. San Pablo	Cuenca	5,77
55	x	Argelia	2305-01-06-14	Q. San Pablo	Cuenca	5,33
56		Argelia	2305-01-04-02	Q. Villanueva	Cuenca	1,69
57		Argelia	2305-01-09-02	Q. Claras	Cuenca	5,49
58		Argelia	2305-01-02-01	Q. Chamberi Parte Baja	Intercuenca	11,91
59		Sonsón	2305-01-06-12	Q. La Vibora	Cuenca	5,47
60		Argelia	2305-01-04-04	Q. Agua Linda	Cuenca	3,43
61		Sonsón	2305-01-06-10	Q. Las Estancias	Cuenca	6,45
62		Argelia	2305-01-06-08	Río La Paloma Parte Alta	Cuenca	5,25
63		Argelia	2305-01-06-06	Q. El Jardín	Cuenca	2,71
64		Sonsón	2305-01-01-02	Q. La Edesma	Cuenca	12,65
65		Argelia	2305-01-05-06	Q. Agua Bonita	Cuenca	9,14
66		Argelia	2305-01-06-04	Q. El Popal	Cuenca	4,80
67		Argelia	2305-01-02-02	Q. Mesones	Cuenca	9,20
68		Argelia	2305-01-04-06	Q. El Risco	Cuenca	4,55
69		Argelia	2305-01-04-10	Q. El Rosario	Cuenca	5,21
70		Sonsón	2305-01-03-02	Q. El Mulato	Intercuenca	27,69
71		Argelia	2305-01-04-08	Q. Dos Quebradas	Cuenca	1,67
72	x	Sonsón	2305-01-05-04	Río San Lorenzo Parte Alta	Cuenca	17,40
72	x	Argelia	2305-01-05-04	Río San Lorenzo Parte Alta	Cuenca	2,32
73		Sonsón	2305-01-05-02	Q. San Francisco	Cuenca	16,02
74		Argelia	2305-01-02-06	Río El Tigre	Cuenca	6,65
75		Argelia	2305-01-02-04	Q. Chamberi Parte Alta	Cuenca	3,20
76		Pensilvania	2305-01-16-02	Río Dulce	Cuenca	45,96
77		Pensilvania	2305-01-18-04	Q. Negra	Cuenca	42,96
78		Pensilvania	2305-01-21-12	Q. La Palma	Cuenca	11,83
79		Pensilvania	2305-01-14-16	Q. Borrascosa	Cuenca	5,72
80		Pensilvania	2305-01-14-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	Intercuenca	6,12
81		Pensilvania	2305-01-21-14	Q. El Rosario	Cuenca	15,94
82		Pensilvania	2305-01-21-03	Río Dulce	Intercuenca	15,18
83		Pensilvania	2305-01-21-10	Q. El Anime	Cuenca	1,28
84		Pensilvania	2305-01-14-18	Q. Alejandría	Cuenca	3,92
85		Pensilvania	2305-01-21-08		Cuenca	1,40
86		Pensilvania	2305-01-14-20	Q. Granizales	Cuenca	15,06
87		Pensilvania	2305-01-19-06	Q. Las Mercedes	Cuenca	16,64
88		Pensilvania	2305-01-21-16	Q. Cartagena	Cuenca	1,42
89		Pensilvania	2305-01-21-06		Cuenca	3,24

ID	ID_X	Municipio	Nivel NSS-3 (IDEAM)	Nombre de la Subcuenca	Tipo de Cuenca	Área (km2)
90		Pensilvania	2305-01-19-08	Q. La Rica	Cuenca	5,68
91		Samaná	2305-01-20-02	Q. Riachuello	Cuenca	29,74
92		Pensilvania	2305-01-14-22		Cuenca	2,51
93		Pensilvania	2305-01-21-01	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)	Intercuenca	5,84
94	x	Samaná	2305-01-19-01	Directos al Río Samaná Sur 19 (mi)	Intercuenca	4,09
94	x	Pensilvania	2305-01-19-01	Directos al Río Samaná Sur 19 (mi)	Intercuenca	3,80
95		Samaná	2305-01-22-02	Río Claro	Cuenca	29,11
96		Samaná	2305-01-19-10		Cuenca	4,91
97		Samaná	2305-01-15-01	Directos al Río Samaná Sur 15 (mi)	Intercuenca	17,80
98		Samaná	2305-01-09-03	Río Hondo	Intercuenca	21,76
99		Samaná	2305-01-15-18	Q. Las Mulatas	Cuenca	5,20
100		Samaná	2305-01-09-14	Q. El Arenillo	Cuenca	4,37
101		Samaná	2305-01-15-20	Q. Chorro Rico	Cuenca	4,28
102		Samaná	2305-01-09-10		Cuenca	1,20
103		Samaná	2305-01-09-16	Q. Abejorro	Cuenca	4,07
104		Samaná	2305-01-15-22	Q. El Congreso	Cuenca	2,91
105		Samaná	2305-01-09-08		Cuenca	4,14
106		Samaná	2305-01-15-24	Q. La Mulata	Cuenca	2,41
107		Samaná	2305-01-09-18	Q. El Congal	Cuenca	5,56
108		Samaná	2305-01-05-10	Q. La Laguna	Cuenca	19,55
109		Samaná	2305-01-15-26		Cuenca	3,01
110		Samaná	2305-01-05-08	Q. La Concha	Cuenca	23,46
111		Samaná	2305-01-09-06		Cuenca	2,26
112		Samaná	2305-01-07-04	Q. La Ciega	Cuenca	4,31
113		Samaná	2305-01-09-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	Intercuenca	2,54
114		Samaná	2305-01-07-06		Cuenca	1,30
115		Samaná	2305-01-07-08		Cuenca	1,77
116		Samaná	2305-01-05-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	Intercuenca	18,31
117		Norcasia	2305-01-01-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	Intercuenca	5,96
118		Norcasia	2305-01-01-06		Cuenca	4,60
119		Samaná	2305-01-05-14	Q. San Antonio	Cuenca	15,62
120		Norcasia	2305-01-01-04		Cuenca	4,00
121		Norcasia	2305-01-03-04	Q. El Rosario	Cuenca	8,84
122		Norcasia	2305-01-03-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	Intercuenca	5,07
123		Samaná	2305-01-05-12	Q. San Roque	Cuenca	4,80
124	x	Samaná	2305-01-05-16	Q. La Concha	Cuenca	1,86
124	x	Norcasia	2305-01-05-16	Q. La Concha	Cuenca	1,69
125		Sonsón	2305-01-03-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	Intercuenca	7,35
126		Argelia	2305-01-06-02	Río San Julián	Cuenca	35,06
127		Sonsón	2305-01-01-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	Intercuenca	9,63
128		Argelia	2305-01-07-02	Q. El Porvenir	Cuenca	3,79
129		Argelia	2305-01-05-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	Intercuenca	23,49
130		Nariño	2305-01-19-01	Directos al Río Samaná Sur 19 (md)	Intercuenca	4,00
131		Nariño	2305-01-21-01	Directos al Río Samaná Sur 21 (md)	Intercuenca	4,37
132	x	Sonsón	2305-01-05-03	Río San Lorenzo Parte Baja	Intercuenca	2,99
132	x	Argelia	2305-01-05-03	Río San Lorenzo Parte Baja	Intercuenca	1,62
133		Samaná	2305-01-07-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	Intercuenca	2,63
134		Argelia	2305-01-07-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	Intercuenca	3,49
135	x	Nariño	2305-01-11-01	Río Negrito Parte Baja	Intercuenca	0,09
135	x	Argelia	2305-01-11-01	Río Negrito Parte Baja	Intercuenca	0,08
136		Nariño	2305-01-08-32	Q. La Betulia	Cuenca	0,85
137		Nariño	2305-01-08-30	Q. Sector Cuesta Media	Cuenca	0,96
138		Nariño	2305-01-12-03	Río San Andrés Parte Baja	Intercuenca	3,67
139		Nariño	2305-01-17-01	Río San Pedro Parte Baja	Intercuenca	0,46
140		Argelia	2305-01-09-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	Intercuenca	2,31

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 417 se observa las subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Sur de acuerdo con las características de la tabla anterior.

Figura 417. Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.2 Diagnostico ambiental, económico y social

A continuación, se presenta a modo de síntesis las conclusiones del diagnóstico económico social y ambiental de la cuenca del río Samaná Sur, las cuales fueron presentadas en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b).

A nivel ambiental se encontró que la cuenca Samaná Sur se localiza en una amplia zona montañosa de forma triangular (similar a la cuenca Samaná Norte), tiene como cotas extremas el Páramo de Sonsón a 3350msnm y la confluencia de los ríos Samaná Sur y La Miel a 150msnm. Su litología está constituida principalmente por el núcleo ígneo - metamórfico de la Cordillera Central, sobre el cual se encuentran dos formaciones sedimentarias: las Sedimentitas de Samaná en la parte central y la Formación Mesa en su extremo oriental. Sus precipitaciones oscilan entre los 5036-2198 mm/año. En los extremos de la cuenca (tanto en la zona Oeste de mayor relieve como en la zona de la desembocadura), se dan los menores valores de precipitación, oscilando entre los 2198 y 2400 mm en promedio al año, mientras que las menores precipitaciones tienen lugar durante los meses de enero y febrero. La precipitación va aumentando a lo largo del mes de marzo hasta producirse un primer máximo en el mes de abril. A lo largo de los meses de junio y julio comienza nuevamente a disminuir la precipitación y finalmente, ésta comienza a aumentar en los meses siguientes hasta alcanzar un segundo máximo durante el mes de octubre. Su temperatura media anual oscila entre los 28,4-5,9°C con un valor promedio de 20,6°C y una desviación estándar de 4,6°C.

En lo que respecta a proyectos hidroeléctricos, se identificó que la cuenca del río Samaná Sur no cuenta con proyectos en estado de construcción u operación, sin embargo, se identificaron un total de 18, los cuales se encuentran en diferentes estados de trámite, a saber: 5 proyectos con licencia

ambiental o concesión de agua, 6 proyectos en diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental, 6 proyectos en diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes, 1 proyectos con licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos.

Lo anterior, evidencia que al igual que la cuenca del río Samaná Norte, esta presenta características climáticas y topográficas que la hacen atractiva para los proyectos hidroeléctricos; por lo que sin una adecuada gestión y administración de los recursos pueden generar impactos y conflictos a la degradación de la cuenca, la disponibilidad del recurso hídrico para las diferentes actividades económicas, productivas y de soporte natural y ecosistémico

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Sur, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las "Reservas Forestales Protectoras Regionales" (RFPR). También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito "Distrito Regional de Manejo Integrado" (DRMI). Actualmente figuran en la cuenca: DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón y la RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa (CORNARE, 2014ª).

Por otra parte, de acuerdo con los análisis multitemporales realizados entre el 2000 y 2017, se encontró que la cuenca del Samaná Sur presento cambios negativos en los mosaicos de cultivos, combinados con espacios naturales y vegetación secundaria que están asociados a ampliación de la frontera agrícola que se va dando de manera casi invisible, sutil, pero sistemática asociados a los entornos urbanos de los municipios de Nariño y Argelia.

En lo que respecta a biodiversidad, se encontró que la cuenca Samaná Sur cuenta con un total de 2357 especies, agrupadas en 1218 especies de plantas (3,2% a nivel nacional), 9 especies de hongos (0,51% a nivel nacional) y 1218 especies de animales (4,9% a nivel nacional) incluidas arañas, caracoles, cangrejos e insectos. Esta riqueza que agrupa varias fuentes de información, supera las 1374 reportadas por el POMCA y las 1473 especies agrupadas en GBIF. Es de resaltar que en la cuenca Samaná Sur se pueden encontrar cerca del 17,8% de las especies de peces endémicas reportadas con distribución en la cuenca del río Magdalena – Cauca (233 especies, 158 endémicas).

Un punto para resaltar es el hecho de que la cuenca del río Samaná Sur al no presentar proyectos hidroeléctricos, su red hídrica se encuentra totalmente conectadas, por lo que los procesos migratorios que realizan los pesos producto de la necesidad fisiológica que tienen de remontar los ríos para su reproducción, no se encuentran alterados. Esto genera un aprovechamiento por la región como fuente de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de alimento para las personas, como por las demás especies de animales que aprovechan los peces como fuente nutritiva para el sostenimiento de la vida.

En el componente socioeconómico se identificó que, en saneamiento de aguas residuales el municipio con mejor indicador es Sonsón con un 65, 28% de cobertura, mientras que los municipios de Nariño, Samaná y Pensilvania se encuentras por debajo del 50% de cobertura, con un caso de extremo en Pensilvania donde la cobertura es del 7,33%. Los valores que toma estas variables son altamente representativos en la medida en la que el saneamiento básico es fundamental para vivir una vida sana. El acceso a servicio de internet en toda la cuenca es del 14,26% y sólo el municipio de Sonsón está por encima del 20%, dato muy inferior al porcentaje de acceso a nivel nacional que

es de 43,4%. Esta situación pone a los habitantes de la cuenca en una situación de desventaja en un mundo globalizado e interconectado.

El déficit habitacional de la cuenca presenta una situación muy diferente a la situación nacional porque su déficit habitacional total es de 44,1% con un cuantitativo de 4,88% y un cualitativo de 39,3%, mientras que a nivel nacional el déficit cuantitativo es de 9,8% de y el cualitativo es de 26,8% para un déficit habitacional total de 36,6%. Es decir, la cuenca tiene un déficit habitacional mayor debido a que supera en 12,5 puntos porcentuales el déficit cualitativo nacional. Cabe mencionar que, de acuerdo con los datos de la Encuesta de Calidad de Vida 2019, los municipios con el déficit cualitativo más alto son en su orden: Nariño (51,36%) y Argelia (33,17%) ambos por encima del déficit nacional. En cuanto al déficit cuantitativo, el municipio con valor menos favorables es Norcasia con 6,6 %, si superar el valor del déficit nacional.

La situación de la cuenca en educación es menos favorable que la nacional en razón a que la tasa de analfabetismo es de 10,16% superando en 4,9 puntos porcentuales la tasa nacional que se encuentra en 5,24% y ninguno de los municipios se encuentra por debajo de la tasa nacional de analfabetismo. Esto se refleja en la cobertura de educación primaria que es de 87,18%, mientras que la tasa nacional se encuentra por encima del 100% de cobertura. La tasa de cobertura en educación media es 62,65%, encontrándose 17 puntos por debajo de la nacional se encuentra en 80,11% para el año 2018.

El porcentaje de población afiliada a un régimen de cobertura en salud es en general para la cuenca de 86,06%, siendo el municipio de Norcasia con un 76,06% el de menor cobertura, y Nariño y Argelia los de la mayor cobertura con (94,53%) y (94,15%) respectivamente, en todo caso inferior a la cobertura nacional que es de 97,78%.

En lo que respecta a recreación, medido a partir de los metros cuadrados de espacios para el disfrute de la naturaleza por habitante, la cuenca en general resultó con 59,57 metros cuadrados por habitante que, comparados con el estándar internacional, el índice de espacio público por habitante, elegido como referente, es muy superior. Esta medición confirma el alto sentido de pertenencia de los habitantes del territorio, identificado en el diagnóstico, el cual se encuentra altamente relacionado con la oferta paisajística de la cuenca. Es importante señalar que los datos encontrados para el municipio de Nariño fueron determinantes en el alto valor que toma la variable, debido al alto número de sitios identificados en fuentes primaria y secundarias; para los otros municipios, en cambio, se encontró insuficiencia de datos.

La organización comunitaria, movilizadora de acciones encaminadas a mejorar las condiciones de vida de las comunidades, se midió a partir del porcentaje de territorios definidos por la división político-administrativa de los municipios (veredas, corregimientos y casco urbano) que cuentan con organización comunitaria (Junta de Acción Comunal, JAC). En esta variable la totalidad del territorio de la cuenca toma un valor de 104,72%. Este dato confirma que las organizaciones comunitarias son la base de la dinámica comunitaria.

De otro lado, todos los municipios de la cuenca han decrecido en número de habitantes, aunque algunos muestran tendencia hacia la recuperación en el censo de 2018. En relación con la población que habita en las cabeceras municipales y en el resto de su territorio, se observa que, a excepción

de Norcasia, en el departamento de Caldas, en los demás municipios la población rural es más representativa, aunque va en decrecimiento.

Las actividades económicas en la cuenca se enmarcan en la producción agropecuaria tradicional en combinación con una tendencia reciente hacia la diversificación con base en la oferta de servicios turísticos a visitantes atraídos por la oferta paisajística. Esta posibilidad de generar recursos económicos, a partir del turismo, ha resurgido gracias a la superación del conflicto armado.

A partir de las múltiples salidas a campo y de los talleres relacionadas con la comunidad, se encontró que estas mantienen una preocupación muy fuerte por amenazas sobre los recursos naturales, principalmente relacionadas con la construcción de centrales hidroeléctricas, minería y deforestación. Sin embargo, aún no se identifican iniciativas y acciones contundentes en defensa del territorio; y el conocimiento frente al tema es más un asunto individual que colectivo.

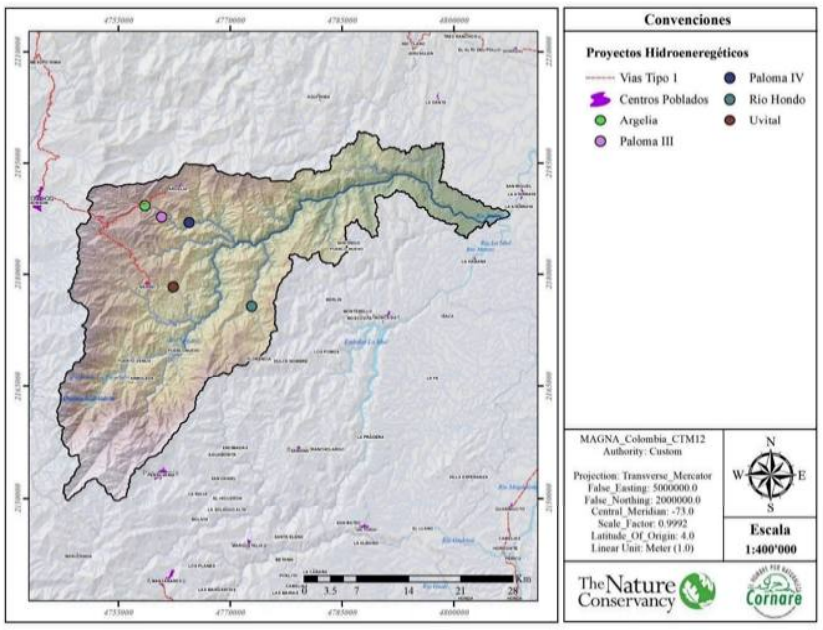
17.3 Escenarios de análisis

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, la descripción de los escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Sur fue presentada en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b).

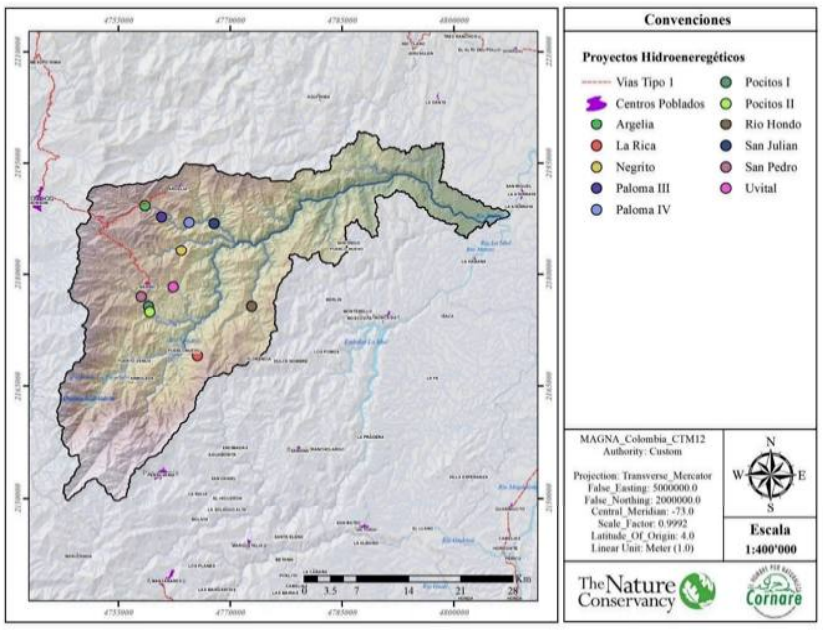
Sin embargo, en la Figura 377 se presenta la síntesis espacial de los 8 escenarios de análisis definidos para la cuenca del río Samaná Norte. Es importante señalar que, para los escenarios 1 y 2 la cuenca del río Samaná Sur no presenta proyectos en operación ni en proceso de construcción. Por tal razón los mapas asociados a estos escenarios no se presentan.

Figura 418. Escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Sur

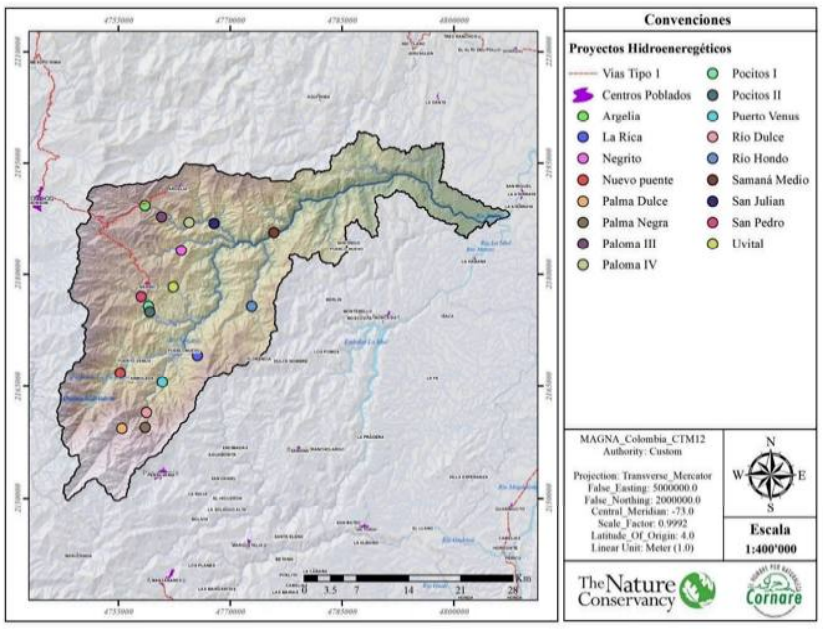
Escenario 3



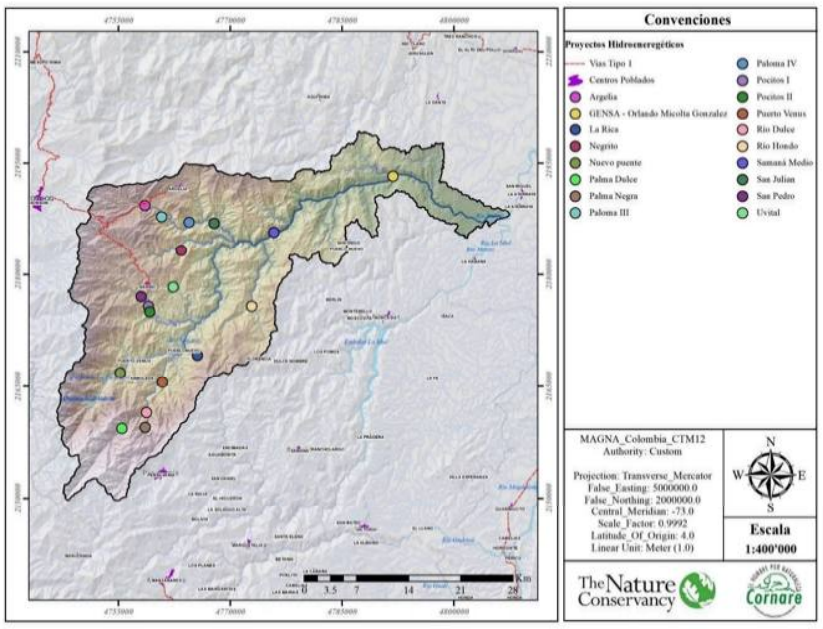
Escenario 4



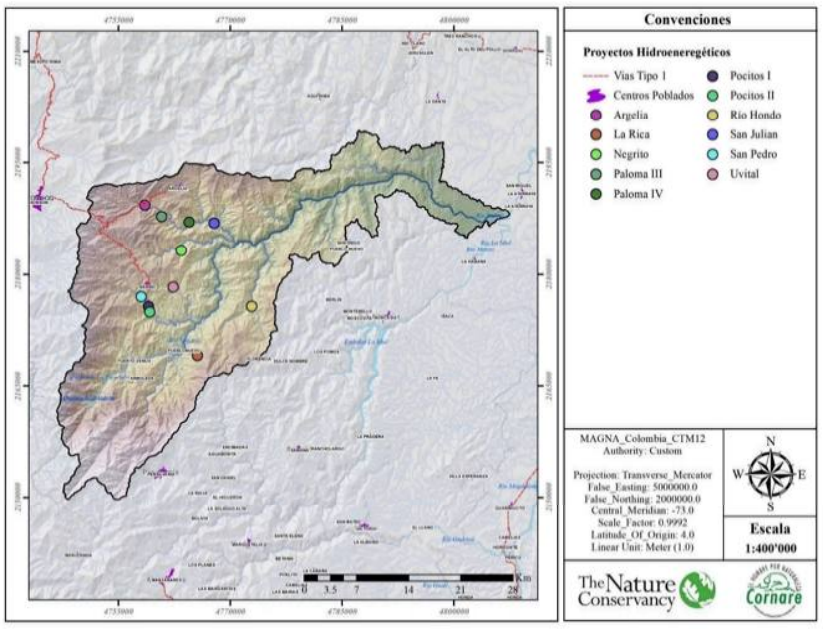
Escenario 5



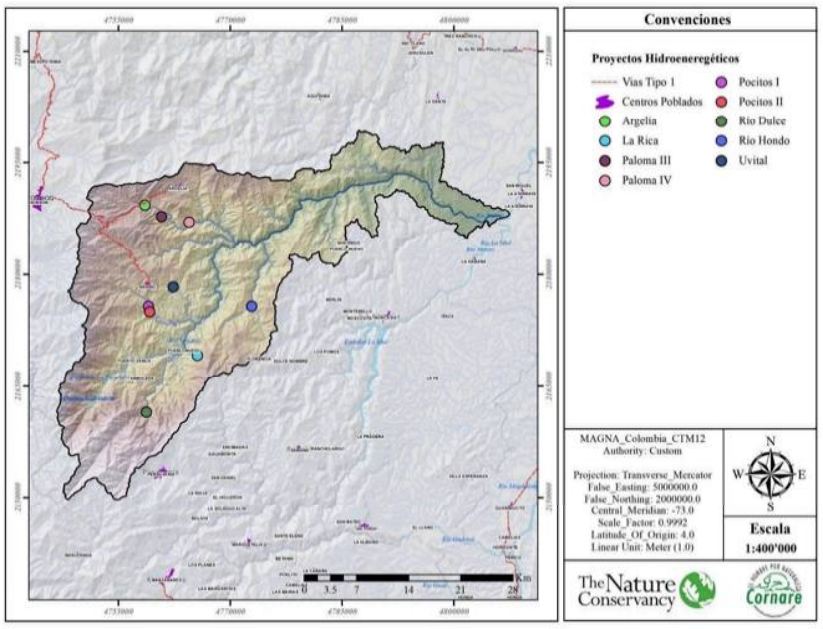
Escenario 6



Escenario 7



Escenario 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4 Indicadores por dimensión

En el actual numeral se presentan los resultados del cálculo de los indicadores utilizados para cada una de las dimensiones ambientales, sociales y económicos de acuerdo con lo descrito en el 0 del presente documento. En el Anexo - Fase III - 7 se consolidan para todas las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Sur, los valores de los indicadores seleccionados. Por otra parte, en el Anexo - Fase III - 6 se consolidan las memorias de cálculo y en el Anexo - Fase III - 1 pueden consultarse los archivos espaciales.

17.4.1 *Indicadores ambientales*

17.4.1.1 Indicador de calidad morfológica (MQI)

Como se mencionó en el numeral 14.4.1.1, el MQI se compone de diversos subindicadores. En razón a lo anterior, a continuación, se presenta la valoración de cada uno de ellos para la cuenca del río Samaná Sur de acuerdo con los descrito en el numeral 14.4.1.1.

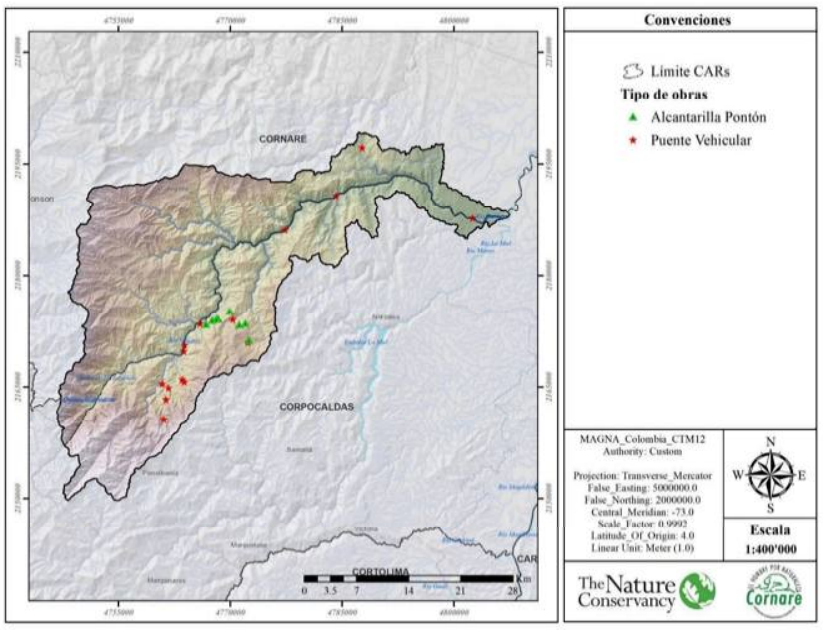
- ✓ *F1: Continuidad de flujo de maderas y sedimentos*

Para estimar este indicador se seleccionaron identificaron los puentes vehiculares de la cartografía básica escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (ver Figura 419).

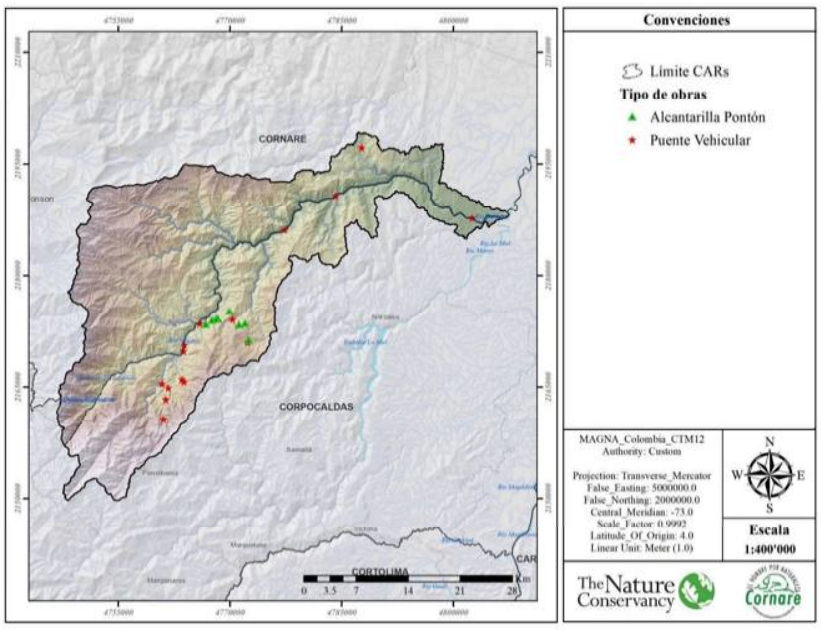
En la Figura 420 se presenta la clasificación del subindicador F1 - continuidad de flujo de maderas y sedimentos para los 8 escenarios de análisis de acuerdo con la Tabla 165. Como se observa, en el escenario 1 y 2 la quebrada Santa Ulasia presentan la mayor alteración debido al emplazamiento múltiples obras hidráulicas. Mientras que en los escenarios 3 al 8 se empiezan a evidenciar discontinuidad en los flujos de madera y sedimento en las unidades donde se ubican los proyectos hidroeléctricos correspondientes a cada escenario.

Figura 419. Obras que hidráulicas que modifican la dinámica fluvial en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8

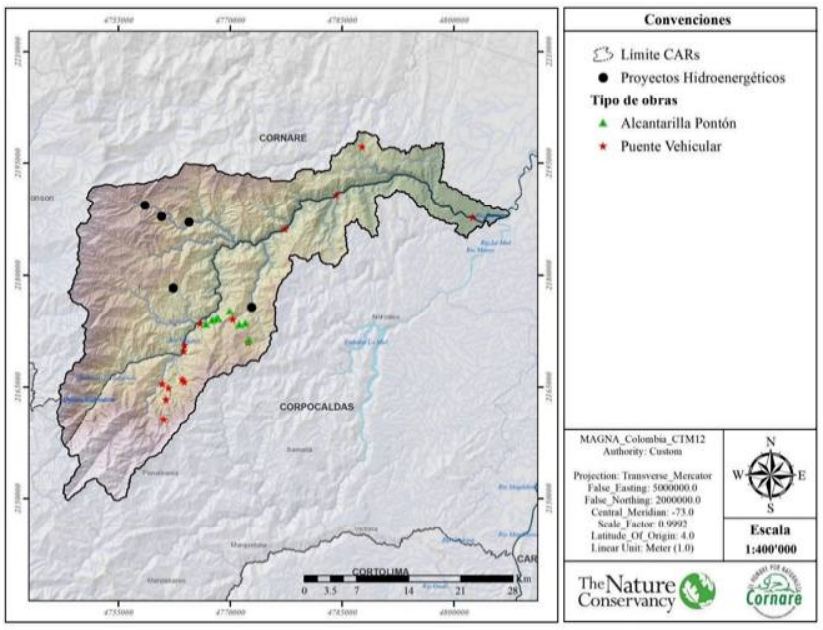
Escenario 1



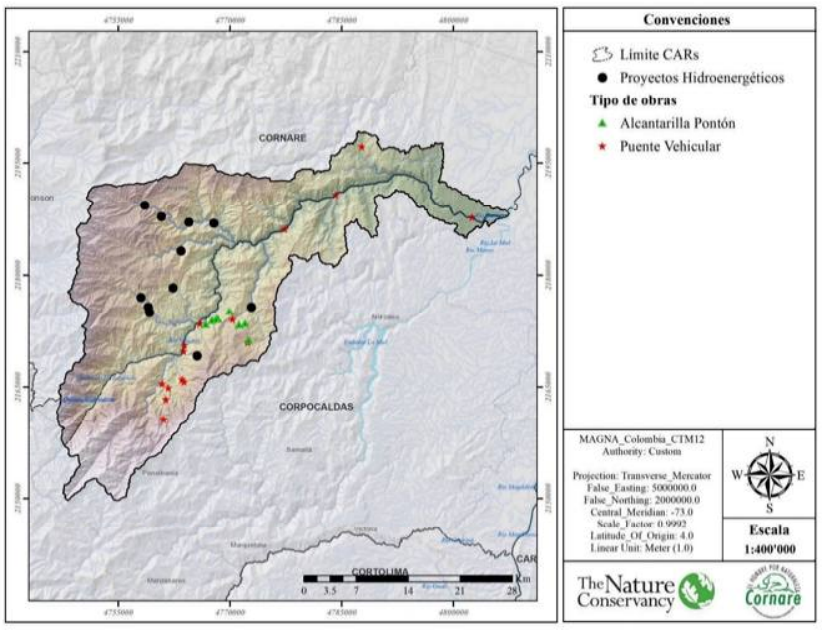
Escenario 2



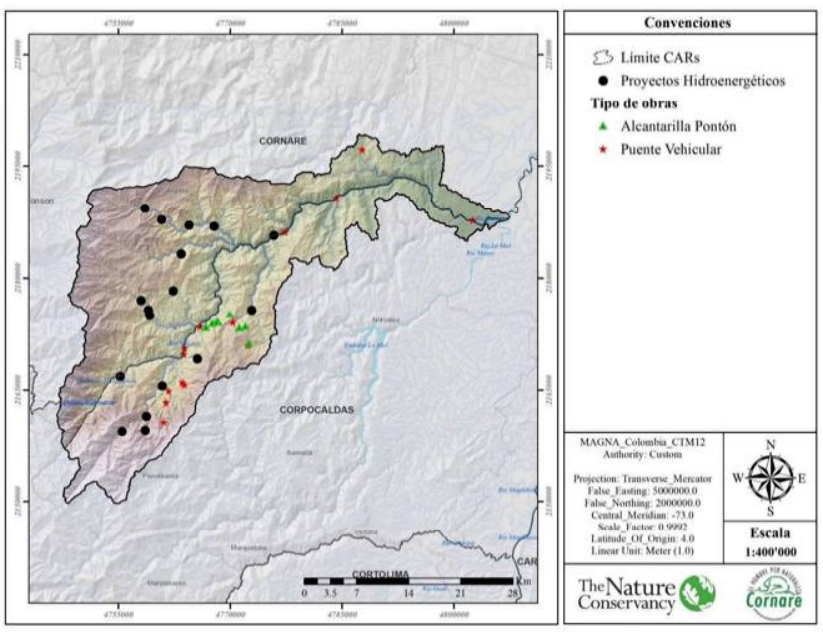
Escenario 3



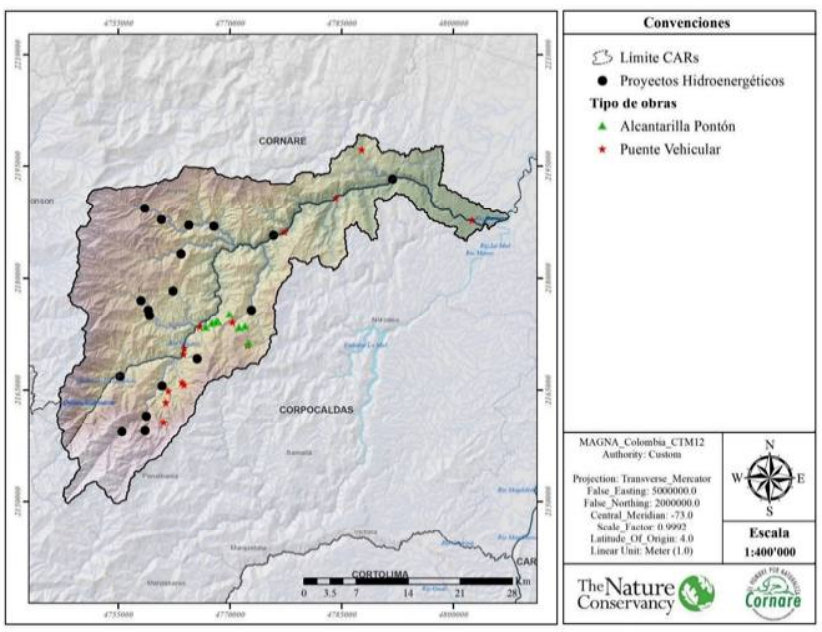
Escenario 4



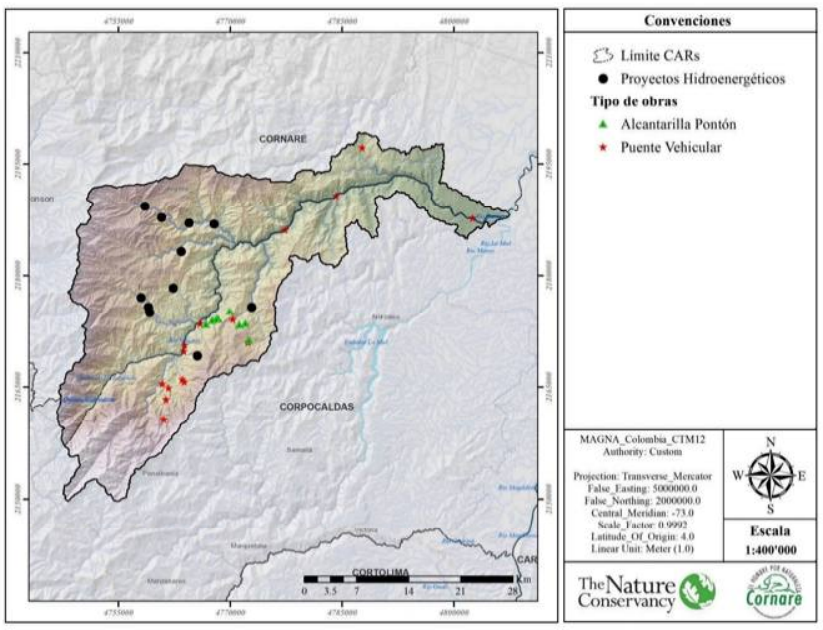
Escenario 5



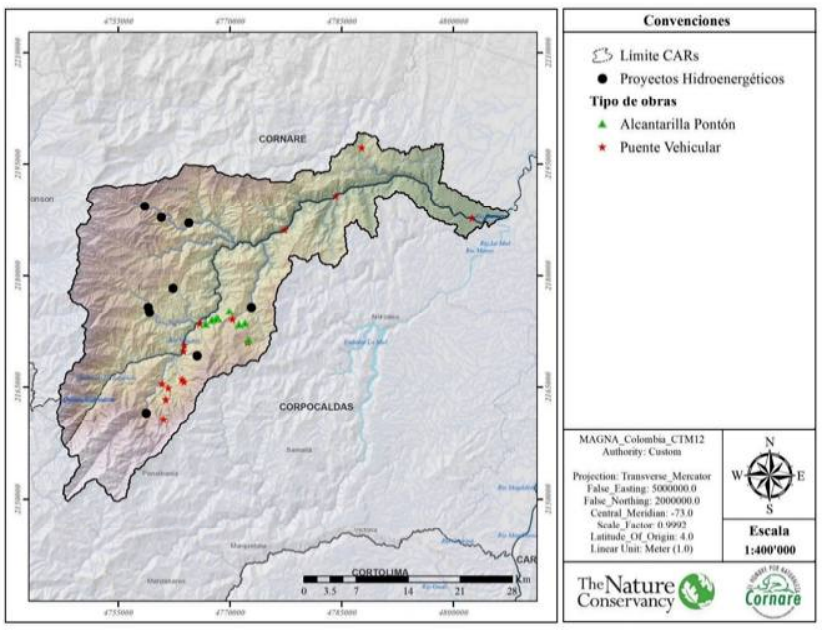
Escenario 6



Escenario 7



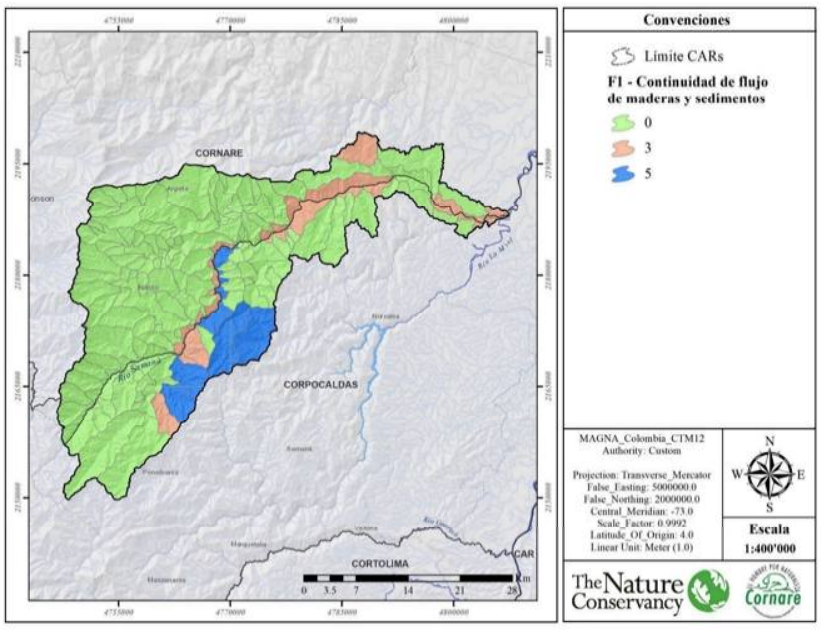
Escenario 8



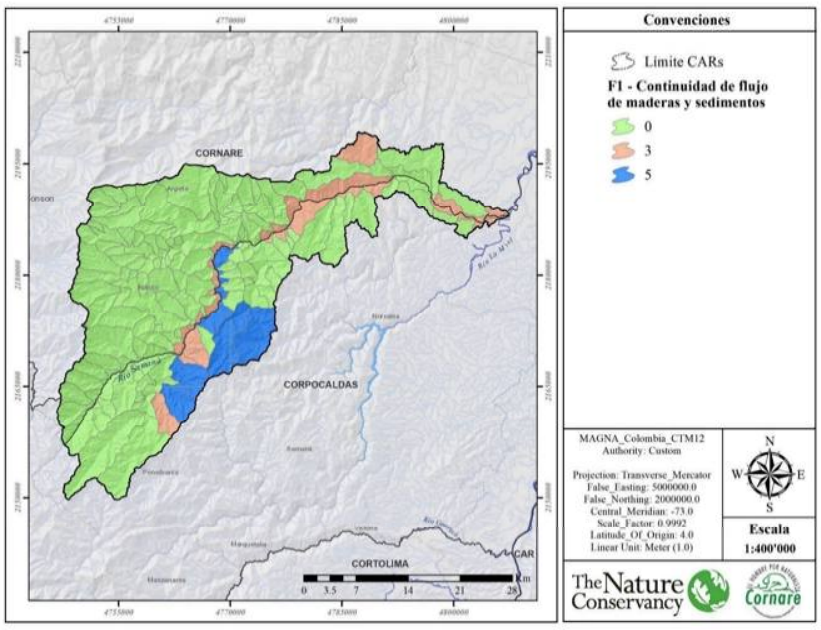
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

Figura 420. Calificación del subindicador F1 - Continuidad de flujo de maderas y sedimentos para los escenarios del 1 al 8

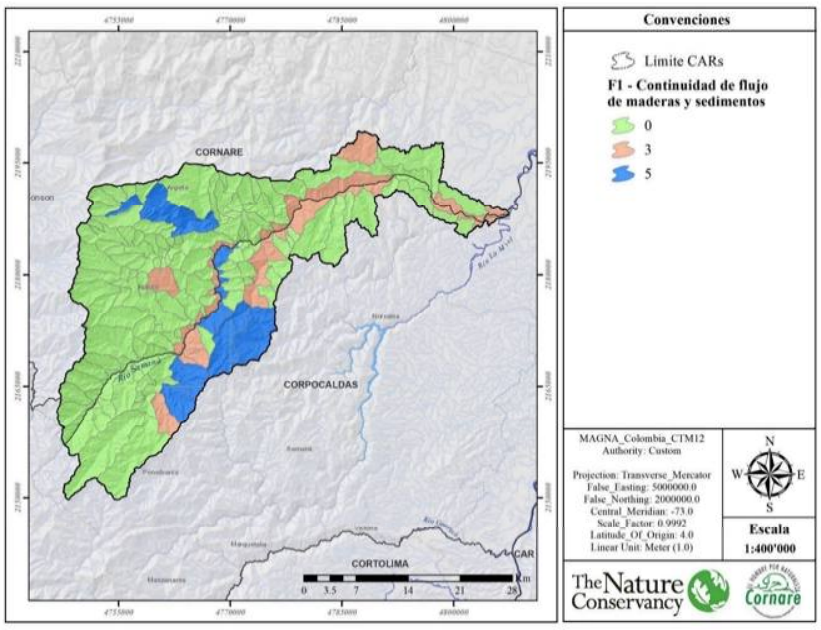
Escenario 1



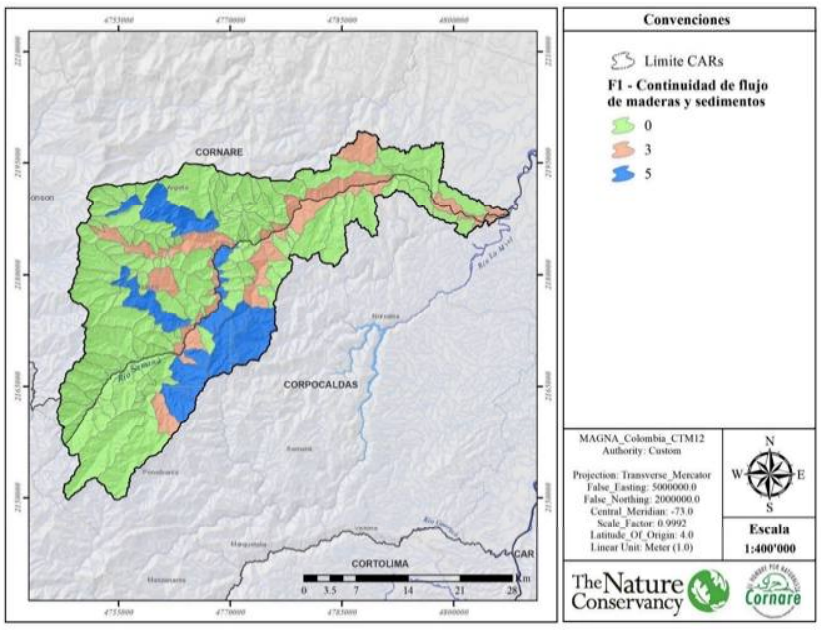
Escenario 2



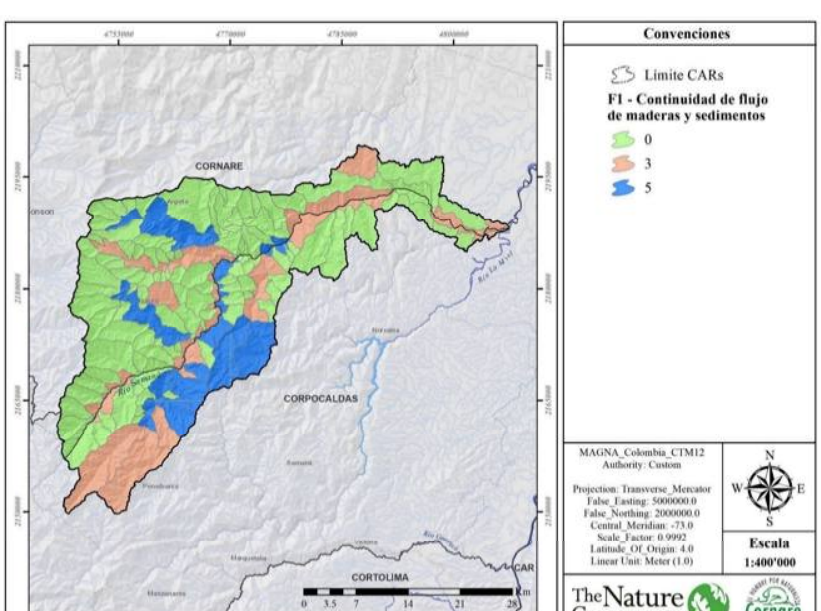
Escenario 3



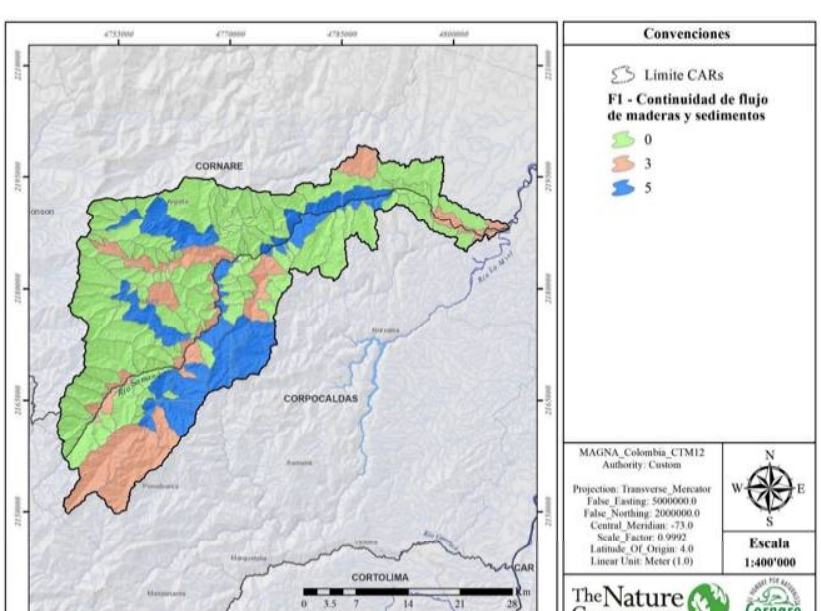
Escenario 4



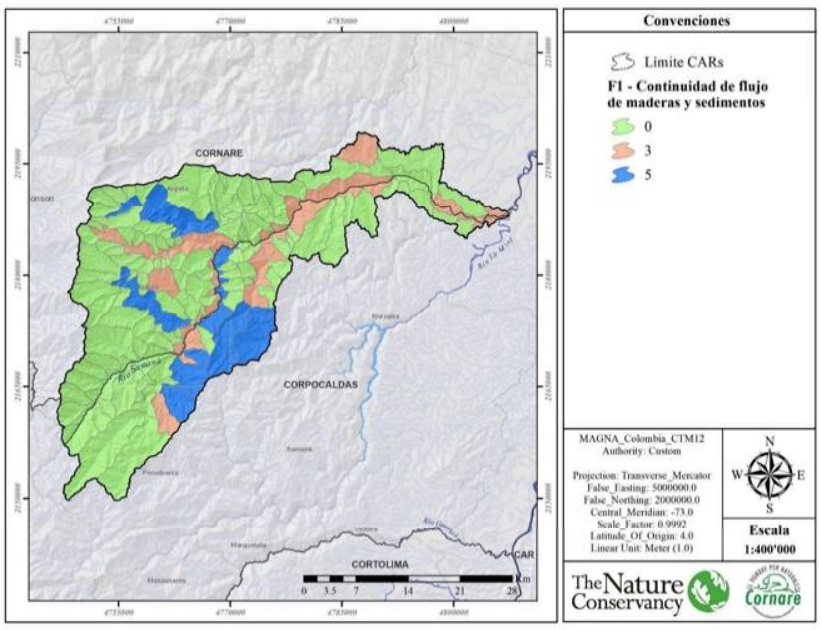
Escenario 5



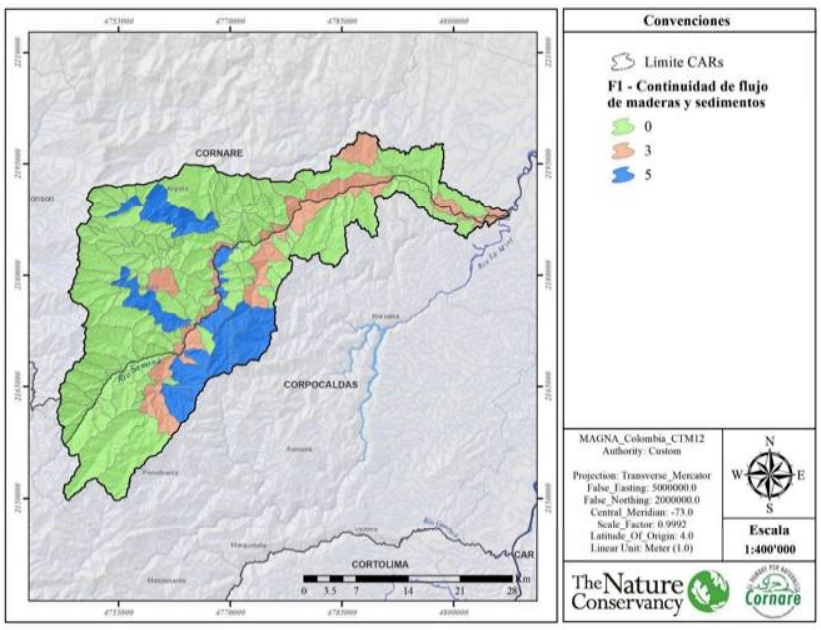
Escenario 6



Escenario 7



Escenario 8



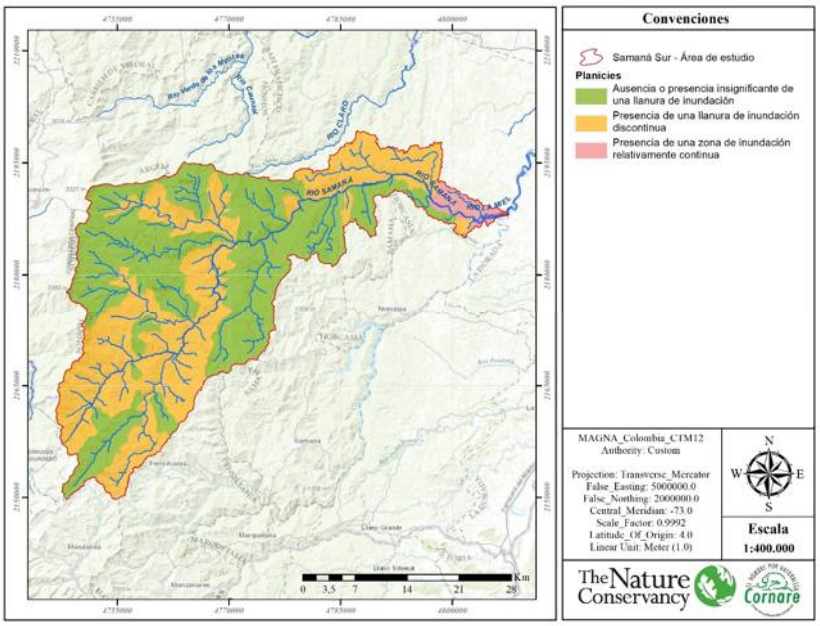
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

- ✓ *F2: Presencia de planicies inundables*

Para la cuenca del río Samaná Sur, al igual en la cuenca Norte asociado a las condiciones geológicas y topográficas de la mayor parte de la cuenca del Samaná Sur es muy limitada la conformación de planicies aluviales, por lo que mayor parte de las subcuencas exhiben una calificación de 5. En la zona en que es posible identificarse, estas planicies aluviales corresponden a pequeños sectores dispersos localizados de forma contigua en algunos del río Samaná principalmente, limitadas por vertientes predominantemente escarpadas, por lo que corresponden a planicies confinadas, y limitadas por las condiciones geológicas y topográficas de la zona. Finalmente, hacia la parte baja de la cuenca en la confluencia dadas las condiciones geológicas y topográficas se favorece la conformación de una planicie aluvial continua y con una expresión más marcada, con evidencias de eventos de inundación recientes, por lo que la valoración en estas zonas es de 0.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la Figura 421 se presenta la calificación obtenida para este factor en los 8 escenarios de análisis considerados.

Figura 421. Clasificación del subindicador F2 - Presencia de planicies aluviales en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

- ✓ *F6: Configuración del lecho – pendiente del valle*

La calificación del subindicador F6 presenta la misma distribución y valoración de la Figura 421. Esto se debe a que las obras consideradas en el análisis alteran diversos factores hidráulicos como la pendiente a escala de tramo, el régimen de velocidades, transporte, erosión y agradación de sedimentos.

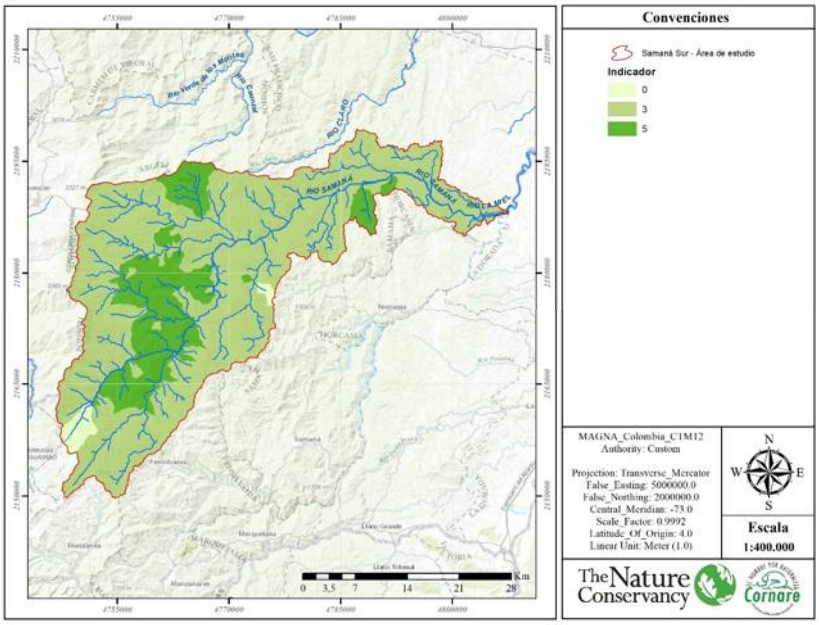
- ✓ *F7: Formas y procesos típicos del patrón de alineamiento*

La calificación del subindicador F7 presenta la misma distribución y valoración de la Figura 421. Esto se debe a que las obras consideradas en el análisis alteran diversos factores hidráulicos como la pendiente a escala de tramo, el régimen de velocidades, transporte, erosión y agradación de sedimentos. Adicionalmente no se identificaron tramos de río canalizado o con algún tipo de revestimiento.

- ✓ *F12: Ancho de la vegetación funcional*

La calificación del subindicador F12 se presenta en la Figura 422. Una vez realizado el análisis de la vegetación en la unidad espacial de análisis, se puede observar que la parte media río Samaná Sur es la que presenta la menor cantidad de vegetación funcional (región verde oscuro).

Figura 422. Calificación del subindicador F12 - Ancho de la vegetación funcional en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8

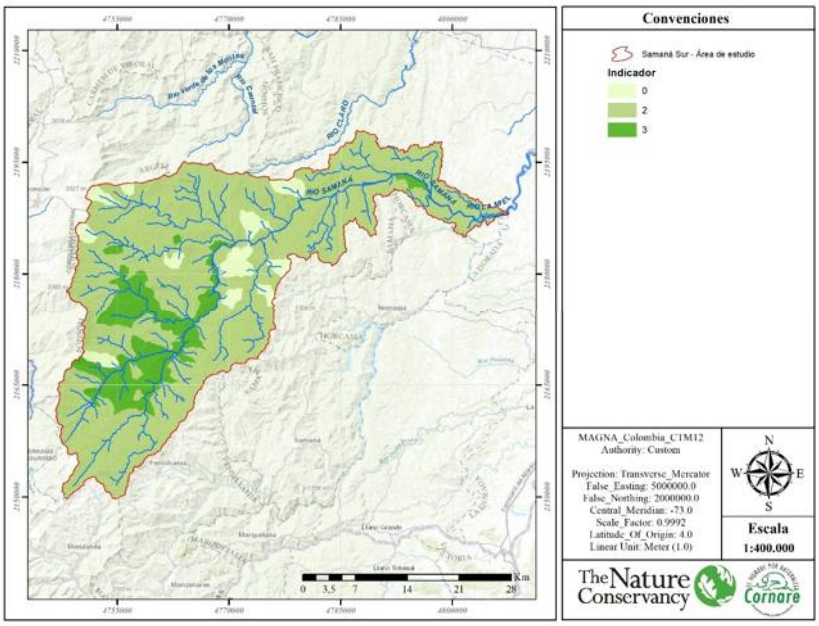


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

- ✓ *F13: Extensión de la vegetación funcional*

Una vez realizado el análisis de la extensión de la vegetación en la unidad espacial de análisis (Figura 423), se puede observar que la parte media del río Samaná Sur es la que presenta la menor extensión de vegetación funcional.

Figura 423. Calificación del subindicador F13 - Extensión de la vegetación funcional en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8

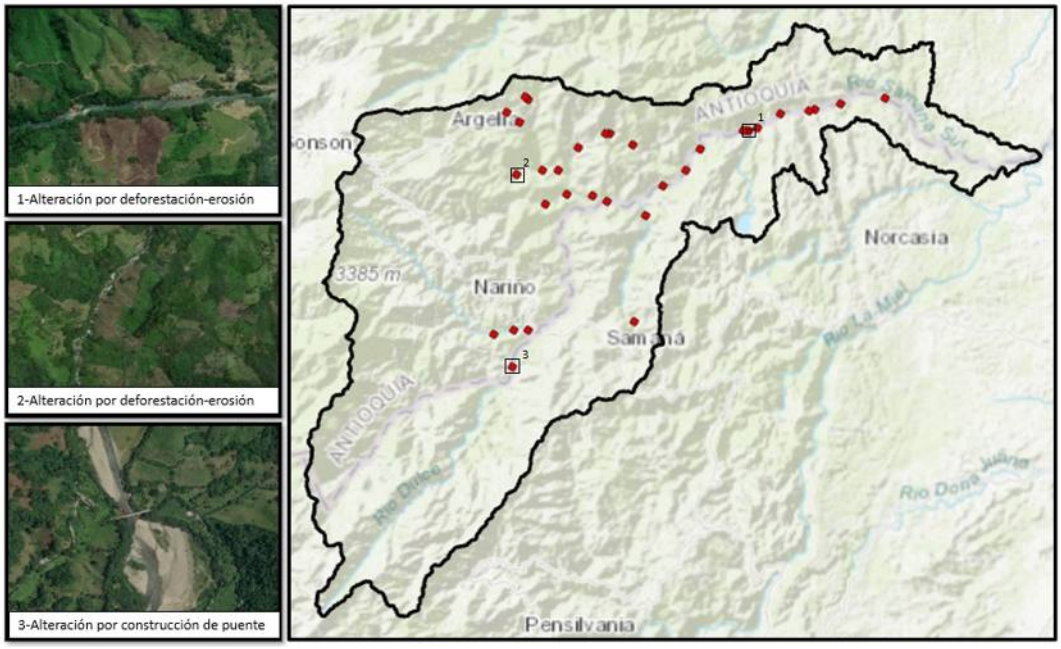


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- ✓ *A5: Presencia y frecuencia de estructuras de cruce*

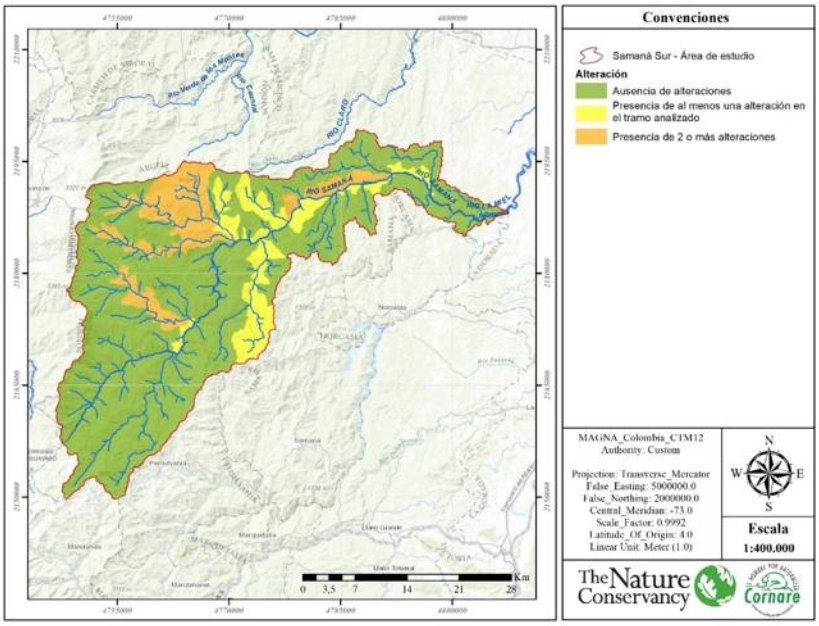
Para la cuenca del río Samaná Sur se identificaron un total de 34 alteraciones puntuales, correspondientes principalmente a estructuras de cruces por puentes asociados a infraestructura vial, tal y como se presenta en la Figura 424. Hacia la parte baja de la cuenca, las alteraciones están asociadas a procesos de minería. Teniendo en cuenta lo anterior, en la Figura 425 se presenta la calificación obtenida para este factor.

Figura 424. Cartografía de alteraciones identificadas en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 425. Calificación del subindicador A5 - Presencia y frecuencia de estructuras de cruce en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8

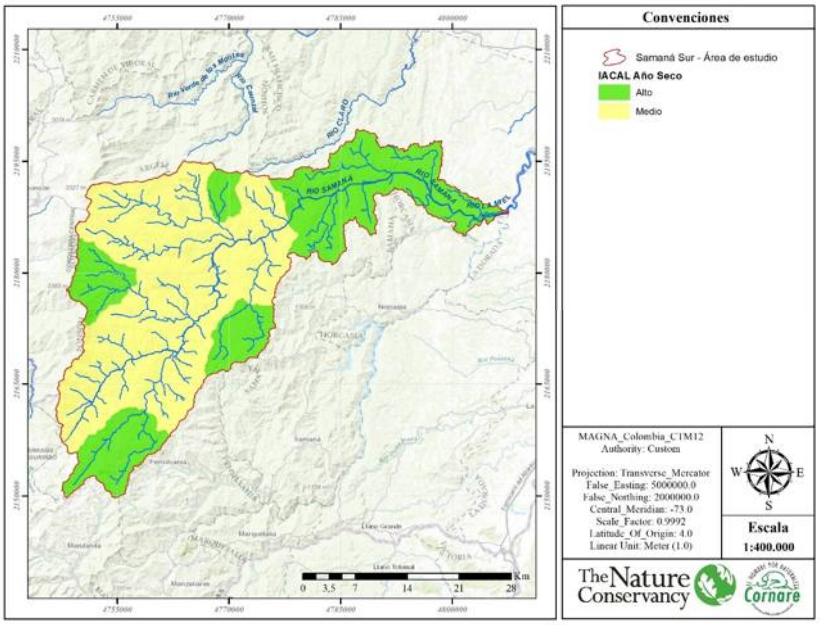


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

✓ *A13: Alteración de la calidad del agua*

Se evaluó la alteración a partir del Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL), dicho índice fue extraído del POMCA (ver Figura 426).

Figura 426. Calificación del subindicador A13 - Alteración de la calidad del agua en la cuenca del río Samaná Sur para los escenarios 1 al 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

✓ *MQI*

En la Figura 427 se presenta la estimación del MQI en la cuenca del río Samaná Sur para los 8 escenarios de análisis. El escenario 1 corresponde a la línea base de la cuenca es decir las condiciones actuales de la cuenca bajo los indicadores ya que no se encuentran proyectos hidroeléctricos en operación y/o en construcción; las mayores alteraciones se presentan en la parte alta de la cuenca con un MQI moderado, en esa zona hay alteraciones debido a vegetación funcional y a las llanuras de inundación.

Bajo un análisis comparativo con el escenario 1, el escenario 3 muestra que 5 de las 140 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) un (1) NSS-3 tiene una disminución inferior al 10 % en el indicador; (ii) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 10 % al 20 %; (iii) dos (2) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40% al 50 % y (iv) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 60% al 70 % del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Río La Paloma Parte Media (2305-01-06-01), Q. El Espíritu Santo Parte Alta (2305-01-10-04), Río Hondo (2305-01-09-03) y Directos al Río Samaná Sur (2305-01-05-01)

En el escenario 4 se generan disminuciones en el MQI en 8 de las 140 unidades hidrográficas de nivel 3, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) un (1) NSS-3 tiene una disminución inferior al 10 % en el indicador; (ii) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 10 % al 20 %; (iii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40% al 50 %; (iv) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 50% al 60 %; (v) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 60 al 70 % y (vi) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 70% al 80 % del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Río San Pedro Parte Media (2305-01-12-01), Río La Paloma Parte Media (2305-01-06-01), Q. La Rica (2305-01-19-08), Q. El Espíritu Santo Parte Alta (2305-01-10-04) y Río Hondo (2305-01-09-03).

En el escenario 5 se generan disminuciones en el MQI en 16 de las 140 unidades hidrográficas de nivel 3, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) un (1) NSS-3 tiene una disminución inferior al 10 por ciento en el indicador; (ii) dos (2) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 10% al 20%; (iii) un (1) NSS-3 tiene una disminución que oscila entre el 30% al 40%; (iv) siete (7) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40% al 50%; (v) dos (2) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 50% al 60%; (vi) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 60% al 70% y (vii) dos (2) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 70% al 80% del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Río Dulce (2305-01-21-03), Río San Pedro Parte Media (2305-01-12-01), Río La Paloma Parte Media (2305-01-06-01), Q. La Rica (2305-01-19-08) y Directos al Río Samaná Sur (mi) (2305-01-07-01).

El escenario 6 por su parte muestra que 17 de las 140 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) un (1) NSS-3 tiene una disminución inferior al 10 % en el indicador; (ii) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 10 al 20 %; (iii) un (1) NSS-3 tiene una disminución que oscila entre el 30 al 40 %; (iv) ocho (8) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40 al 50 %; (v) tres (3) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 50 al 60 %; (vi) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 60 al 70 % y (vii) dos (2) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 70 al 80 % del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Río Dulce (2305-01-21-03), Río San Pedro Parte Media (2305-01-12-01), Río La Paloma Parte Media (2305-01-06-01), Directos al Río Samaná Sur (2305-01-05-01) y Q. La Rica (2305-01-19-08).

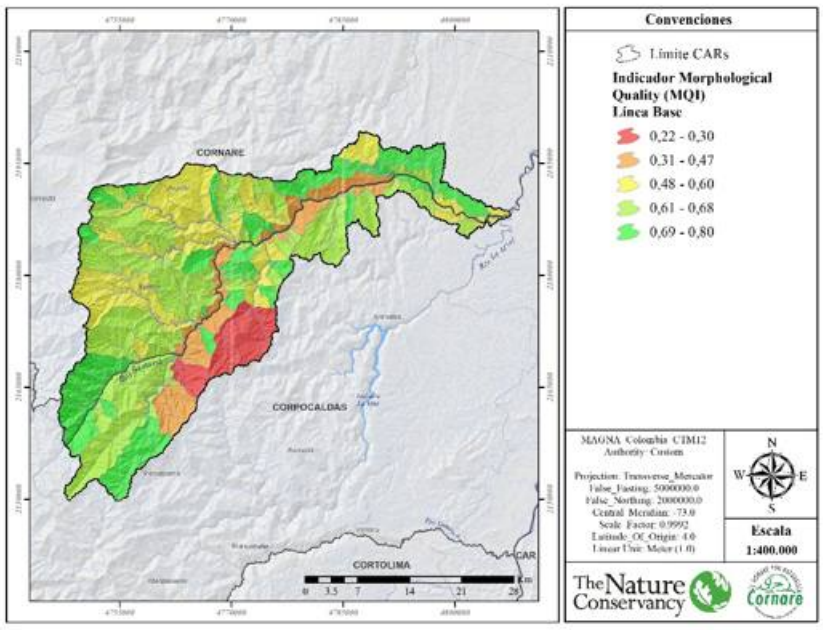
En el escenario 7 se generan disminuciones en el MQI en 8 de las 140 unidades hidrográficas de nivel 3, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) un (1) NSS-3 tiene una disminución inferior al 10 % en el indicador; (ii) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 10 al 20 %; (iii) tres (3) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40 al 50 %; (iv) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 50 al 60 %; (v) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 60 al 70 % y (vi) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 70 al 80 % del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Río San Pedro Parte Media (2305-01-12-01), Río La Paloma Parte Media (2305-01-06-01), Q. La Rica (2305-01-19-08), Q. El Espíritu Santo Parte Alta (2305-01-10-04) y Río Hondo (2305-01-09-03).

Finalmente en el escenario 8 se encontró que en 8 de las 140 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) un (1) NSS-3 tiene una disminución inferior al 10 % en el indicador; (ii) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 10 al 20 %; (iii) un (1) NSS-3 tiene una disminución que oscila entre el 30 al 40 %; (iv)

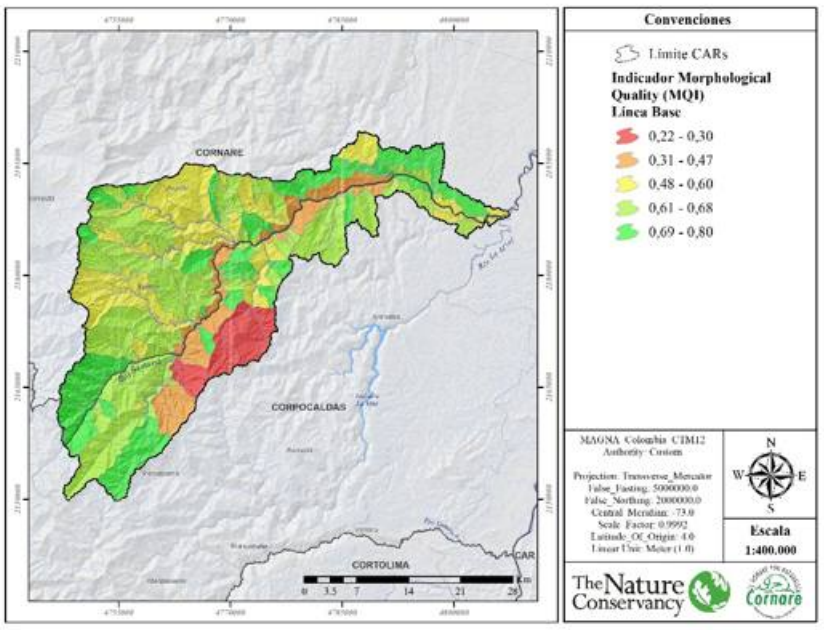
dos (2) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 40 al 50 %; (v) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 50 al 60 %; (vi) un (1) NSS-3 presenta disminución que oscila entre el 60 al 70 % y (vii) un (1) NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 70 al 80 % del MQI. Las mayores alteraciones se presentan en el Río San Pedro Parte Media (2305-01-12-01), Río La Paloma Parte Media (2305-01-06-01), Q. La Rica (2305-01-19-08), Q. El Espíritu Santo Parte Alta (2305-01-10-04) y Río Hondo (2305-01-09-03).

Figura 427. Distribución espacial del MQI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

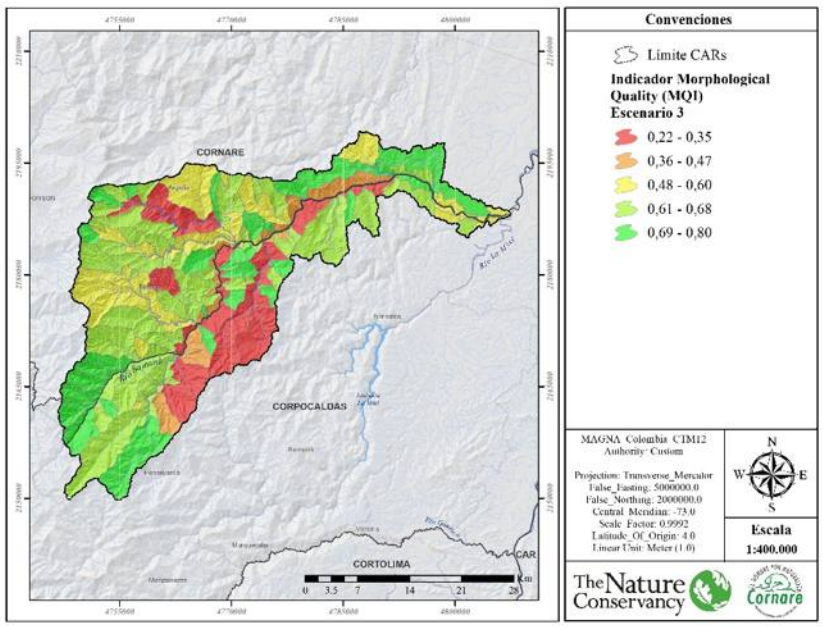
Escenario - 1



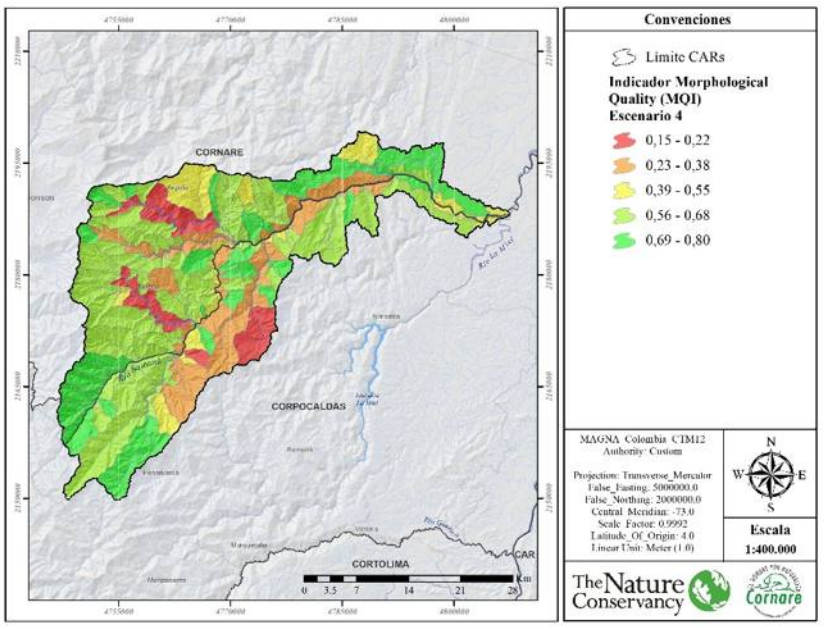
Escenario - 2



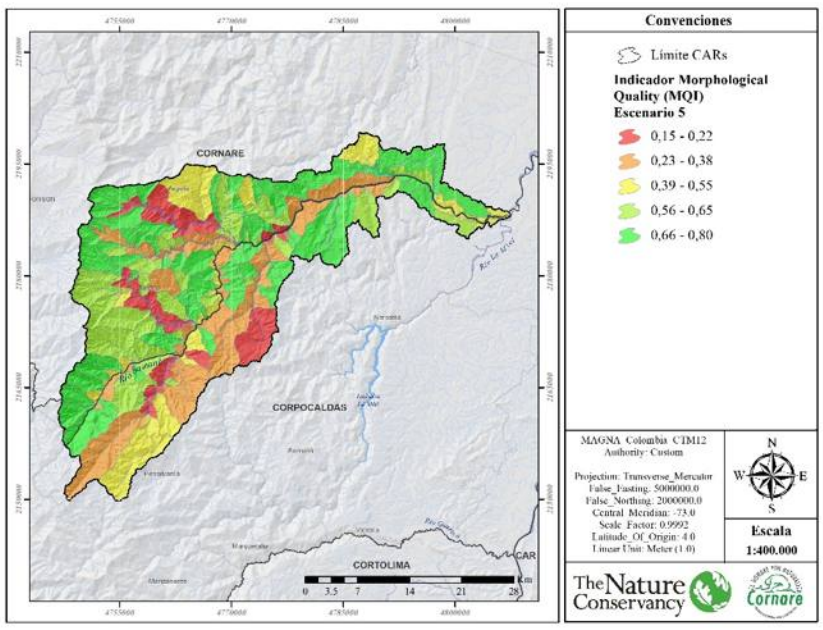
Escenario - 3



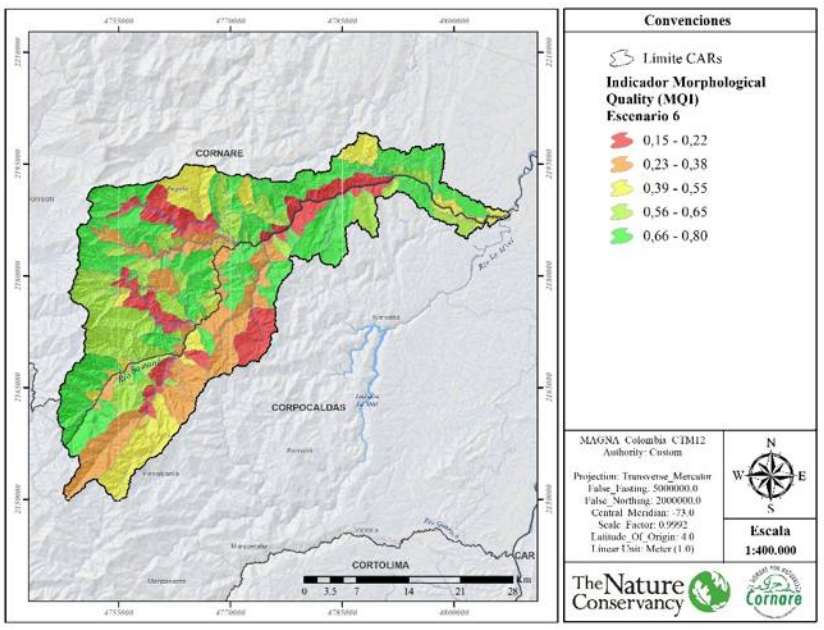
Escenario - 4



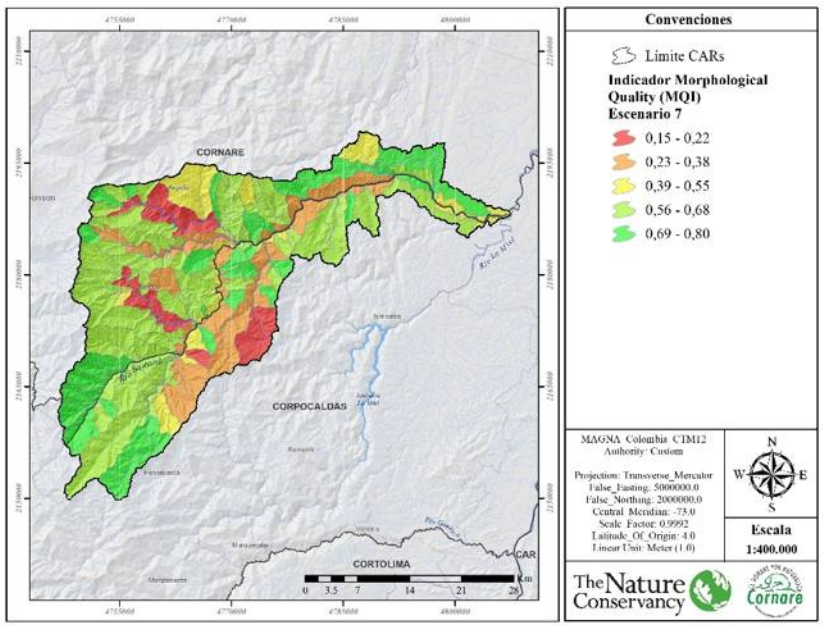
Escenario - 5



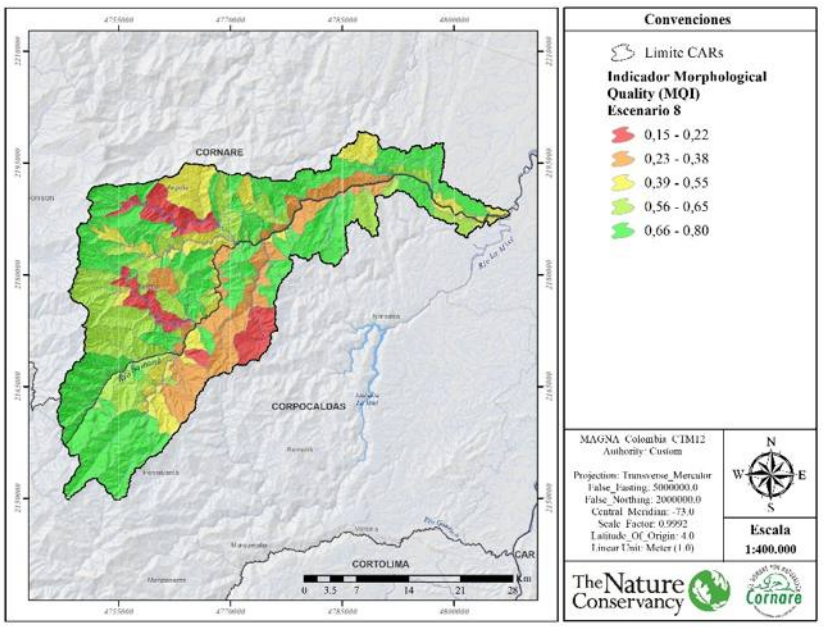
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8

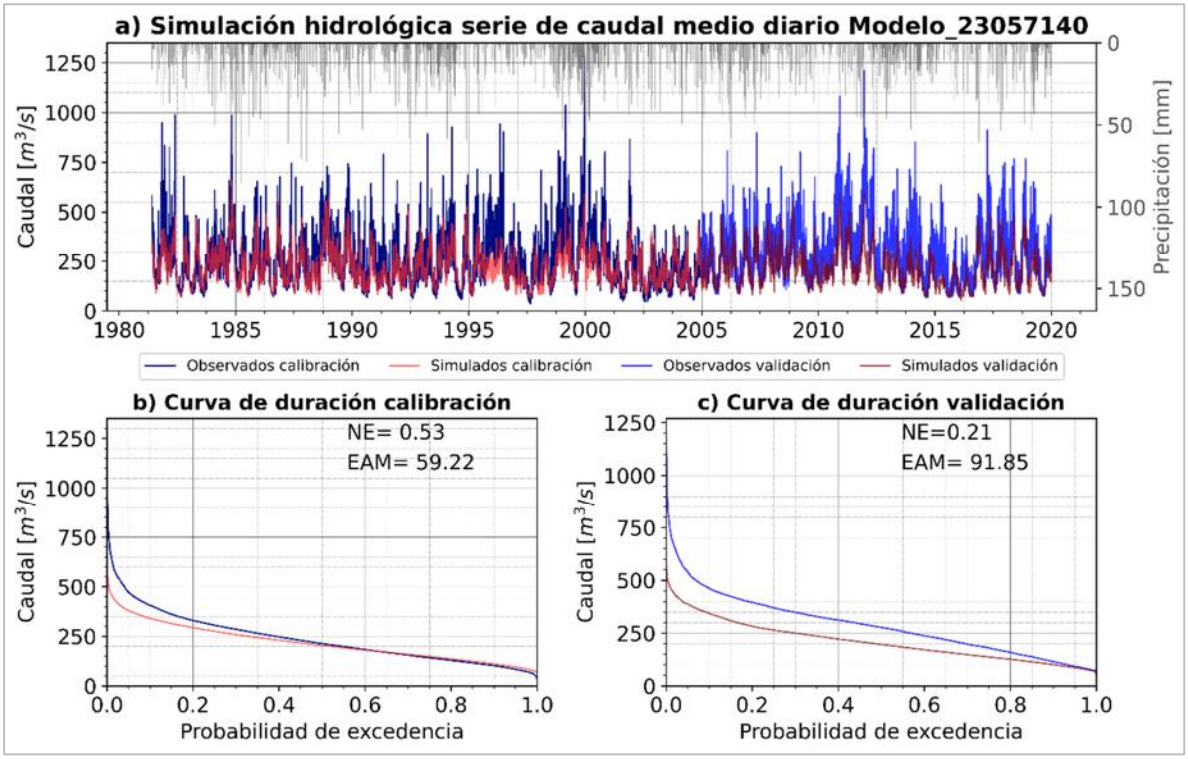


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.1.2 Indicador de ramping (HP1)

Como se mencionó en el numeral 14.4.1.2, para la estimación del HP1 fue necesario configurar un modelo hidrológico para generar los caudales en cada una de las unidades. En la Figura 428 se presenta la gráfica comparativa entre los caudales observados y simulados para la cuenca del río Samaná Sur (estación SAN MIGUEL – AUT [23057140] del IDEAM). Del proceso de calibración mediante el algoritmo de optimización SHG se obtuvo un coeficiente de Nash de 0.53 para el periodo (1981-2004), esto indica que el modelo es aceptable. En la Figura 428 a) se presenta la curva de duración de caudales para el periodo de calibración se puede evidenciar que para probabilidades de excedencia inferiores a 0,4 el modelo subestima los caudales. Sin embargo, el modelo representa de forma adecuada los caudales medios y mínimos.

Figura 428. Calibración del modelo hidrológico del Samaná Sur. A) Serie diaria observada (azul) y simulada (roja). B) Curva de duración de caudales periodo de calibración. C) Curva de duración de caudales periodo de validación



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Por otra parte, en la Figura 428 a) se presenta en azul y rojo más claros la serie de caudales medida y simulada para el río Samaná Sur para el periodo de validación, durante este periodo se obtuvo un coeficiente de Nash de 0,21 esto indica que el modelo es robusto hidrológico es aceptable para el periodo de validación. En la Figura 428 c) se presenta la curva de duración de caudales se puede evidenciar en este caso que para probabilidades de excedencia inferiores a 0,4 el modelo subestima los caudales. Es importante mencionar que durante el periodo de calibración el proyecto hidroeléctrico La Miel no estaba construido, a partir del año 2002 empieza a operar el proyecto,

esta puede ser la causa de la disminución de la eficiencia de Nash durante el periodo de validación debido a la regulación del embalse.

Partiendo de esta información se estimó el HP1 para las unidades NSS-3 que configuran la cuenca del río Samaná Sur. En la Figura 429 se presenta los resultados del indicador HP1 para los 8 escenarios de análisis considerados para la cuenca del río Samaná Sur.

En el escenario 1 y 2 se observa que todas las subcuencas NSS-3 de la cuenca del río Samaná Sur presenta valores cero (0) en el ramping indicator, lo que indica que no hay fluctuaciones en los caudales por proyectos hidroeléctricos, ya que actualmente en la cuenca no hay PCH en operación y/en construcción. No obstante, a partir del escenario 3, la cuenca comienza a sufrir fluctuación en los caudales. En el caso del escenario 3, se evidencia que en 19 de 140 subcuencas NSS-3 por la influencia de 5 proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Sur. Se observa el impacto sobre el caudal sobre la Quebrada El Espíritu Santo precisamente por la PCH Uvital; en el río Paloma tanto en la parte media y baja por la influencia de las PCH Argelia, Paloma III y Paloma IV; en el río Hondo ya que se ubica la PCH Río Hondo; que estos a su vez que generan impactos acumulativos sobre la alteración en el caudal medio sobre el río Samaná Sur en diferentes tramos, lo que puede generar estrés sobre los peces, en la cobertura riparia de los ríos y demás.

En el escenario 4, se presentan fluctuaciones en 22 subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Sur debido a la influencia de la PCH San Julián que genera más presión sobre el río Paloma, en la Quebrada la Rica por la presencia de la PCH La Rica y alteraciones sobre el caudal del río San Pedro por la concentración de las PCH Pocitos I, Pocitos III y San Pedro generando más presión en el ecosistema hídrico y la prestación de los servicios ecosistémicos.

En el escenario 5 se observa un incremento en la fluctuación de los caudales en 8 subcuencas NSS-3 con respecto al escenario anterior, sobre el río Negrito Parte Baja por la presencia de la PCH Negrito, en el río Dulce por las PCH Palma Dulce, Puerto Venus y Río Dulce y sobre el río Samaná Sur parte alta por la influencia de las PCH Nuevo Puente y Samaná Medio.

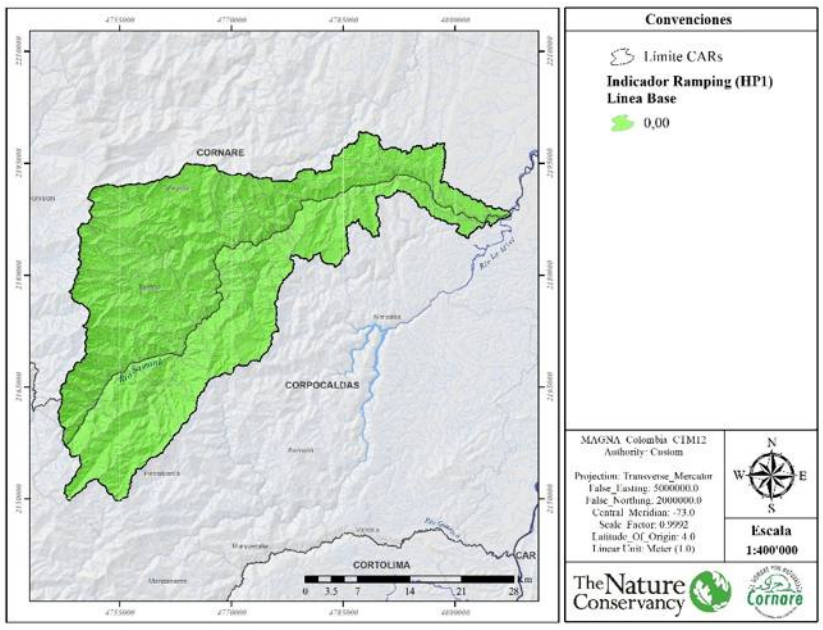
En el escenario 6 en donde se tiene en cuenta 18 proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos; se presentan fluctuaciones en los caudales, además de los escenarios anteriores, en las subcuencas NSS-3 en el río Samaná Sur parte baja aumentando la presión sobre el ecosistema por la presencia de la PCH GENSA.

En escenario 7 con 11 proyectos hidroeléctricos al interior de la Cuenca del río Samaná Sur, se presentan fluctuaciones similares al escenario 4 en los caudales significativas en 22 de las 140 subcuencas NSS-3 por la influencia de las PCH PCH Argelia, Paloma III, Paloma IV, Río Hondo con licencia ambiental, Uvital con concesión de agua, La Rica en trámite de licencia ambiental y, San Julián, Negrito, San Pedro, Pocitos I, Pocitos II con DAA aprobado.

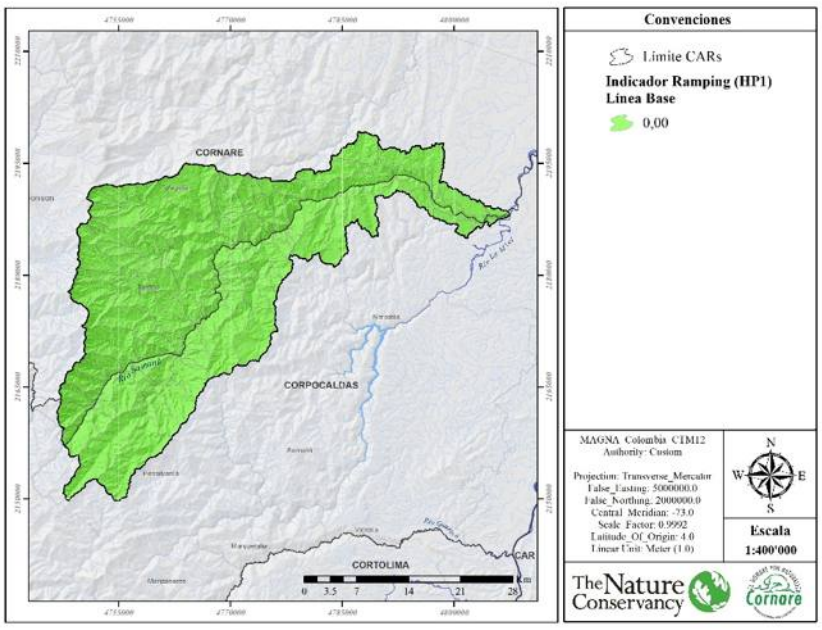
Con respecto al escenario 8 con las PCH Argelia, Paloma III, Paloma IV, Uvital, La Rica, Pocitos I, Pocitos II, Río Hondo y Río Dulce, generan fluctuaciones sobre el caudal en 24 subcuencas NSS-3, específicamente sobre los ríos San Pedro, Quebrada El Espíritu Santo, río Paloma, río Dulce, Quebrada la Rica, río Hondo y río Samaná Sur y en mayor alteración sobre su caudal en la parte baja.

Figura 429. Distribución espacial del HP1 a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

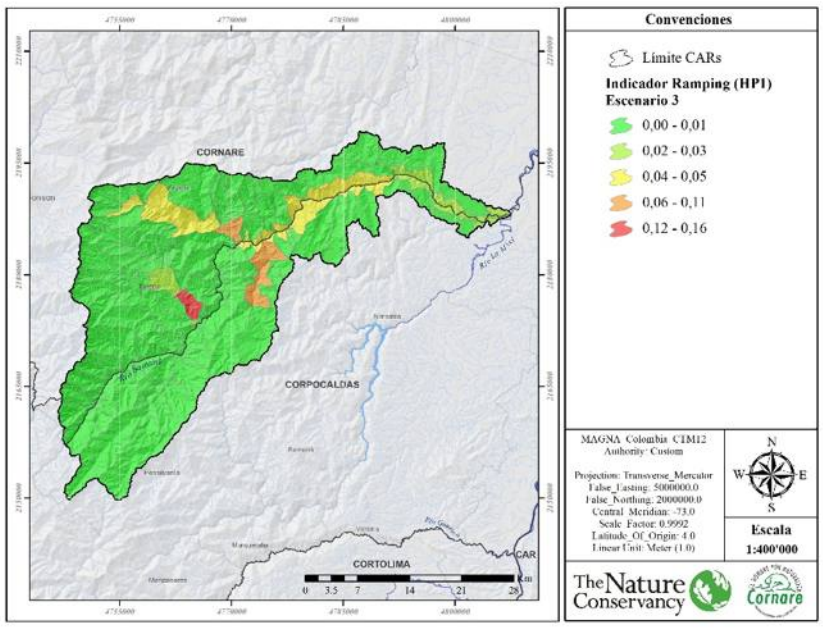
Escenario - 1



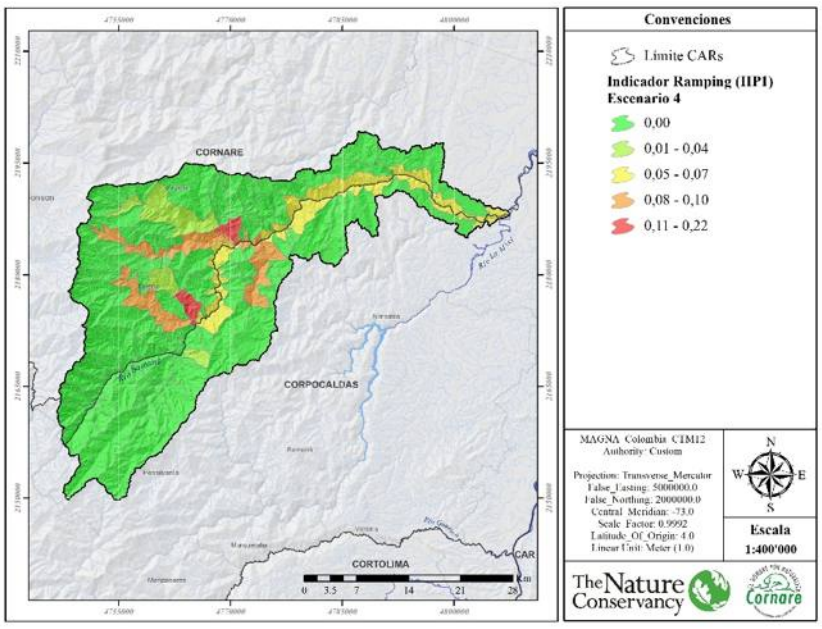
Escenario - 2



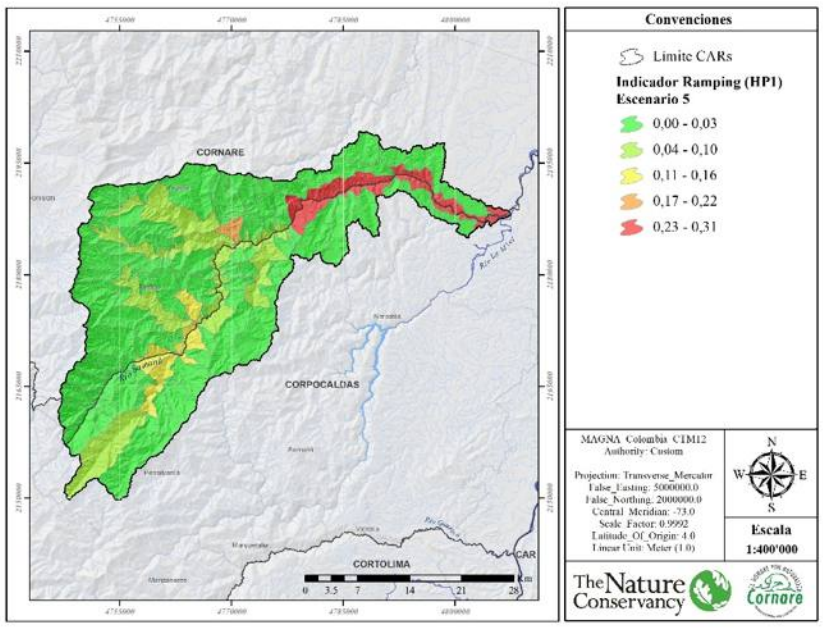
Escenario - 3



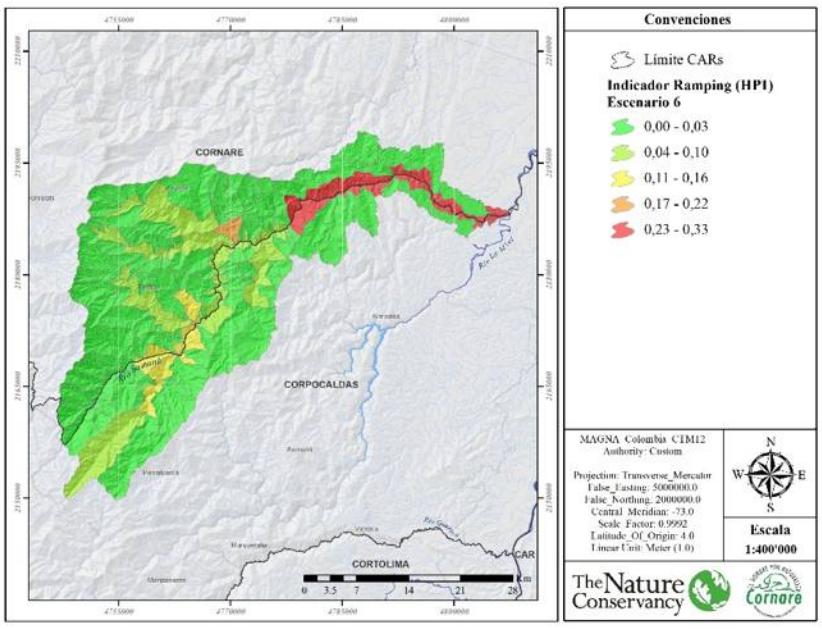
Escenario - 4



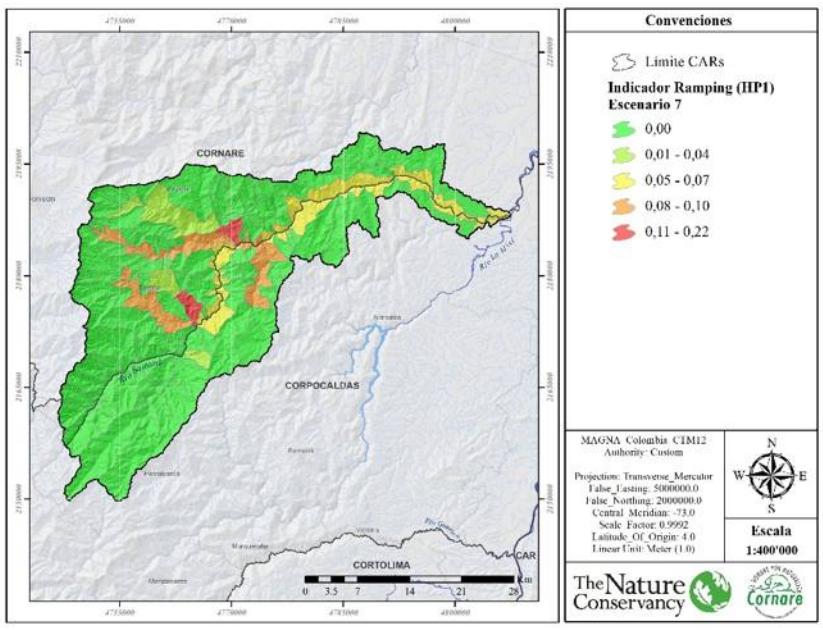
Escenario - 5



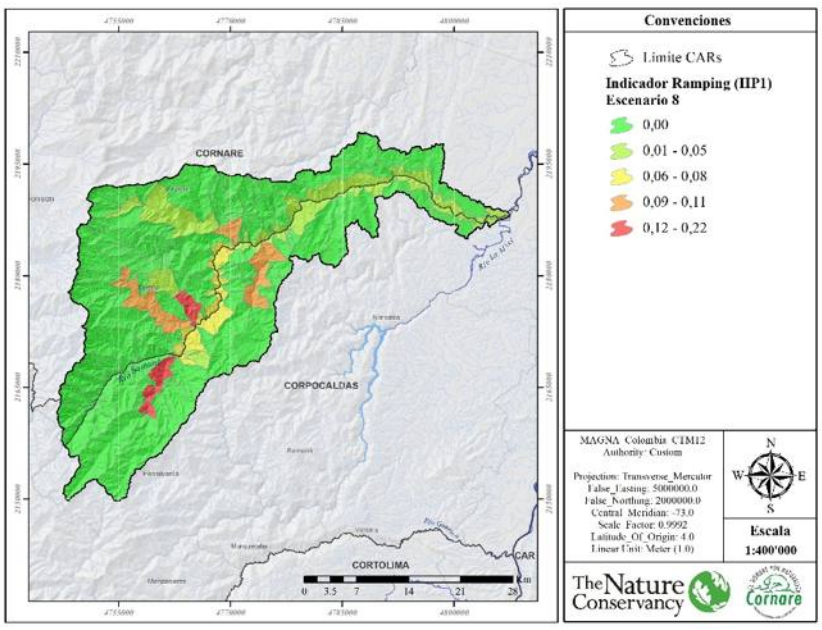
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.1.3 Indicador del grado de regulación (DOR)

En la Figura 430 se presenta los resultados del indicador DOR para los 8 escenarios de análisis considerados. De manera inicial se observa que los escenarios 1 y 2 en todas las subcuencas NSS-3 de la cuenca del río Samaná Sur presenta valores cero (0) en el DOR, lo que indica que no hay alteraciones sobre la capacidad de los ríos en la variabilidad de los caudales naturales por proyectos hidroeléctricos, ya que actualmente en la cuenca no hay PCH en operación y/en construcción.

No obstante, en el escenario 3, se muestra un impacto sobre la capacidad de variabilidad de los caudales en el tramo definido entre captación y descarga, en 2 subcuencas NSS-3 por la influencia de 4 proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Sur. Se observa el incremento del indicador sobre la Quebrada El Espíritu Santo Parte Alta precisamente por la PCH Uvital y en el río Paloma por la influencia de las PCH Argelia, Paloma III y Paloma IV.

En el escenario 4, se presentan fluctuaciones en 6 de las 140 subcuencas NSS-3 de la cuenca del río Samaná Sur debido a la influencia de la PCH Pocitos I, Pocitos II y San Pedro en el DOR en un 14,45% aproximadamente del río San Pedro Parte Media; en el río Negrito por la PCH Negrito; en la Quebrada la Rica por la PCH La Rica, en el río Hondo por la PCH Río Hondo que altera el DOR en 20,59% y en el río Paloma por la PCH San Julián generando más presión por el ecosistema hídrico.

En el escenario 5, se presenta valores del DOR entre 0% a 31% en 13 subcuencas NSS-3 sobre el río San Pedro con un valor de 14,45% en el DOR por la influencia de los proyectos hidroeléctricos Pocitos I, Pocitos II y San Pedro generando afectaciones sobre la capacidad del río en la variabilidad del caudal natural en el tramo definido entre captación y descarga; DOR del 30,72% en el río Paloma por las PCH Paloma III, Paloma IV, Areglia y San Julián; DOR del 22,77% sobre el río Dulce por la acumulación de las PCH Puerto Venus, Río Dulce y Palma Dulce; DOR del 28,43% en el río Samaná Sur por la ubicación de las PCH Samaná Medio y Nuevo Puente.

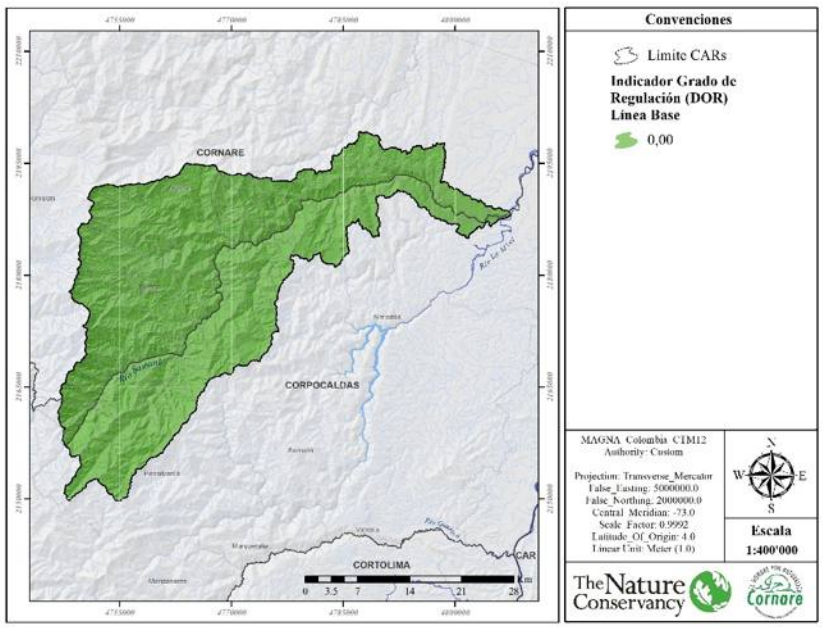
En cuanto al escenario 6 en donde se tiene en cuenta 18 proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos; se presentan alteraciones sobre la capacidad de variabilidad del caudal natural en el tramo definido entre captación y descarga, en 15 subcuencas NSS-3 específicamente en la parte baja de cuenca.

En escenario 7 con 11 proyectos hidroeléctricos al interior de la Cuenca del río Samaná Sur, se presentan valores del DOR entre 0% a 31% en 6 subcuencas NSS-3, similar al escenario 4.

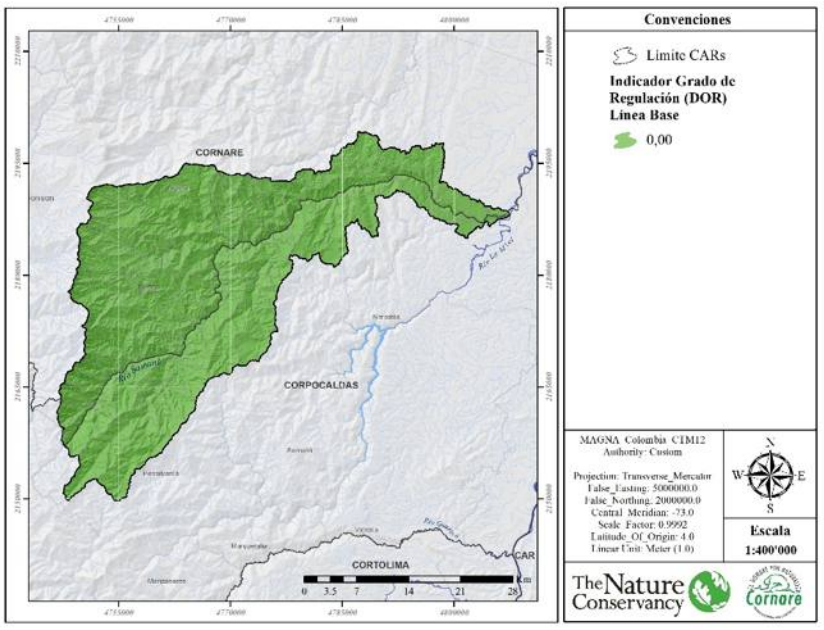
Con respecto al escenario 8 con las PCH Argelia, Paloma III, Paloma IV, Uvital, La Rica, Pocitos I, Pocitos II, Río Hondo y Río Dulce, generan alteraciones sobre la capacidad de variabilidad en el caudal natural en 6 subcuencas NSS-3, específicamente sobre los ríos San Pedro Parte Media, Quebrada El Espíritu Santo, río Paloma, río Dulce, Quebrada La Rica y río Hondo.

Figura 430. Distribución espacial del DOR a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

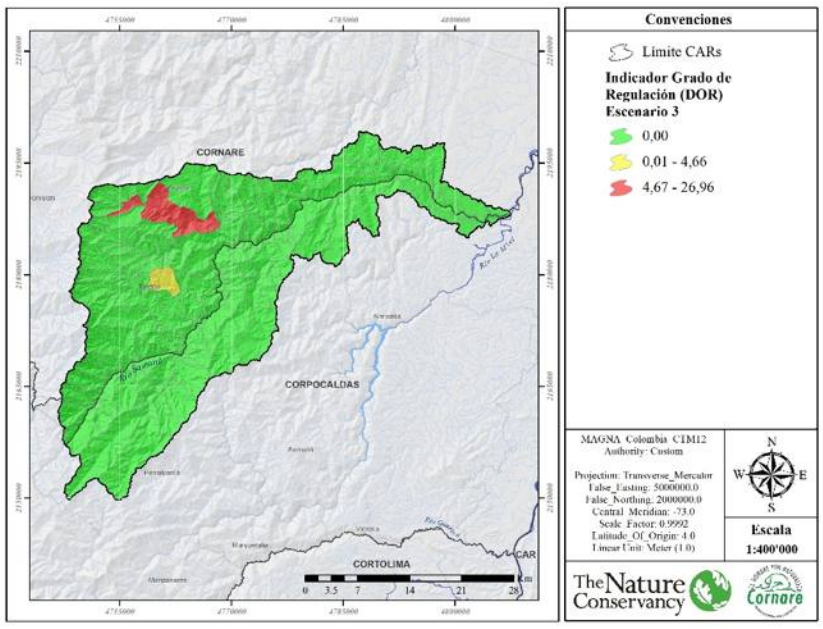
Escenario - 1



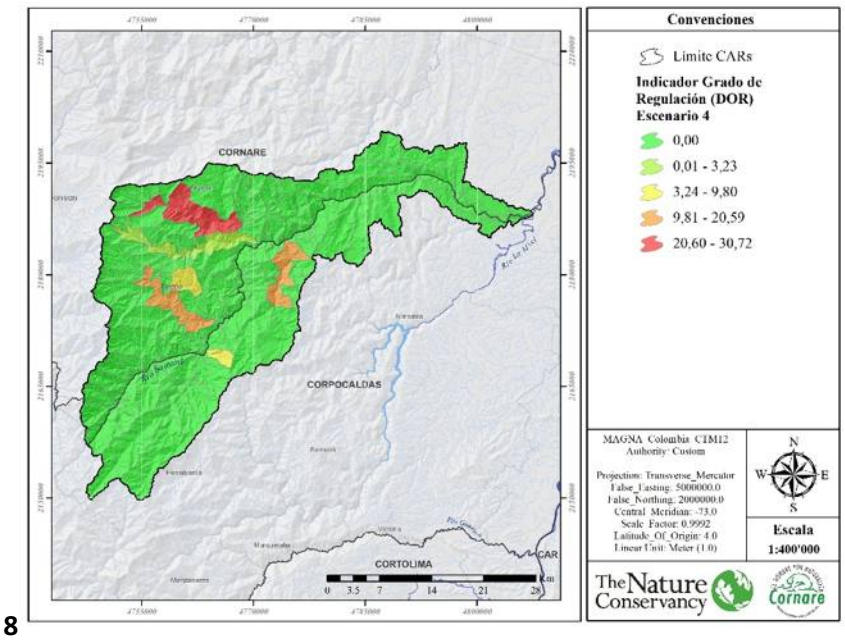
Escenario - 2



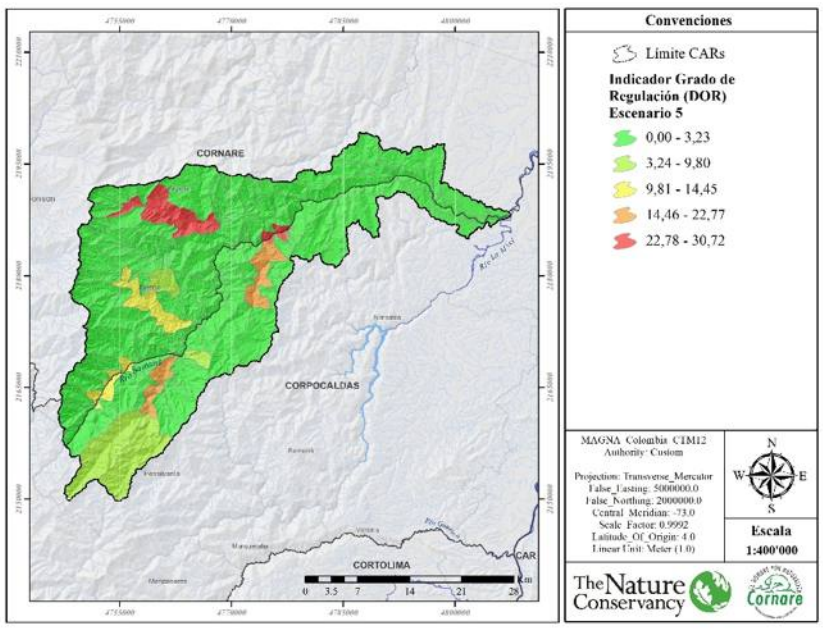
Escenario - 3



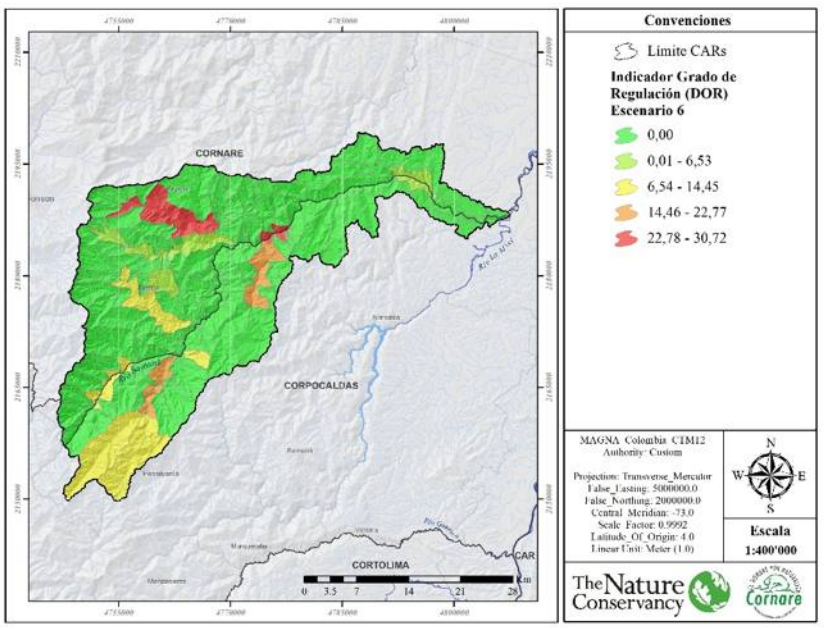
Escenario - 4



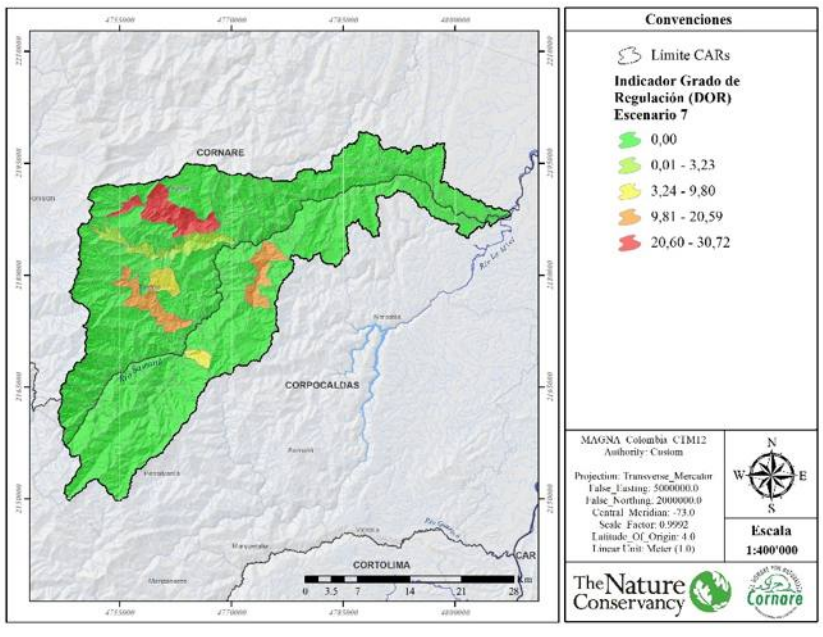
Escenario - 5



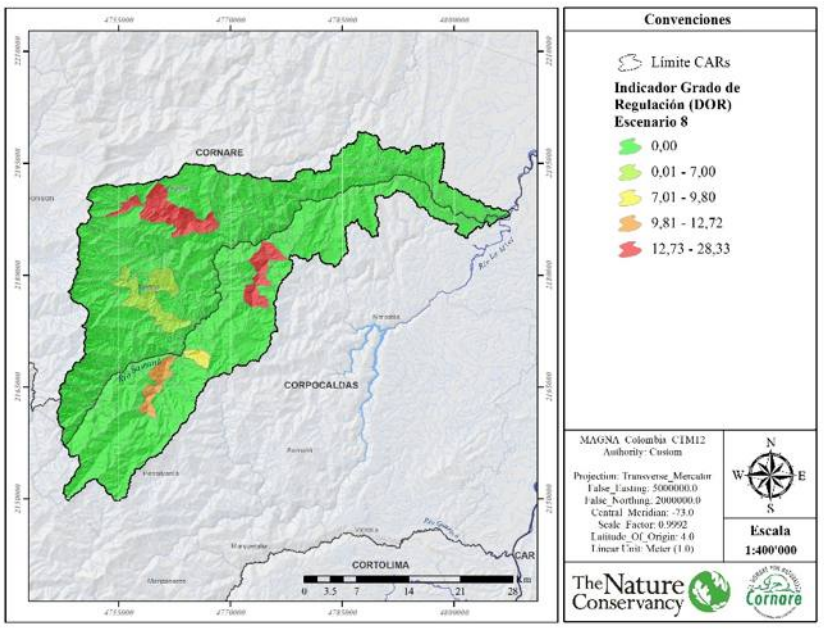
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8

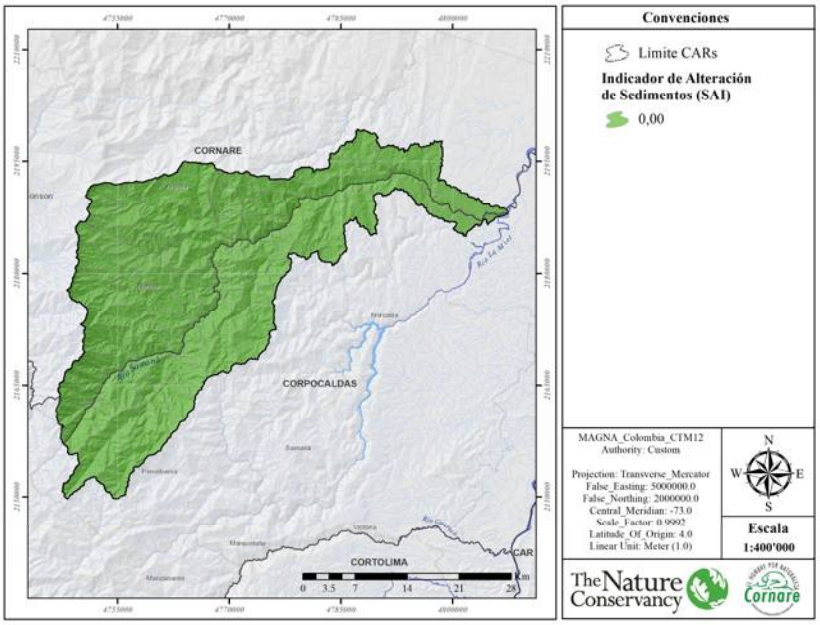


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.1.4 Indicador de alteración de sedimentos (SAI)

En la Figura 431 se presenta el indicador de alteración de sedimentos (SAI) estimado para la cuenca del río Samaná Sur para los 8 escenarios de análisis, el cual corresponde a cero (0) en las subcuencas NSS-3 lo que indica que hay no alteraciones sobre la capacidad de los ríos en la variabilidad de los caudales naturales por proyectos hidroeléctricos, ya que generalmente las PCH tienen un manejo de sedimentos en un periodo de tiempo menor a 2 semanas en donde realizan las descargas a los ríos por lo que se considera que en la cuenca no hay alteraciones en el régimen del sedimento ya que el indicador SAI evalúa las alteraciones en periodos de largo plazo.

Figura 431. Distribución espacial del SAI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

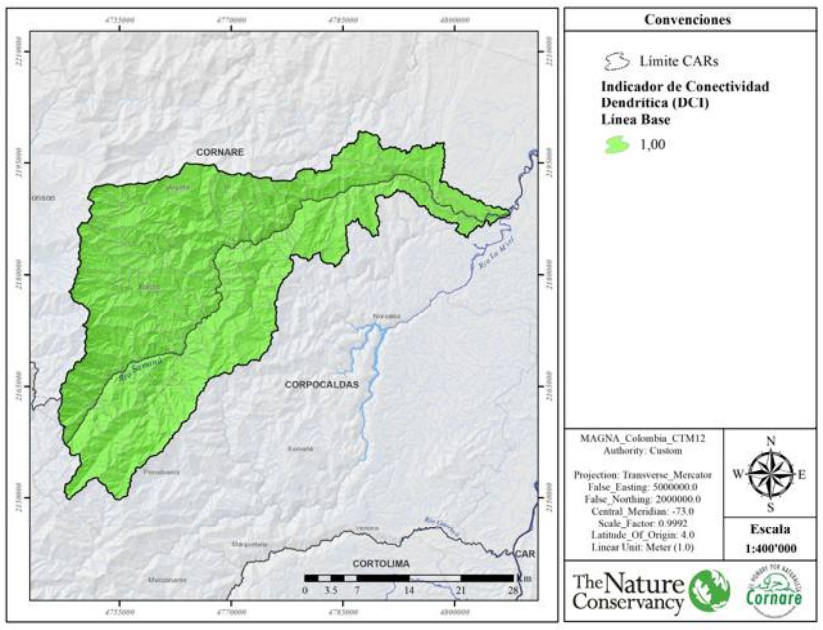
17.4.1.5 Indicador de conectividad dendrítica (DCI)

En la Figura 432 se presentan los resultados para los 8 escenarios del indicador de conectividad dendrítica en las unidades NSS-3 que configuran la cuenca del río Samaná Sur. A nivel general, identifica que el indicador de conectividad dendrítica se modifica drásticamente si se compara con los escenarios 1 y 2 que no presentan proyectos hidroeléctricos. Los cambios que se presentan según los escenarios son los siguientes: (i) en el escenario 3 se desconectan doce (12) NSS-3 del río Magdalena, las unidades conectadas al río magdalena equivalen al 99 % de la red de drenaje; (ii) en el escenario 4 se desconectan veintidós (22) NSS-3 del río Magdalena, las unidades conectadas al río magdalena equivalen al 93 % de la red de drenaje; (iii) en el escenario 5 se desconectan ciento trece (113) NSS-3 del río Magdalena, las unidades conectadas al río magdalena equivalen al 45 % de la red de drenaje.

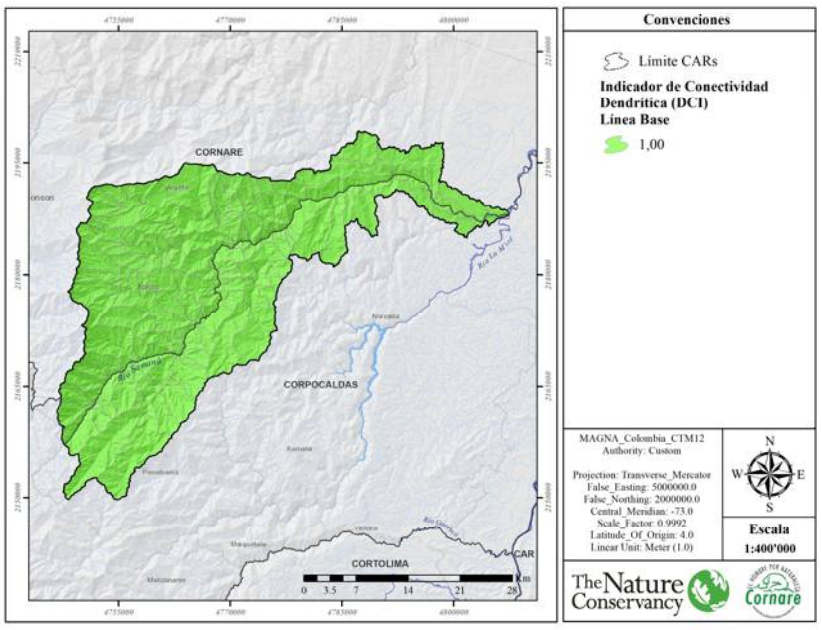
Con respecto al escenario 6, se desconectan ciento treinta y uno (131) NSS-3 del río Magdalena, las unidades conectadas al río magdalena equivalen al 93 % de la red de drenaje; (v) en el escenario 7 se desconectan veintidós (22) NSS-3 del río Magdalena las unidades conectadas al río magdalena equivalen al 93 % de la red de drenaje y (vi) (ii) en el escenario 8 se desconectan veinticuatro (24) NSS-3 del río Magdalena las unidades conectadas al río magdalena equivalen al 92 % de la red de drenaje.

Figura 432. Distribución espacial del DCI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

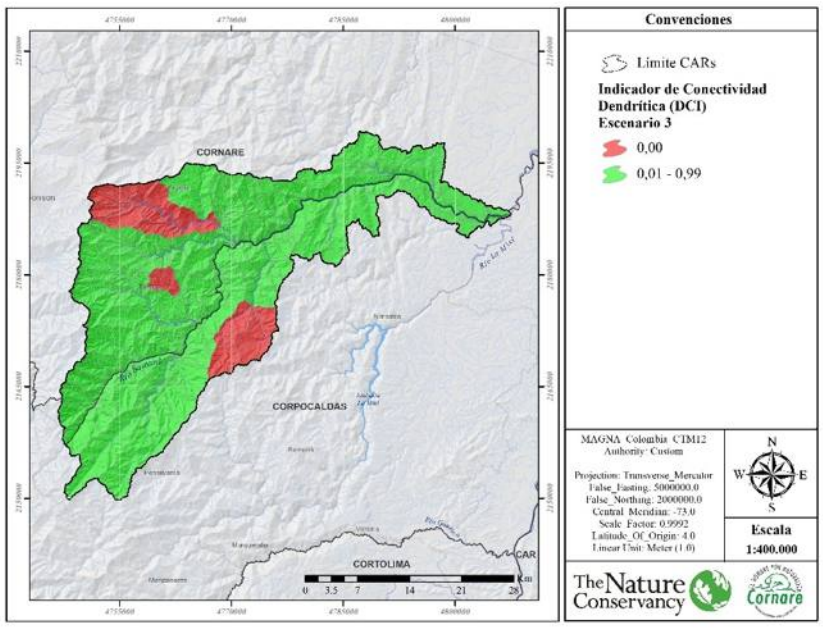
Escenario - 1



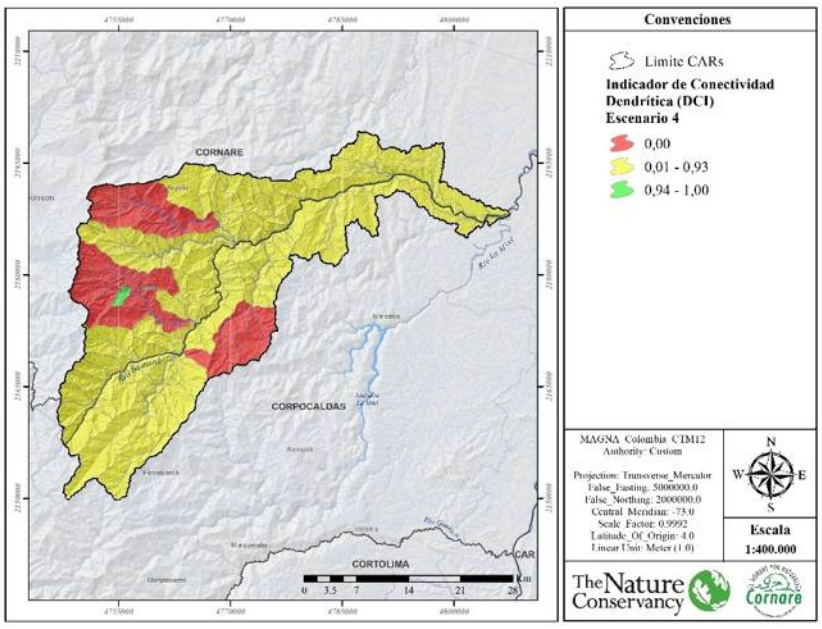
Escenario - 2



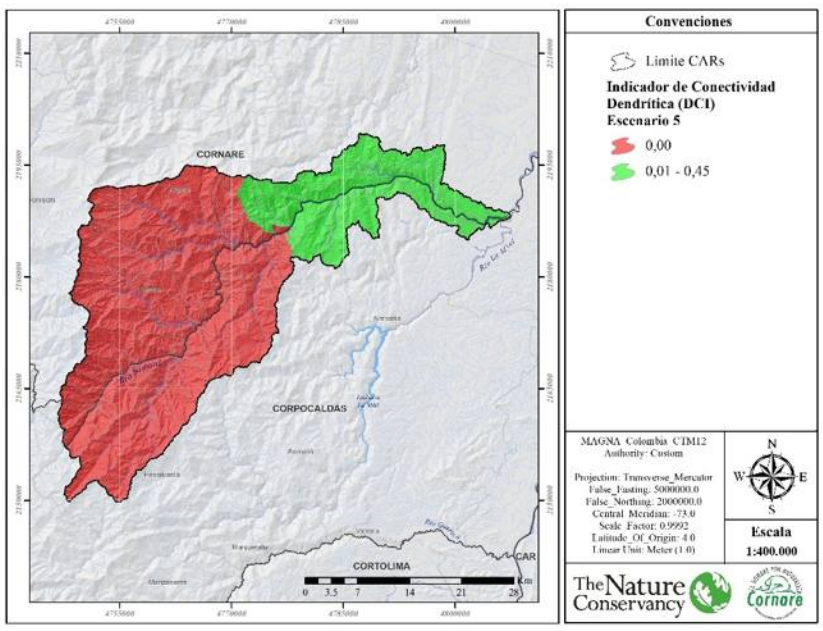
Escenario - 3



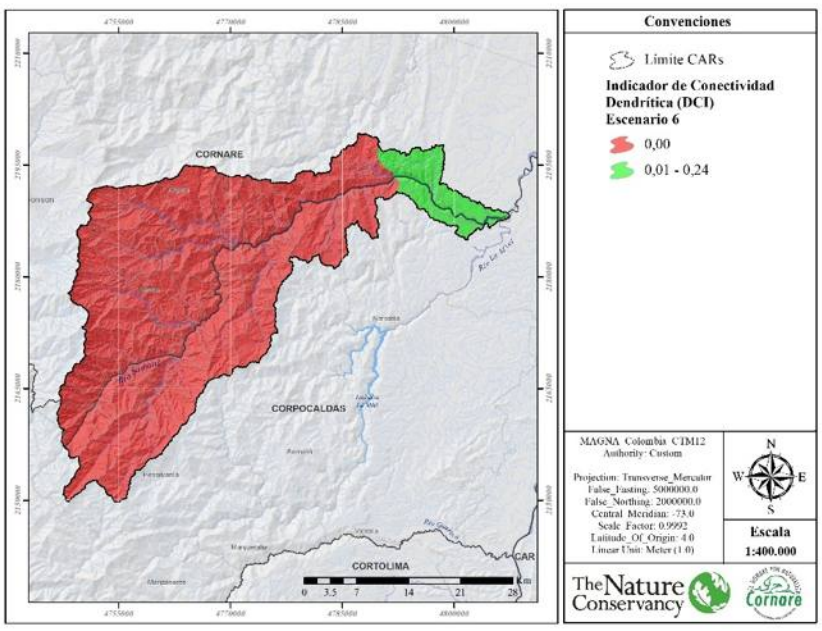
Escenario - 4



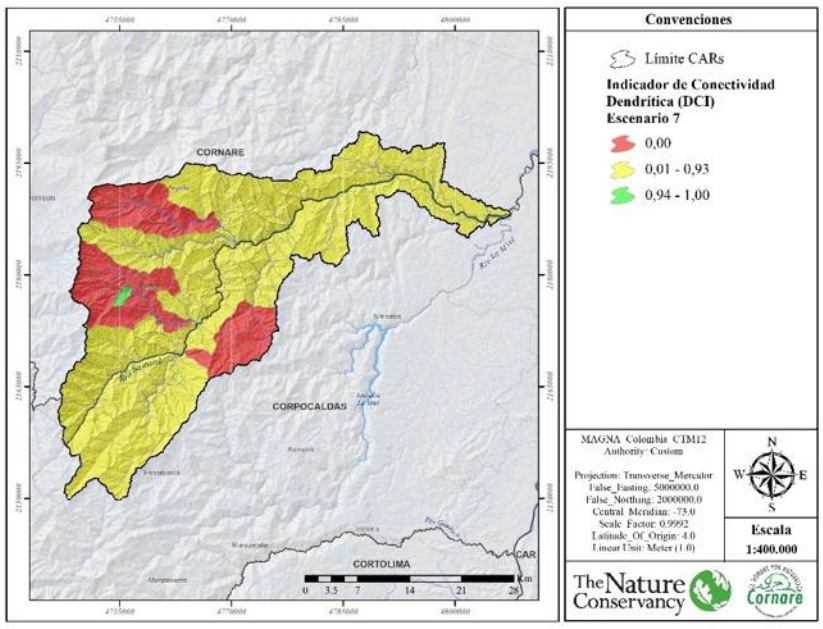
Escenario - 5



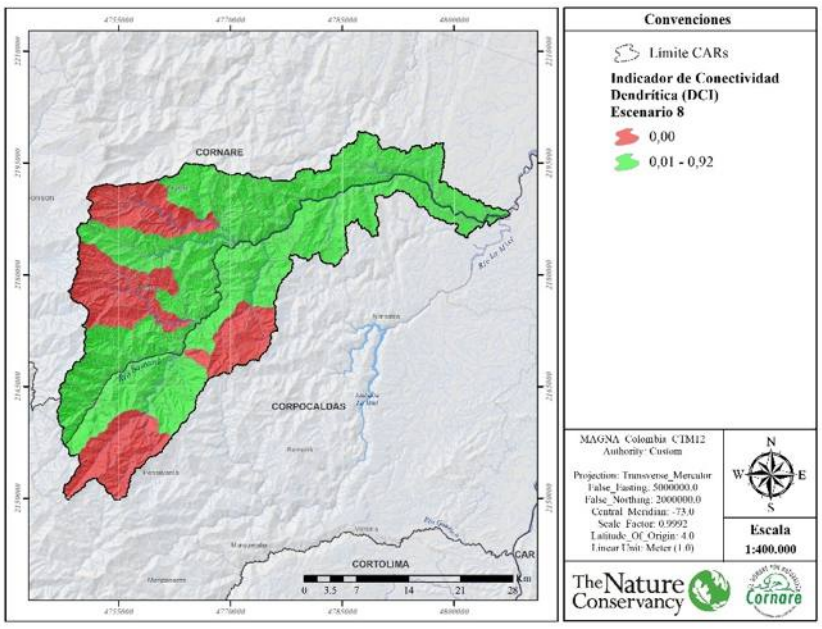
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.1.6 Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI)

Para el cálculo del indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies para la cuenca del río Samaná Sur se siguió la metodología descrita en la sección 16.4.1.6. Para esta cuenca se identificó información funcional de los peces para el cálculo de los subindicadores ambientales en 11 cuencas nivel 3, lo que representa el 7,9 % del total de subcuencas (140) que componen la cuenca Samaná Sur. La información corresponde a 2.822 individuos representados por 79 taxones de peces, con 184.874 g de biomasa. En el llenado de vacíos de información (para el 92,1% de las cuencas nivel 3), se identificaron 11 grupos que permitieron complementar la información, obteniendo un total de 10.043 individuos con 321.070 g de biomasa para las mismas 79 taxones para el escenario 1, que se usó de referencia.

Partiendo de la información generada para el escenario 1, se obtuvo el grado de importancia de las especies mediante la ponderación de la abundancia y la biomasa (Tabla 204), la especie con mayor aporte de biomasa fue el Bocachico *Prochilodus magdalenae* con 144.849 g y 720 individuos, mientras que el mayor aporte de individuos lo registro *Chaetostoma* cf. *thomsoni*. con 1.833 y 7.298g de biomasa. Los valores de importancia fluctuaron entre las especies menores valores de importancia (0,000) como *Dupouyichthys sapito*, *Rivulus*, *Cetopsorhamdia molinae* y *Roeboides dayi*, y las especies con mayores valores de importancia como *Prochilodus magdalenae* (0,35), *Ichthyoelephas longirostris* (0,072), *Oreochromis niloticus* (0,065) y *Chaetostoma* cf. *thomsoni* (0,065) (ver Tabla 204).

Tabla 204. Valores de importancia de las especies de peces usadas en el cálculo del MHSI

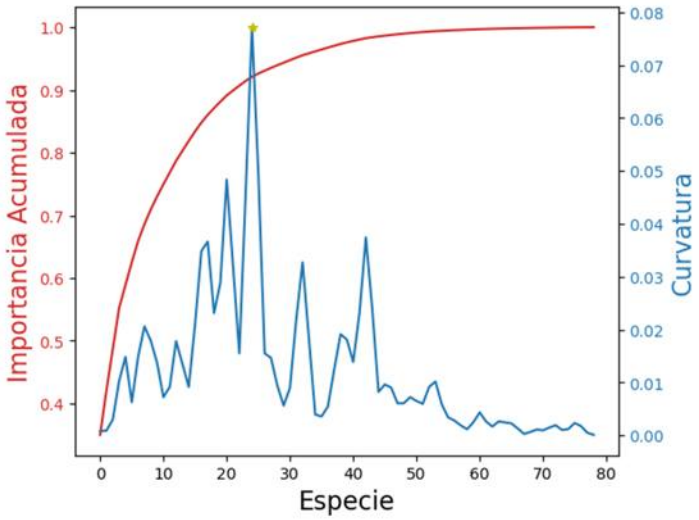
Especies	Biomasa(g)	Abundancia	Importancia	Especies	Biomasa(g)	Abundancia	Importancia
Prochilodus magdalenae	144.849	720	0,350	Astyanax magdalenae	380	58	0,002
Ichthyoelephas longirostris	30.618	60	0,072	Microgenys minuta	44	78	0,002
Oreochromis niloticus	27.243	122	0,065	Pimelodella	480	40	0,002
Chaetostoma cf. thomsoni	7.298	1.833	0,065	Potamotrygon magdalenae	600	2	0,001
Caquetaia kraussii	14.500	134	0,037	Cetopsorhamdia nasus	166	36	0,001
Astroblepus cf. homodon	1.409	1.243	0,036	Dasyloricaria filamentosa	480	6	0,001
Megaleporinus muyscorum	14.029	64	0,034	Pimelodus yuma	440	6	0,001
Argopleura magdalenensis	1.184	916	0,027	Poecilia caucana	33	36	0,001
Hemibrycon sp.	816	814	0,023	Cynopotamus magdalenae	400	4	0,001
Trichomycterus sp.	748	720	0,021	Loricariidae	360	4	0,001
Pseudoplatystoma magdaleniatum	8.440	4	0,019	Hemibrycon dentatus	35	30	0,001
Chaetostoma brevilabiatum	7.475	60	0,019	Sturisomatichthys leightoni	178	14	0,001
Salminus affinis	8.049	10	0,019	Pseudopimelodus bufonius	310	2	0,001
Pimelodus grosskopfii	6.595	32	0,016	Parodon suborbitalis	100	16	0,001
Astroblepus cf. grixalvii	1.834	435	0,016	Crossoloricaria variegata	110	10	0,001
Brycon moorei	6.600	8	0,015	Characidium sp.	120	8	0,000

Especies	Biomasa(g)	Abundancia	Importancia	Especies	Biomasa(g)	Abundancia	Importancia
Astroblepus sp.	425	493	0,014	Andinoacara latifrons	103	8	0,000
Astroblepus guentheri	468	422	0,012	Triportheus magdalenae	160	2	0,000
Coptodon rendalli	4.580	12	0,011	Creagrutus sp.	14	14	0,000
Geophagus steindachneri	3.428	94	0,010	Pimelodella chagresi	100	6	0,000
Creagrutus magdalenae	491	330	0,010	Characidium fasciatum	30	12	0,000
Astyanax fasciatus	1.933	132	0,008	Rineloricaria sp.	40	8	0,000
Hypostomus hondae	3.160	16	0,008	Xyliphius magdalenae	60	6	0,000
Brycon rubricauda	3.205	8	0,008	Apteronotus eschmeyeri	80	4	0,000
Kronoheros umbrifer	2.813	14	0,007	Sturisoma sp.	60	4	0,000
Creagrutus affinis	177	172	0,005	Rhamdia quelen	80	2	0,000
Pimelodella odynea	1.200	68	0,005	Bunocephalus colombianus	40	4	0,000
Sorubim cuspicaudus	1.910	6	0,005	Cetopsis othonops	60	2	0,000
Creagrutus brevipinnis	314	130	0,004	Acestrocephalus anomalus	60	2	0,000
Curimata mivartii	1.673	12	0,004	Sturisoma panamense	58	2	0,000
Sternopygus aequilabiatus	1.571	18	0,004	Saccoderma hastata	4	6	0,000
Lasiancistrus caucanus	1.128	52	0,004	Apteronotus rostratus	48	2	0,000
Hyphessobrycon sp.	132	132	0,004	Cetopsorhamdia sp.	20	4	0,000
Chaetostoma sp.	884	42	0,003	Imparfinis nemacheir	6	4	0,000
Spatuloricaria gymnogaster	1.183	14	0,003	Gephyrocharax melanocheir	4.8	4	0,000
Trichomycterus striatus	58	109	0,003	Roeboides dayi	3	4	0,000
Cichla monoculus	1.036	24	0,003	Cetopsorhamdia molinae	10	2	0,000
Trichomycterus cf. banneaui	52	106	0,003	Rivulus sp.	3	2	0,000
Panaque cochliodon	1.200	4	0,003	Dupouyichthys sapito	2	2	0,000
Colossoma macropomum	1.080	2	0,003				

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

El punto de quiebre en la curva de acumulación de la importancia (Figura 433), señalo las primeras 24 especies como las más importantes para proceder con el cálculo del MHSI, estas especies se pueden observar sombreadas en la Tabla 204. Estas especies aportan 8.682 individuos (86,4 %) y 299.376 g de biomasa (93,2 %), entre las que se destacan especies migradoras como el Bocachico *Prochilodus magdalenae*, el bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, el Comelón *Megaleporinus muyscorum*, la Picuda *Salminus affinis*, el Capaz *Pimelodus grosskopfii* y la Dorada *Brycon moorei*, todas estas especies son de importancia para la soberanía alimentaria de la región, para la pesca deportiva como actividad turística y recreativa, y para la pesca comercial.

Figura 433. Curva acumulada de la importancia de las especies y el punto de quiebre de la curvatura para la selección de las especies más importantes



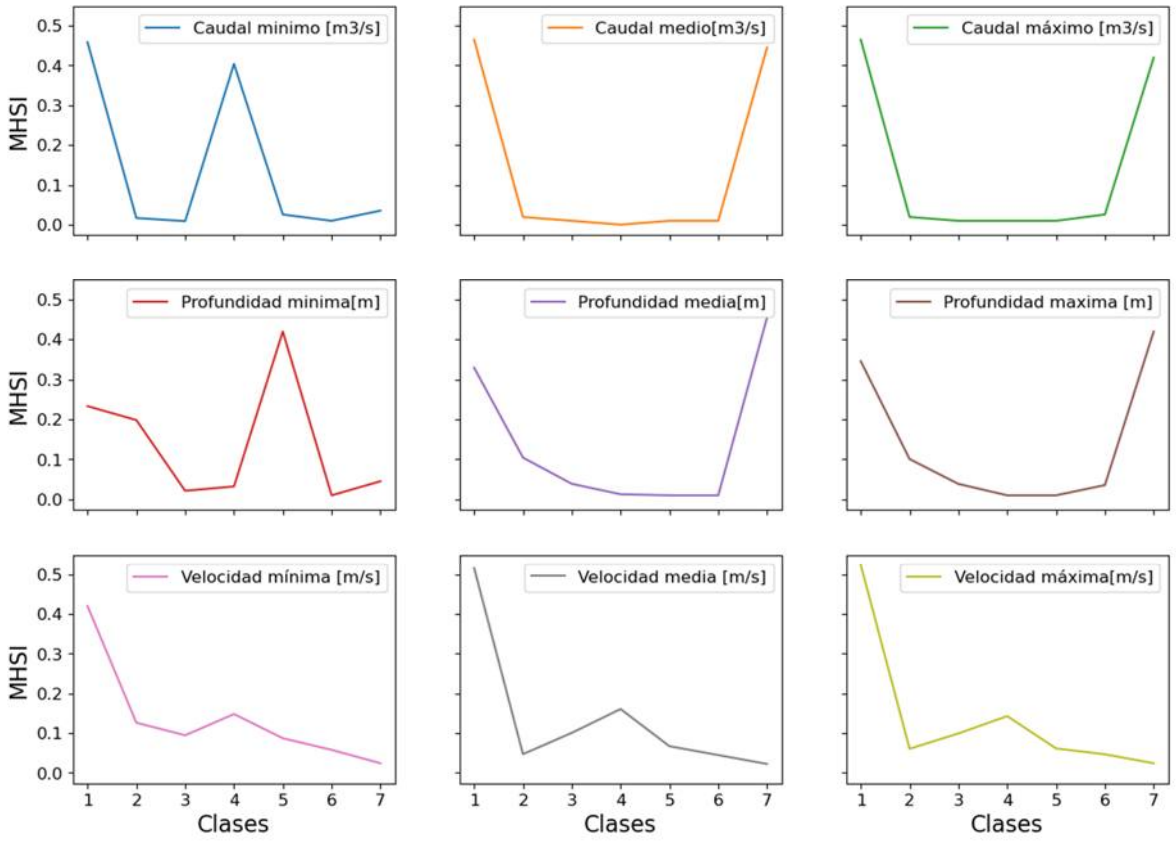
.

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Teniendo en cuenta que los factores de hábitat parten de modelos realizados con datos históricos, donde se hallaron valores para cada unidad de análisis (cuencas nivel 3), fue posible obtener rangos mínimos, medios y máximos para los caudales, profundidades y velocidades, siendo las condiciones de hábitat que históricamente han soportado las especies, sin ser un indicativo que los valores mínimos o máximos sean de su idónea preferencia, o que sean tolerados bajo altos niveles de estrés. Por tal motivo, la interpretación de los siguientes resultados se basa en promedios históricos, tanto de las variables ambientales como las variables ictiológicas. De esta manera, se observó para el factor de hábitat "caudal medio" los mayores valores en el gradiente 1 (MHSI=0,47) con un intervalo del caudal va de 0,09 a 15,01 m^3/s, y en el gradiente 7 (MHSI=0,44) con intervalo entre 89,61 a 104,53 m^3/s. El factor de hábitat "profundidad media" presento un comportamiento similar al caudal medio, don de los mayores valores se encontraron en el gradiente 1 (MHSI=0,31) con intervalo que va entre 0,20 a 0,34 m de profundidad, y en el gradiente 7 (MHSI=0,45) con intervalo entre 1,00 y 1,14 m. Y para el factor de hábitat "velocidad media" los mayores valores se presentaron en el gradiente 1 (MHSI=0,51) con intervalo que va entre 0,82 a 0,97 m/s de velocidad, y en el gradiente 4 (MHSI=0,16) con intervalo entre 1,26 y 1,40 m/s (Tabla 205 y Figura 434).

En la Tabla 196 se pueden observar los gradientes que toman las variables, los cuales fueron fijados para la evaluación de los escenarios posteriores.

Figura 434. Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies MHSI para los factores del hábitat



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tabla 205. Gradientes de los factores de hábitat para el cálculo del MHSI

Factores de habitat	Gradiente 1	Gradiente 2	Gradiente 3	Gradiente 4	Gradiente 5	Gradiente 6	Gradiente 7
Caudal minimo [m3/s]	0,07 - 10,34	10,34 - 20,62	20,62 - 30,89	30,89 - 41,16	41,16 - 51,44	51,44 - 61,71	61,71 - 71,98
Caudal medio[m3/s]	0,09 - 15,01	15,01 - 29,93	29,93 - 44,85	44,85 - 59,77	59,77 - 74,69	74,69 - 89,61	89,61 - 104,53
Caudal máximo [m3/s]	0,11 - 25,31	25,31 - 50,51	50,51 - 75,72	75,72 - 100,92	100,92 - 126,13	126,13 - 151,33	151,33 - 176,53
Profundidad minima[m]	0,16 - 0,27	0,27 - 0,39	0,39 - 0,50	0,50 - 0,61	0,61 - 0,73	0,73 - 0,84	0,84 - 0,95
Profundidad media[m]	0,20 - 0,34	0,34 - 0,47	0,47 - 0,60	0,60 - 0,74	0,74 - 0,87	0,87 - 1,00	1,00 - 1,14
Profundidad maxima [m]	0,22 - 0,41	0,41 - 0,59	0,59 - 0,77	0,77 - 0,96	0,96 - 1,14	1,14 - 1,32	1,32 - 1,51
Velocidad mínima [m/s]	0,56 - 0,73	0,73 - 0,89	0,89 - 1,06	1,06 - 1,23	1,23 - 1,39	1,39 - 1,56	1,56 - 1,72
Velocidad media [m/s]	0,82 - 0,97	0,97 - 1,11	1,11 - 1,26	1,26 - 1,40	1,40 - 1,55	1,55 - 1,69	1,69 - 1,84
Velocidad máxima[m/s]	0,94 - 1,10	1,10 - 1,26	1,26 - 1,42	1,42 - 1,58	1,58 - 1,73	1,73 - 1,89	1,89 - 2,05

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 435 se puede observar la distribución del MHSI promediado en las cuencas nivel 3 para los distintos escenarios evaluados. Los escenarios 1 y 2 mostraron valores entre 0,03 y 0,44, presentando los MHSI más bajos en el río Negrito parte baja, río Paloma parte baja, río San Pedro parte baja, río Paloma parte media y varios directos al Samaná Sur, la gran parte de esta cuenca coincide con tramos de caudales medios para el general de la cuenca, y concuerda con las zonas que presentaron mayor carencia de información de las especies. La zona con mayores valores del MHSI fue la parte baja de la cuenca en el cauce principal del río Samaná Sur antes de la confluencia con el río La Miel.

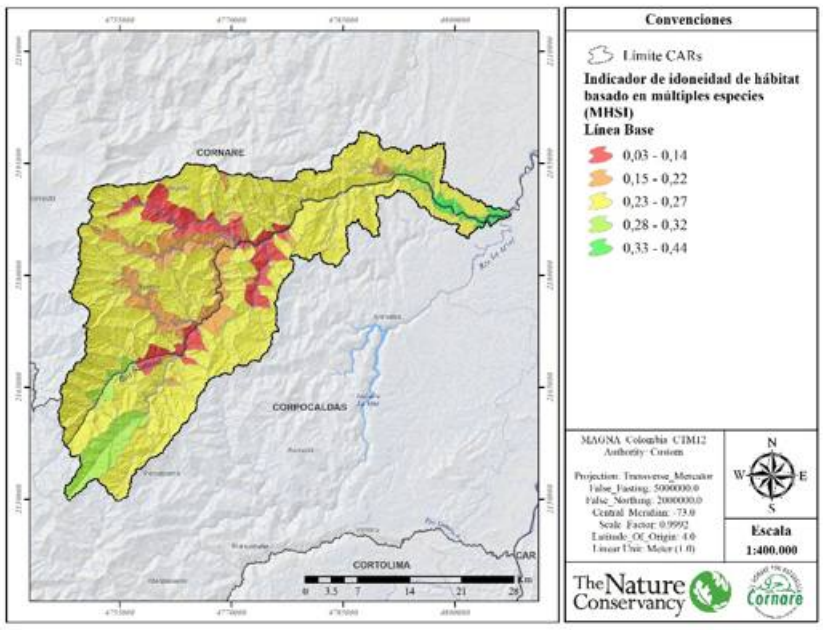
En cuanto a las especies objeto de conservación en esta cuenca, no se encontraron reportes de la Sabaleta *Brycon henni*, sin embargo, no es clara su presencia en esta cuenca ya que la información disponible no abarca el 10 % de las 140 cuencas nivel 3 que conforman el Samaná Sur. Otras especies objeto de conservación son los peces migradores, los cuales son los causantes de los mayores valores del MHSI en la parte baja de la cuenca en el cauce principal del río Samaná Sur, lo cual es debido a la mayor disponibilidad de información en los sectores de Butantan y la confluencia con el río la Miel gracias el estudio de los peces potadromus del río Magdalena (Silvia López Casas, 2015), con información de varios años de monitoreo que permitió obtener una composición de especies mucho más completa que la encontrada para el resto de la cuenca, con el valor agregado de las especies que son más grandes y pesadas, lo cual es muy significativo en los resultados del MHSI ya que son las especies que más aportan al modelo. Entre las especies migratorias se tienen: el bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, la dorada *Brycon moorei,* la picuda *Salminus affinis*, el bocachico *Prochilodus magdalenae*, el comelón *Megaleporinus muyscorum,* el blanquillo *Sourubim cuspicaudus,* entre otros, que adems son las especies que masr aporte relizán a la pesca de sustento y comercial de la cuenca del río Magdalena.

En los escenarios 3, 4, 7 y 8, los valores del MHSI (entre 0,04 y 0,45) y afectaciones encontradas son similares a los escenarios 1 y 2; las especies que a futuro pueden ser afectadas, son principalmente de los géneros Hemibrycon, Trichomycterus y Astroblepus. En el documento de diagnóstico, se menciona que estos grupos han sido poco estudiados y son posibles focos de endemismos (Cornare & TNC, 2021b), lo cual puede ser ocasionado por la reducción de los caudales en esos tramos comprendidos entre la captación y la descarga. En los escenarios 7 y 8, no se identifica afectación de las especies migratorias ni de la Sabaleta *Brycon henni*, sin embargo, no es clara su presencia en esta cuenca ya que la información disponible no abarca el 10 % de las 140 cuencas nivel 3 que conforman el Samaná Sur.

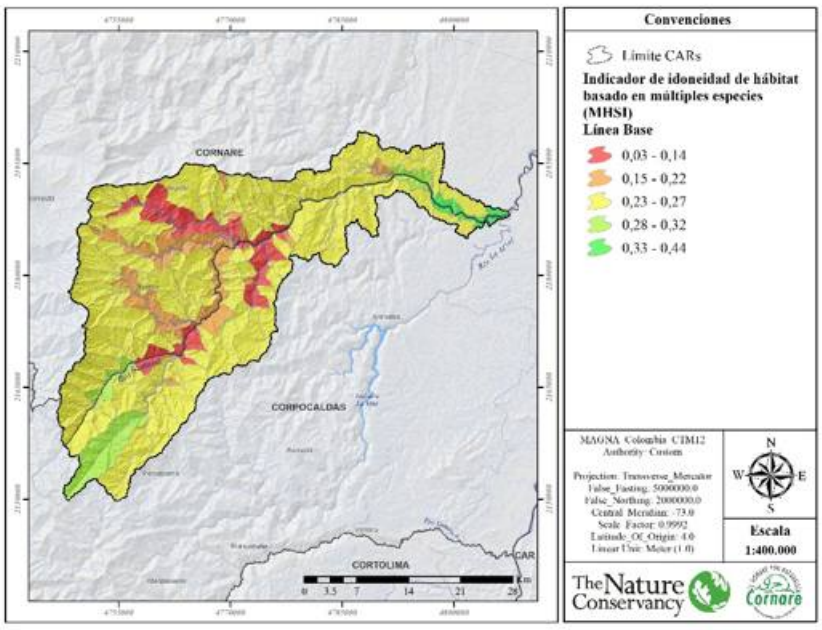
Los valores del MHSI en los escenarios 5 y 6 varían entre 0,03 y 0,48. Debido a que la mayoría de los proyectos no cuentan con información biológica de peces, y a la carencia de estudios que describan la migración y sus barreras naturales, la ruta que siguen los peces en la cuenca del Samaná Sur no está bien definida, y solo se conocen comentarios de pobladores de la región y pescadores deportivos sobre la presencia de peces migratorios en el sector de Puerto Venus como la Dorada *Brycon moorei.* En cuanto a las demás especies, los impactos son similares a los otros escenarios anteriores.

Figura 435. Distribución espacial del MHSI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

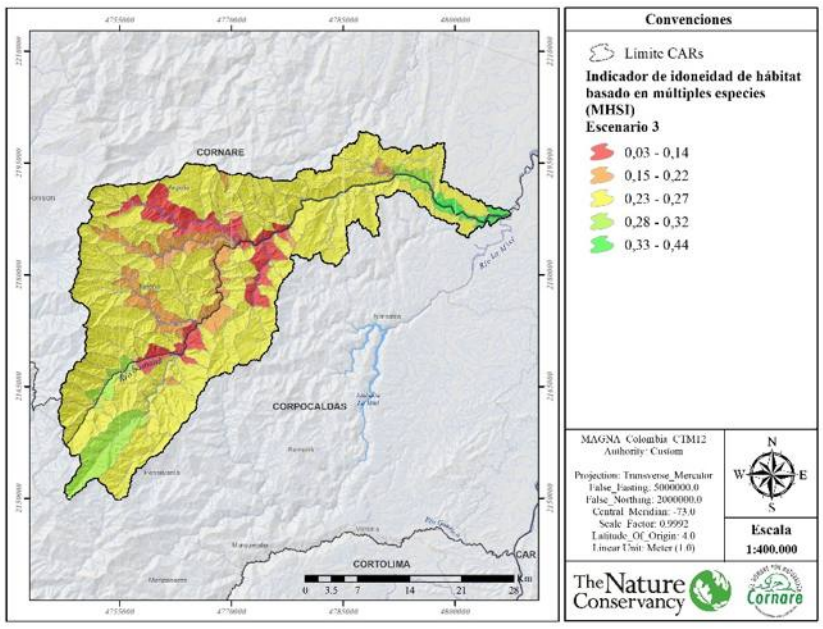
Escenario - 1



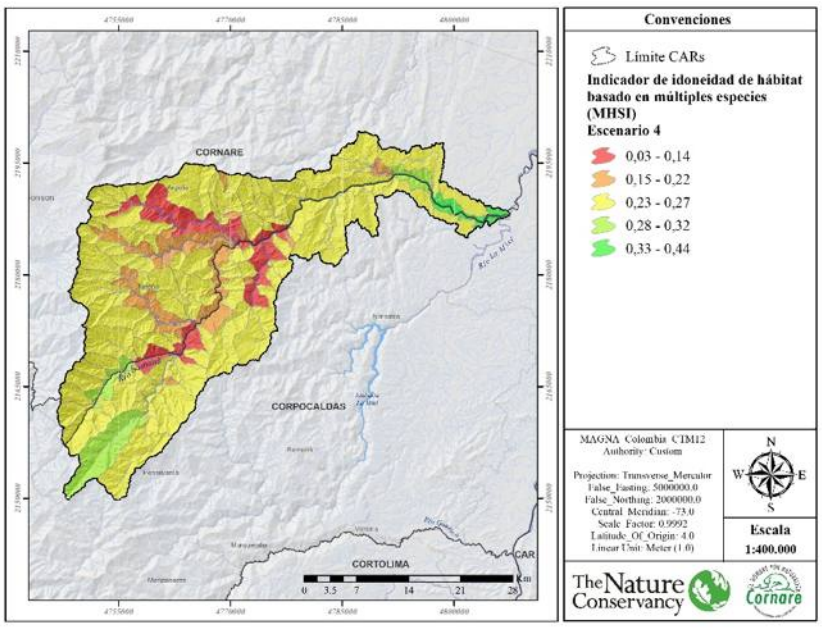
Escenario - 2



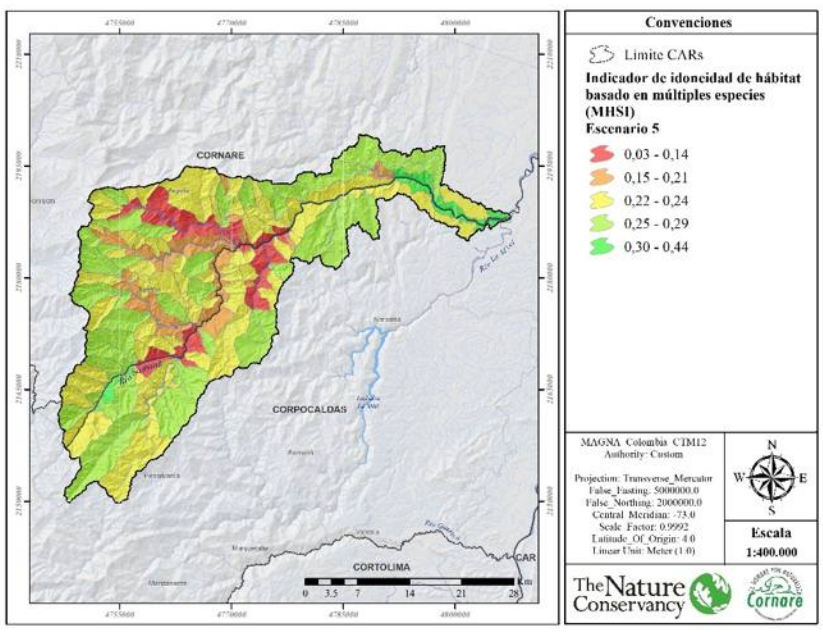
Escenario - 3



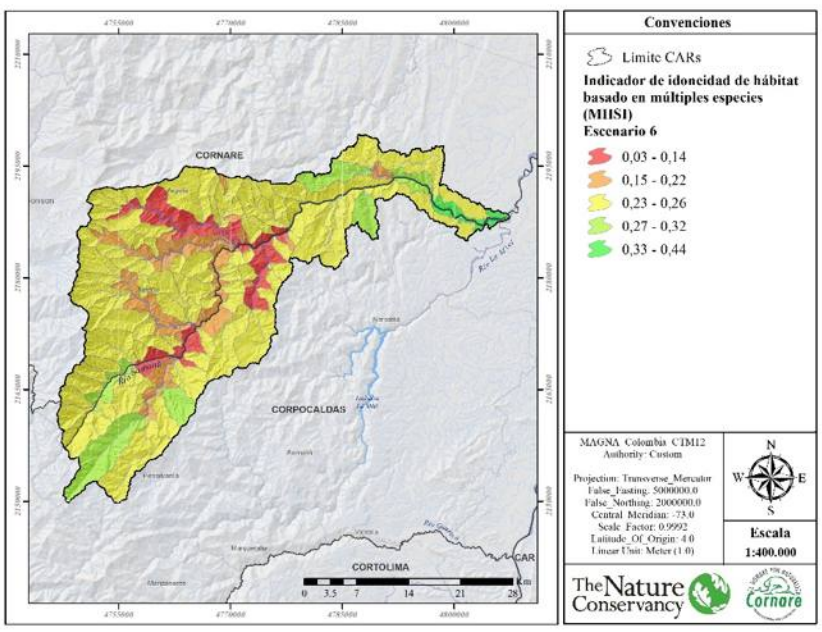
Escenario - 4



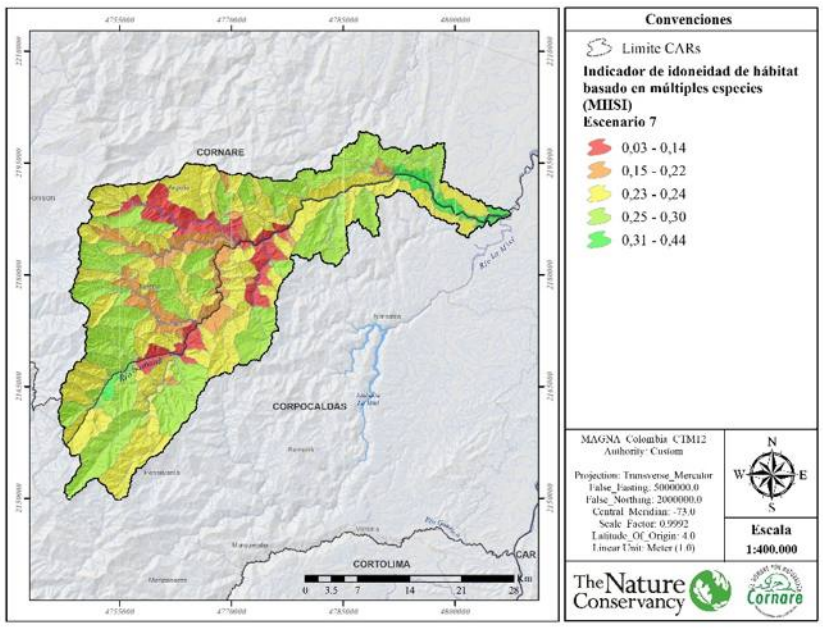
Escenario - 5



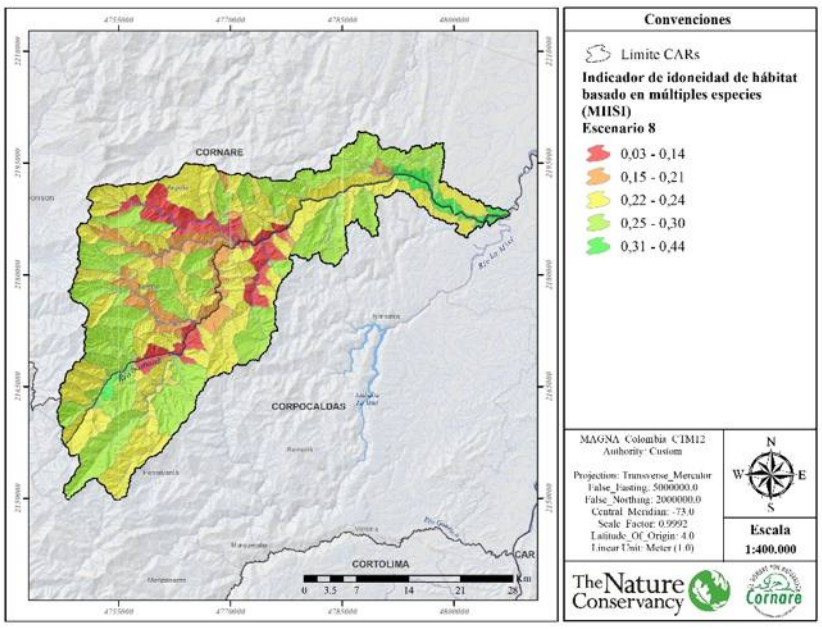
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



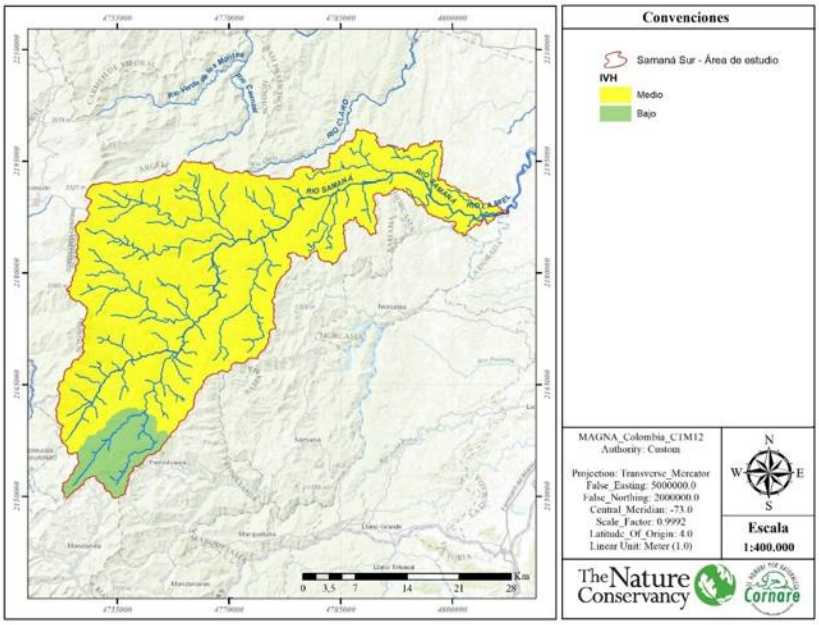
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.1.7 Indicador de vulnerabilidad hídrica (IVH)

El indicador de vulnerabilidad hidria busca medir el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas – como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño) – podría generar riesgos de desabastecimiento. El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del indicador de regulación hídrica (IRH) y el indicador de uso de agua (IUA).

Este indicador es el resultado de combinar cualitativamente el índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso del agua (IUA). Expresa según la guía la vulnerabilidad de la cuenca a sufrir desabastecimiento en función de su capacidad reguladora y de la presión sobre el recurso. En la Figura 436 se presenta el indicador de vulnerabilidad extraído del POMCA, se observa que la vulnerabilidad oscila entre las categorías moderada a baja.

Figura 436. Distribución espacial del IVH a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur



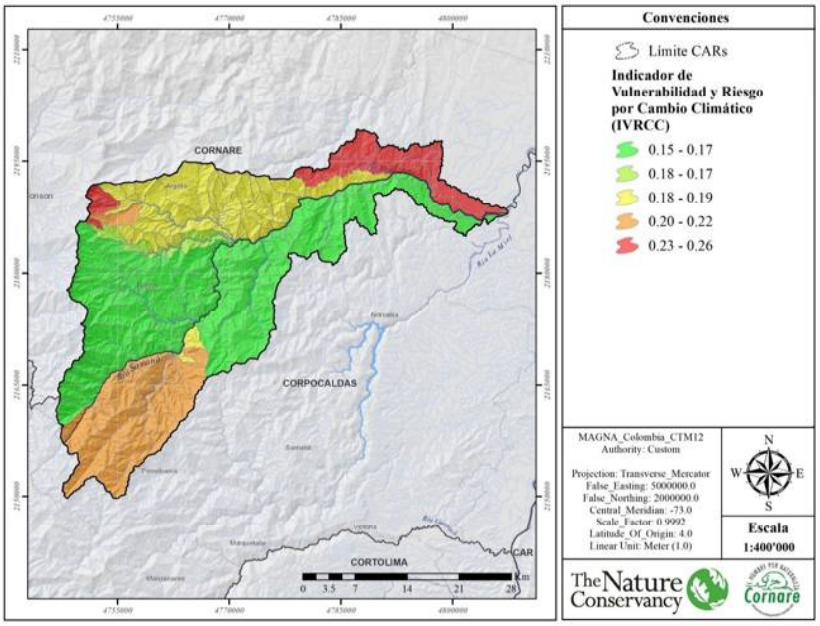
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.1.8 Indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC)

Este indicador permite evaluar la vulnerabilidad y el riesgo de un sistema frente al cambio climático. A nivel de Colombia este indicador se desarrolló en un esfuerzo conjunto entre los integrantes del equipo de vulnerabilidad y adaptación de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC). El indicador de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático se desarrolla bajo un proceso riguroso de selección de las Variables Indicadores e Índices (VII), de tal forma que sea posible evaluar la trazabilidad de la vulnerabilidad y el riesgo por cambio climático en Colombia (IDEAM et al., 2017).

En la Figura 437 se presenta el indicador de riesgo por cambio climático para la cuenca del río Samaná Sur. Se identifico que en la cuenca el 2,7 por ciento del área presenta riesgo muy bajo (Norcasia), 47,7 porciento riesgo bajo (Nariño y Samaná), 39,7 porciento riesgo medio (Argelia y Pensilvania) y 9,9 porciento riesgo alto (Sonsón). Según el estudio base se deben priorizar en Antioquia y en Caldas las dimensiones relacionadas con los siguientes temas: seguridad alimentaria, biodiversidad, salud (solo se reconoce en Antioquia) y recurso hídrico (IDEAM et al., 2017).

Figura 437. Distribución espacial del IVRCC a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021), POMCA río Samaná Sur (2017) y del IDEAM et al. (2017).

17.4.1.9 Indicadores de gestión del riesgo de desastres (IGRD)

Este indicador ha sido calculado a nivel Nacional a escala Municipal en el año 2018 por el Departamento nacional de Planeación, de acuerdo con la metodología presentada en el numeral 14.4.1.9, por lo que para la cuenca del río Samaná Sur, los resultados obtenidos a nivel del Municipio, se presentan en la siguiente tabla:

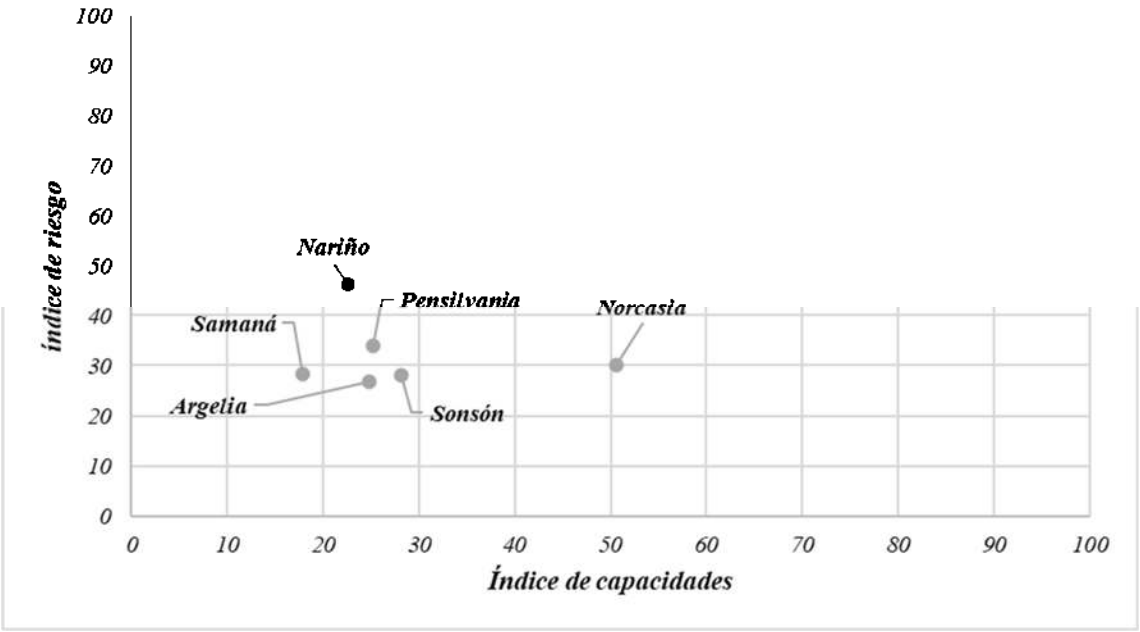
Tabla 206. Indicador de riesgo ajustado por capacidades, para los municipios de la cuenca

Municipio	Indicador de Capacidades	Indicador de Riesgo	Indicador de riesgo ajustado por capacidades
NARIÑO	22,54	46,53	66,5
SONSON	28,14	28,05	55,4
ARGELIA	24,84	26,81	55,4
PENSILVANIA	25,20	33,94	59,2
SAMANÁ	17,89	28,24	57,3
NORCASIA	50,55	30,25	50,3

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los resultados del indicador para la cuenca muestran que el 83% de los municipios se encuentran por encima del promedio nacional, lo que quiere decir que corresponden a municipios con importantes riesgos y/o baja capacidades para atender y gestionar los existentes, por lo que se deben priorizar intervenciones; estos municipios corresponden a Nariño, Sonsón, Argelia, Pensilvania y Samaná, siendo el Municipio de Nariño quien arroja mayores debilidades. Igualmente, de este análisis se destaca el municipio de Norcasia el cual arroja un indicador un poco más favorable, teniendo en cuenta que su nivel del riesgo es moderado, pero exhibe mayores capacidades de gestión de estos.

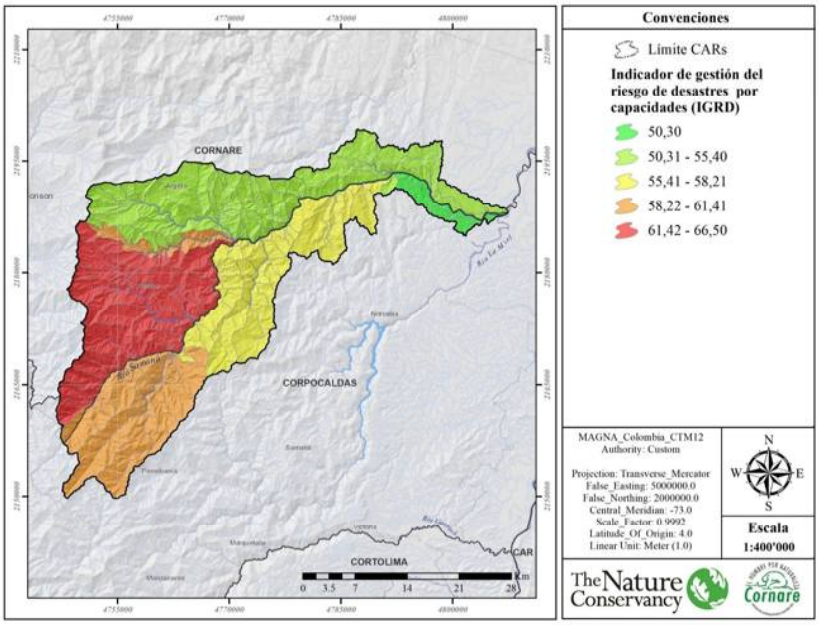
Figura 438. Relación entre riesgo y capacidades para los municipios de la cuenca



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 439 se presenta la espacialización del indicador de gestión del riesgo de desastres (IGRD) en la cuenca del río Samaná Sur, de acuerdo con el cálculo y análisis anteriores.

Figura 439. Distribución espacial del IGRD a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.2 *Indicadores económicos*

17.4.2.1 Indicador de generación de empleos directos (GED)

Para el cálculo del indicador de generación de empleos directos (GED) en la Cuenca del río Samaná Sur, se siguió la metodología presentada en la sección 14.4.2.1. En la Figura 440 se presenta el GED en la cuenca del río Samaná Sur en los escenarios 1 al 8. En cuanto a los escenarios 1 y 2, corresponde a valores en cero ya que no se presenta ningún proyecto en operación y/o en construcción de forma tal que genere empleos.

Escenario 3: Para este escenario que incluye los proyectos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Sur, se estima una generación de empleo de 420 plazas y una contribución sobre la fuerza laboral total de los municipios productores del 10,92%

Escenario 4: la inclusión de los proyectos que se encuentran en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado al interior de la Cuenca del río Samaná Sur, incrementa la demanda de mano de obra no calificada para las etapas de construcción y operación de los proyectos hidroeléctricos en un 37,14%, con 156 nuevas plazas laborales.

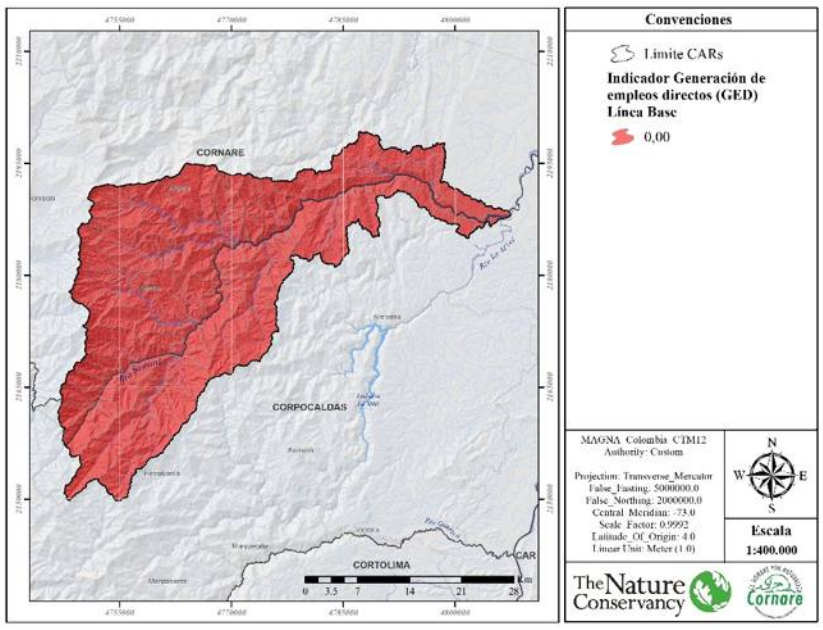
Escenario 5: Los proyectos que se encuentran con solicitud de DAA y solicitudes de estudio o permisos vigentes al interior de la Cuenca del río Samaná Sur aportarían 94 nuevas plazas laborales para personal no calificado (16,31% adicional al escenario 4) y una contribución sobre la población económicamente activa del 15,37%.

Escenario 6: es el escenario de mayor aporte a la generación de empleo con 800 plazas de empleo y una contribución sobre la fuera laboral del 21%.

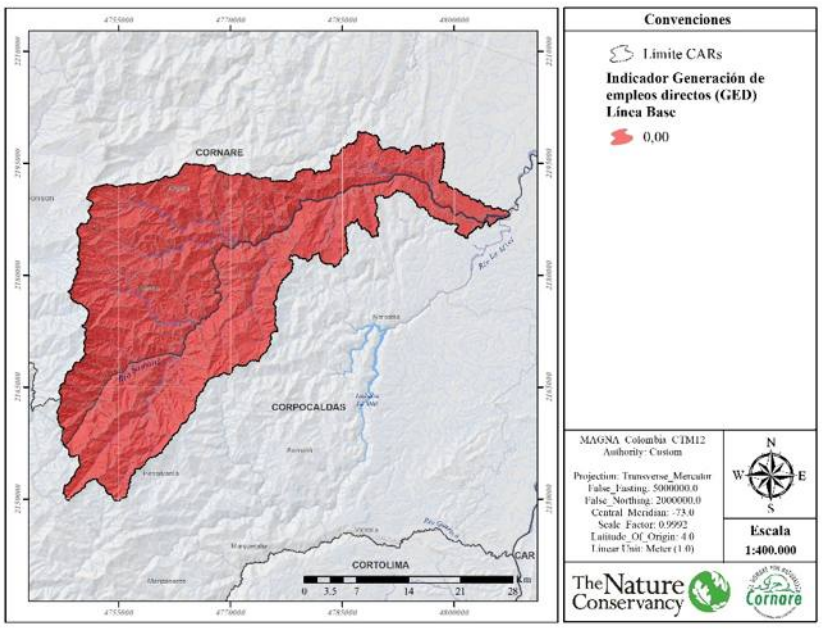
Escenario 7 y 8: presentan contribuciones sobre la demanda de mano de obra un poco inferiores al escenario 6, que muestran la sensibilidad del indicador ante la puesta en marcha de cualquier proyecto hidroeléctrico (Escenario 7: 576 plazas y escenario 8: 582 plazas).

Figura 440. Distribución espacial del GED a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

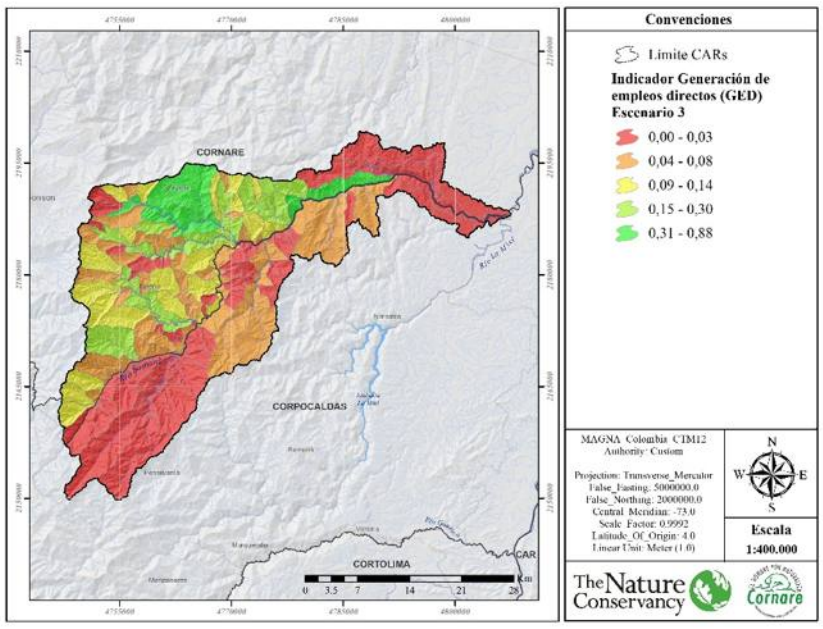
Escenario - 1



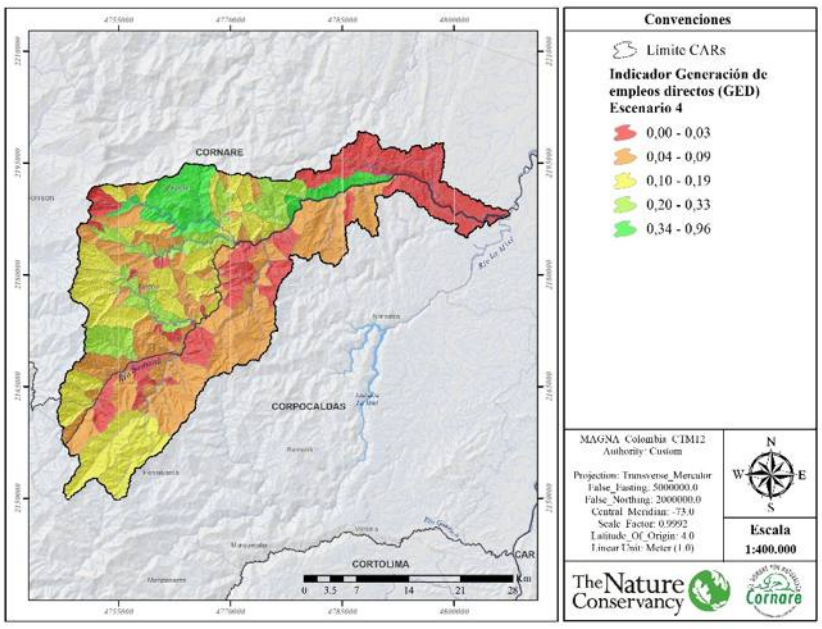
Escenario - 2



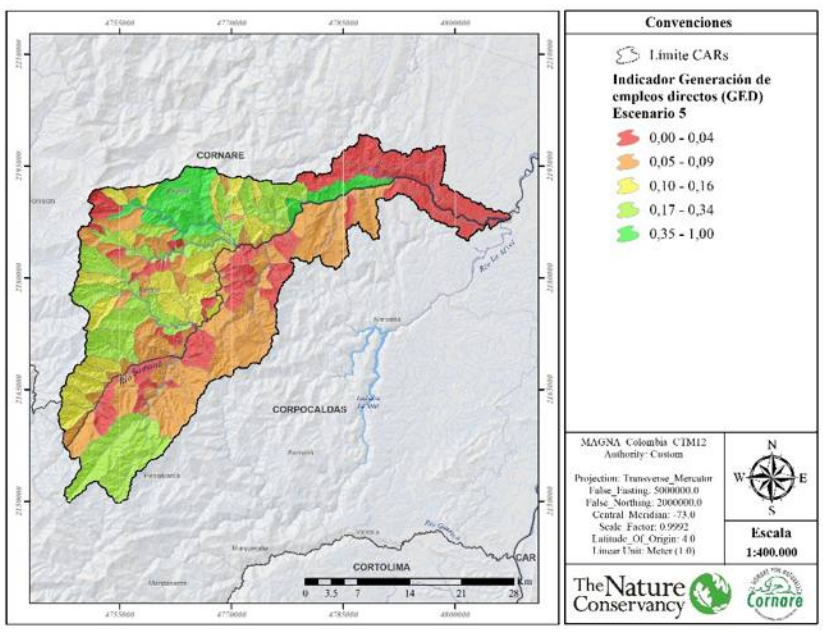
Escenario - 3



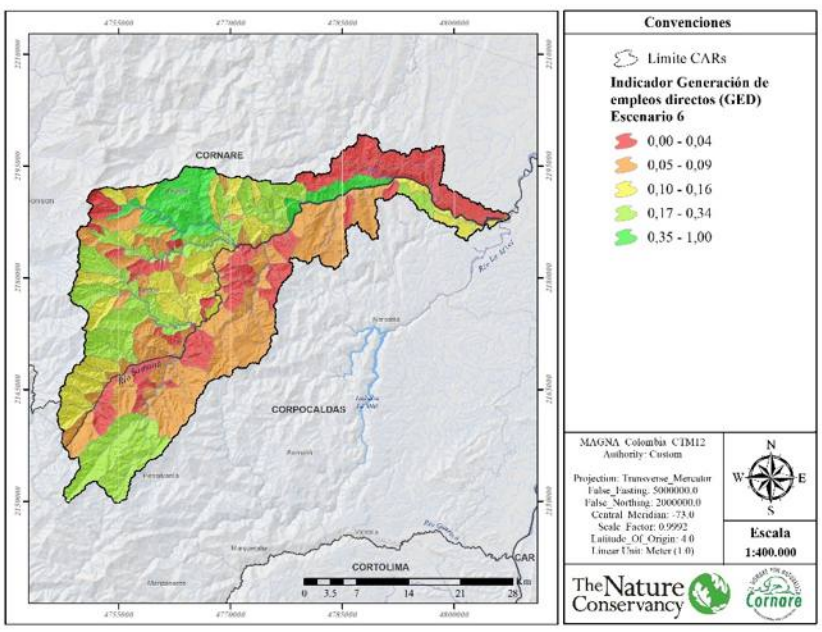
Escenario - 4



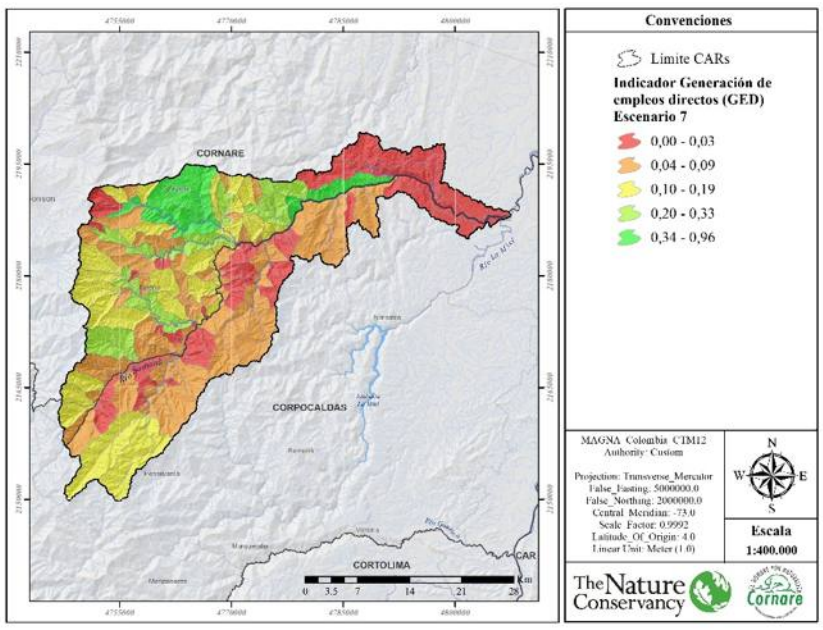
Escenario - 5



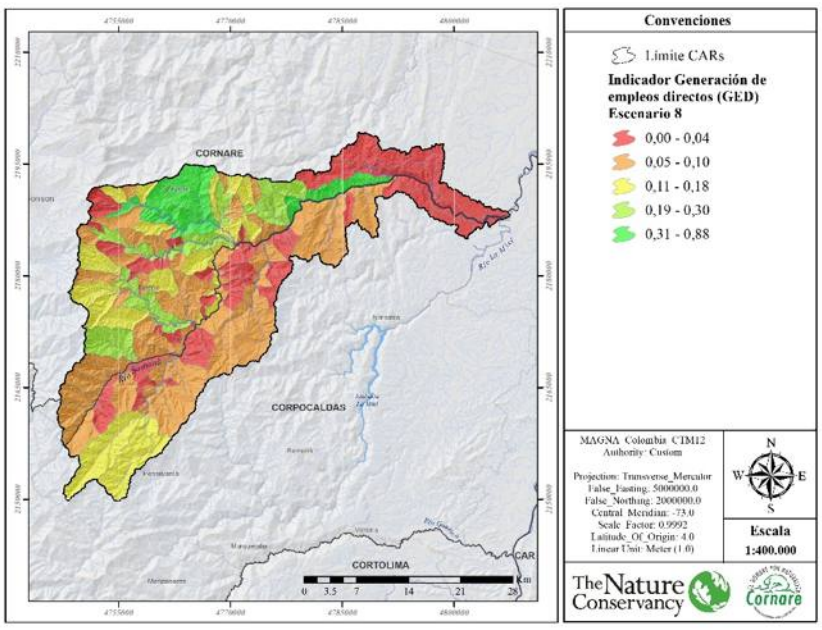
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.2.2 Indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL)

Para el cálculo del indicador de contribuciones económicas anuales por ley (CEAL) en la cuenca del río Samaná Sur, se siguió la metodología presentada en la sección 14.4.2.2. En la Figura 441 se presenta el indicador CEAL en la cuenca del río Samaná Sur en los escenarios 8 escenarios de análisis. Para los escenarios 1 y 2 se evidencia que los valores corresponden a cero ya que actualmente no hay proyectos hidroeléctricos.

Escenario 3: Para este escenario que incluye los proyectos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la Cuenca del río Samaná Sur, se estiman contribuciones asociadas a transferencias, tasa por uso del agua e impuestos (predial y de industria y comercio) que ascienden a $6.287.985.252 y una contribución sobre el PIB de los municipios productores del 5,20%.

Escenario 4: la inclusión de los proyectos que se encuentran en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado al interior de la Cuenca del río Samaná Sur, incrementa las contribuciones económicas por ley en $3.965.655.213 lo que representa un incremento en las mismas del 63,06% y una contribución total sobre el PIB municipal del 8,09%

Escenario 5: Los proyectos que se encuentran con solicitud de DAA y solicitudes de estudio o permisos vigentes al interior de la Cuenca del río Samaná Sur aportarían $18.326.440.316 a las arcas municipales, lo que representaría un total de inversión sobre el PIB de los municipios productores considerados para este escenario del 21,01%.

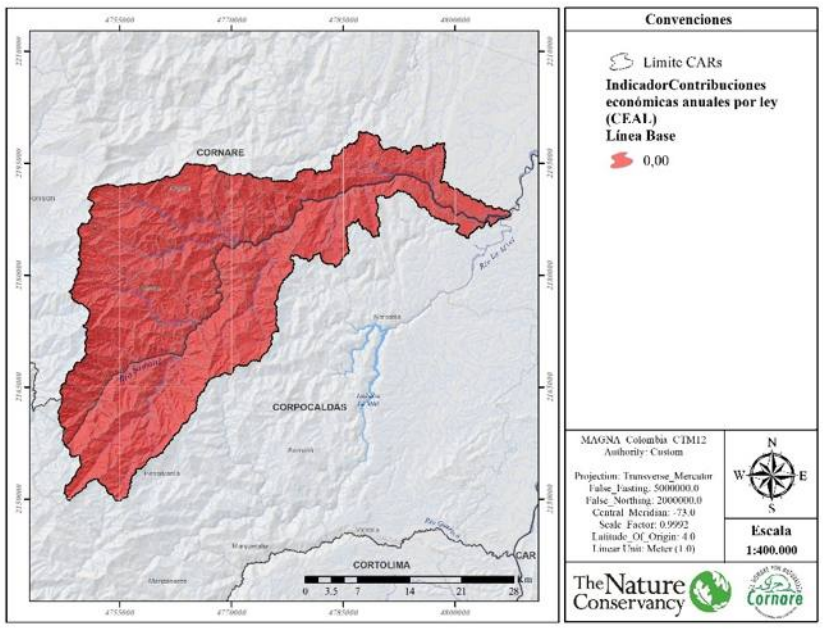
Escenario 3: Se muestra que prospectivamente en los municipios de Argelia con la presencia de 3 PCH con licencia ambiental, 1 PCH en Samaná y 1 PCH en Nariño, contribuyen económicamente a los municipios, sin embargo, de acuerdo con el análisis situacional en el Diagnóstico, las condiciones de los municipios en jurisdicción de la cuenca del río Samaná Sur presentan problemáticas entorno a su desarrollo y calidad de vida por lo tanto dichas contribuciones podrían aportar económicamente a los municipios, sin embargo, es incierto debido a que no se realiza monitoreo o seguimiento para analizar la forma en cómo las PCH aporta al desarrollo.

Escenario 6: es el escenario de mayor aporte a la generación de recursos para las arcas municipales por valor de $40.460.055.938 de contribuciones por ley y un aporte al PIB municipal del 30,70%.

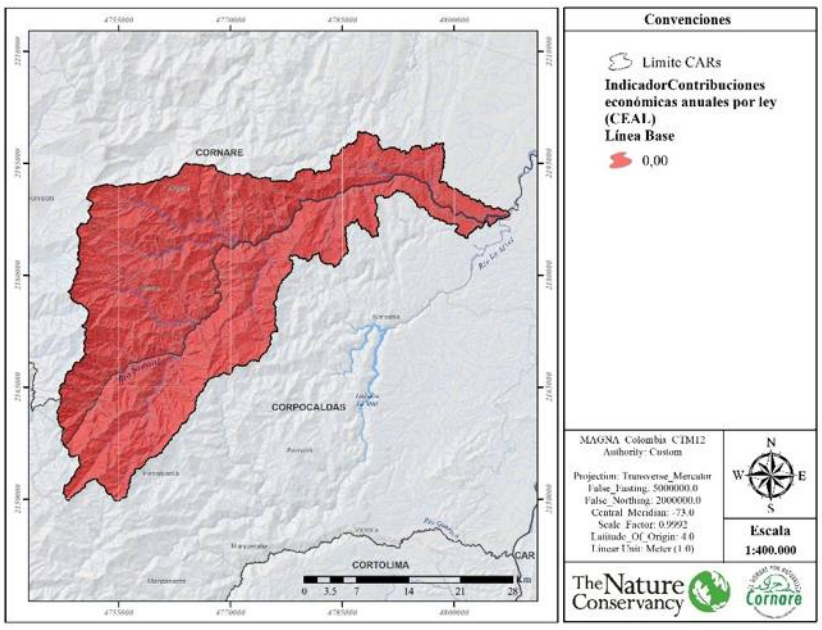
Escenario 7 y 8: presentan contribuciones sobre el PIB municipal un poco inferiores al escenario 6, que muestran la sensibilidad del indicador ante la puesta en marcha de cualquier proyecto hidroeléctrico (Escenario 7: $10.253.640.465 y 8,09% del PIB y escenario 8: $8.641.264.451y 6,53% del PIB).

Figura 441. Distribución espacial del CEAL a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

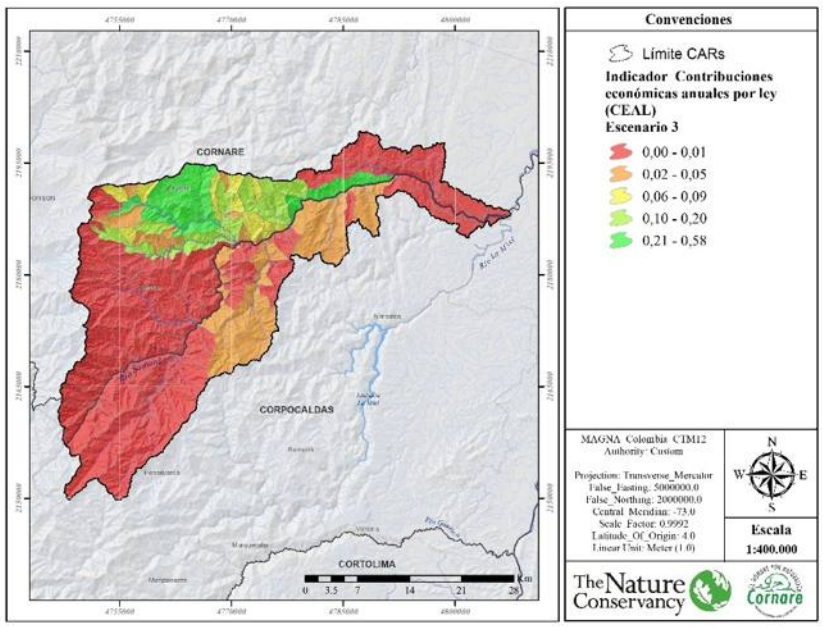
Escenario - 1



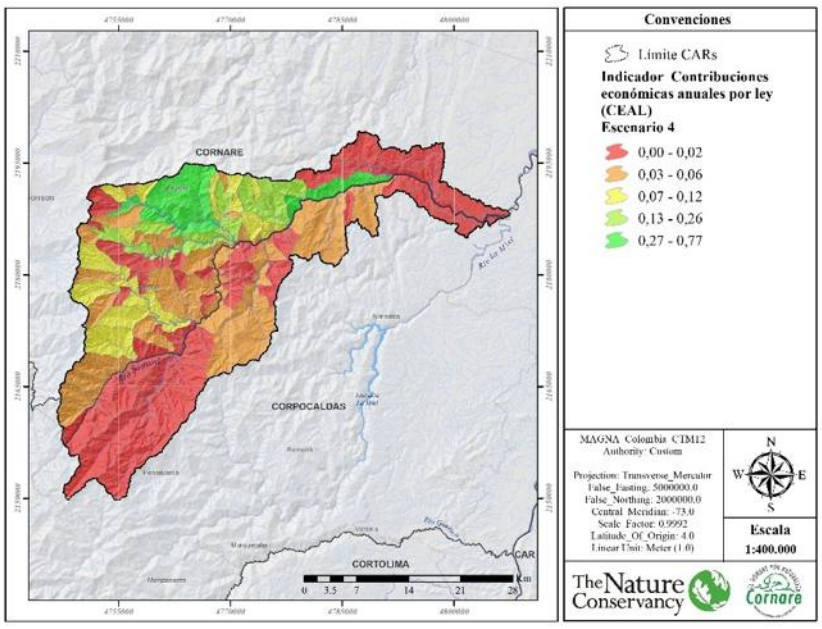
Escenario - 2



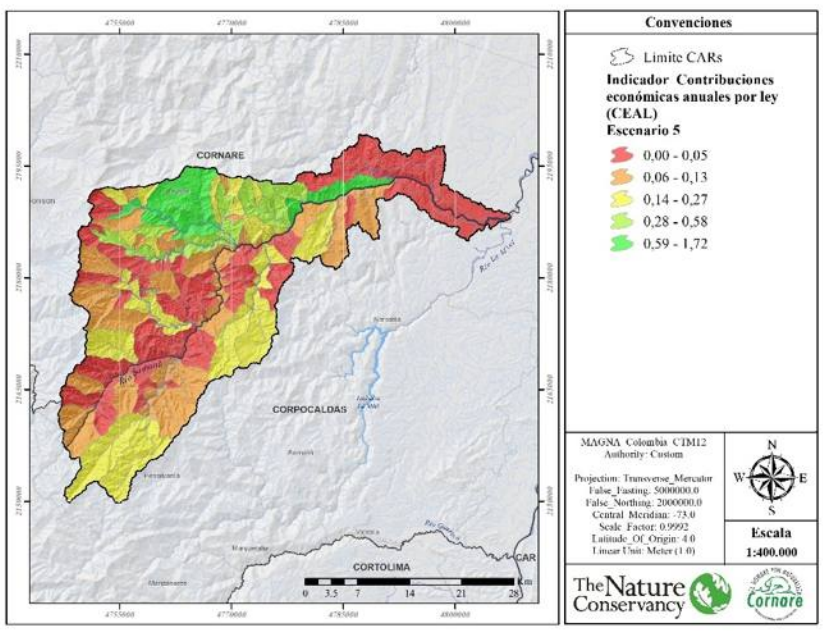
Escenario - 3



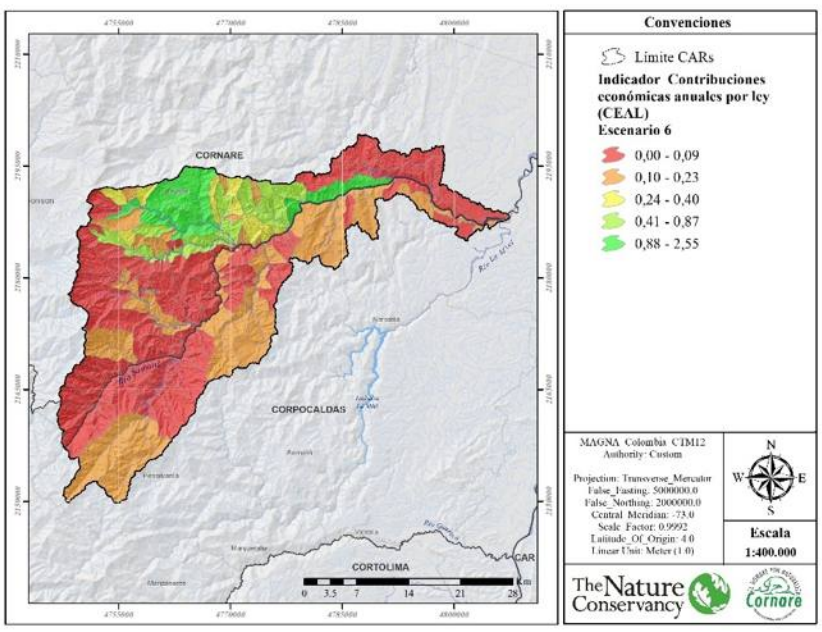
Escenario - 4



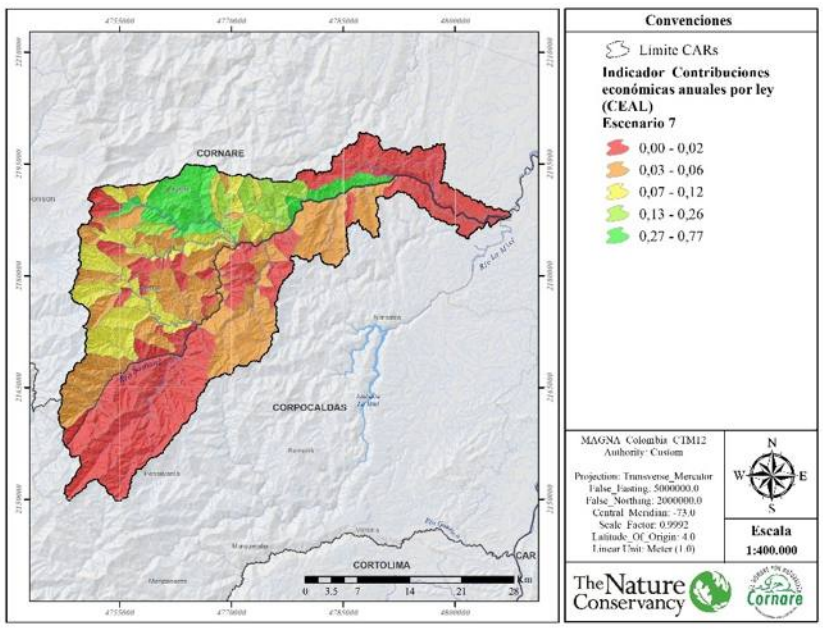
Escenario - 5



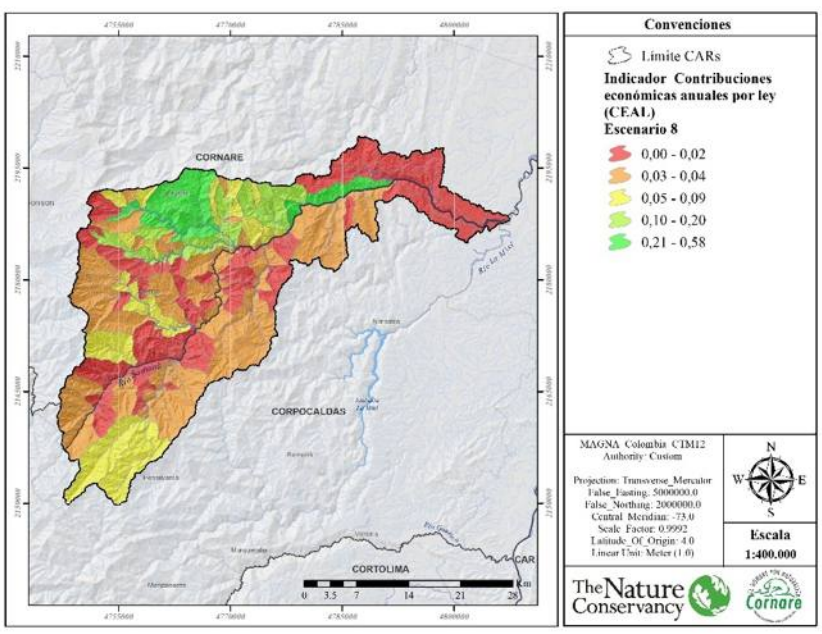
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



}

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.2.3 Indicador de dinamización de la economía local (DEL)

Para el cálculo del indicador de la dinamización de la economía local (DEL) en la cuenca del río Samaná Sur, se siguió la metodología presentada en la sección 14.4.2.3. En la Figura 442 se presenta el indicador DEL en la cuenca del río Samaná Sur en los 8 escenarios de análisis. Los escenarios 1 y 2 evidencian valores de cero ya que actualmente no hay proyectos hidroeléctricos.

Escenario 3: Para este escenario que incluye los proyectos con licencia ambiental y con concesión de agua al interior de la cuenca del río Samaná Sur, se estima una dinamización de la economía local, como efecto multiplicador de la inversión en obra civil de los proyectos de $104.539.095.634 y un aporte al PIB del 84,87%.

Escenario 4: la inclusión de los proyectos que se encuentran en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado al interior de la cuenca del río Samaná Sur, incrementa la inversión en un 54,69%, lo que implica aporte de las empresas que se encuentran construyendo los PH en $57.179.479.200, durante la operación que en promedio se estima en 36 meses.

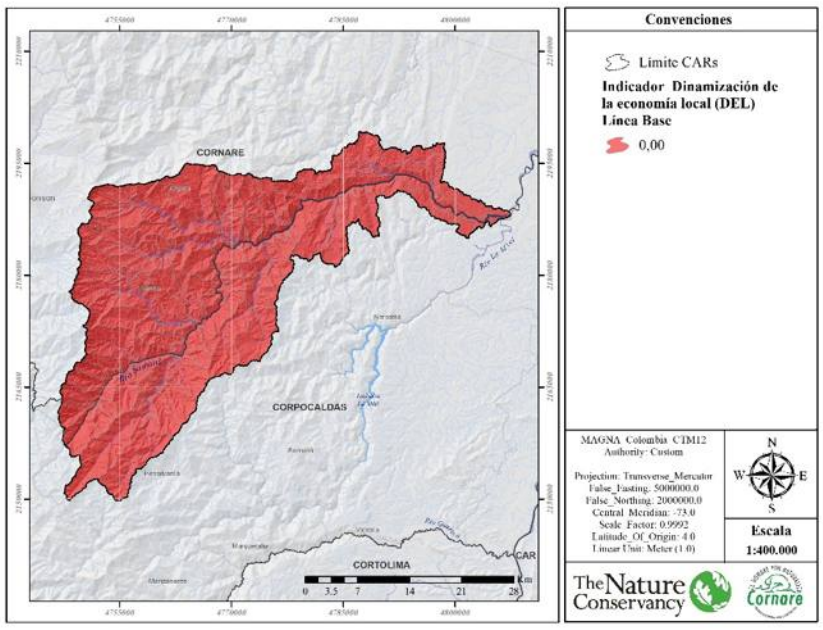
Escenario 5: Los proyectos que se encuentran con solicitud de DAA y solicitudes de estudio o permisos vigentes al interior de la cuenca del río Samaná Sur generarían contribuciones adicionales en términos de inversión en obra civil, con potencial de dinamizar la economía de los municipios, por valor de $ 231.163.280.

Escenario 6: es el escenario de mayor aporte en términos de recursos que dinamizarían la economía local por valor de $476.941.229.960.

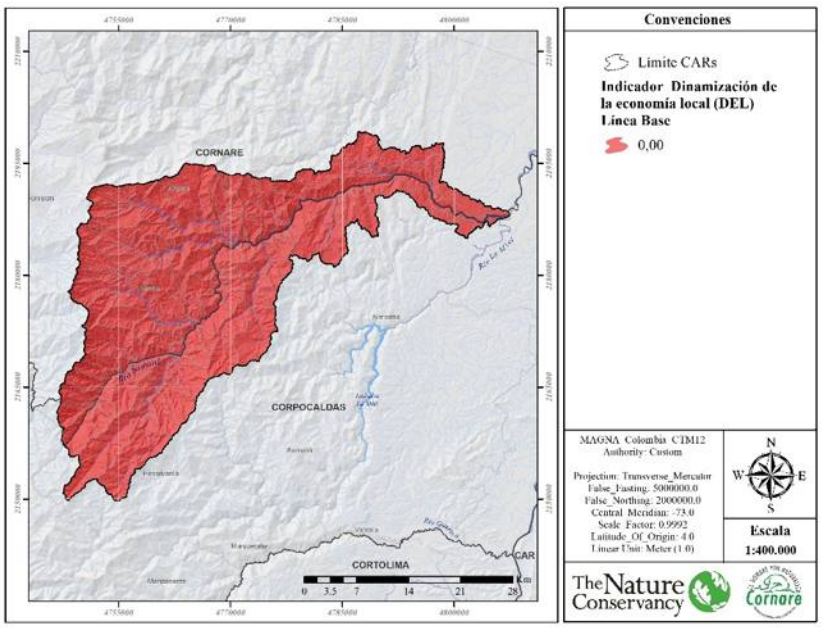
Escenario 7 y 8: presentan contribuciones a la economía un poco inferiores al escenario 6, que muestran la sensibilidad del indicador ante la puesta en marcha de cualquier proyecto hidroeléctrico (Escenario 7: $161.718.574.834 y escenario 8: $143.512.078.450).

Figura 442. Distribución espacial del DEL a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

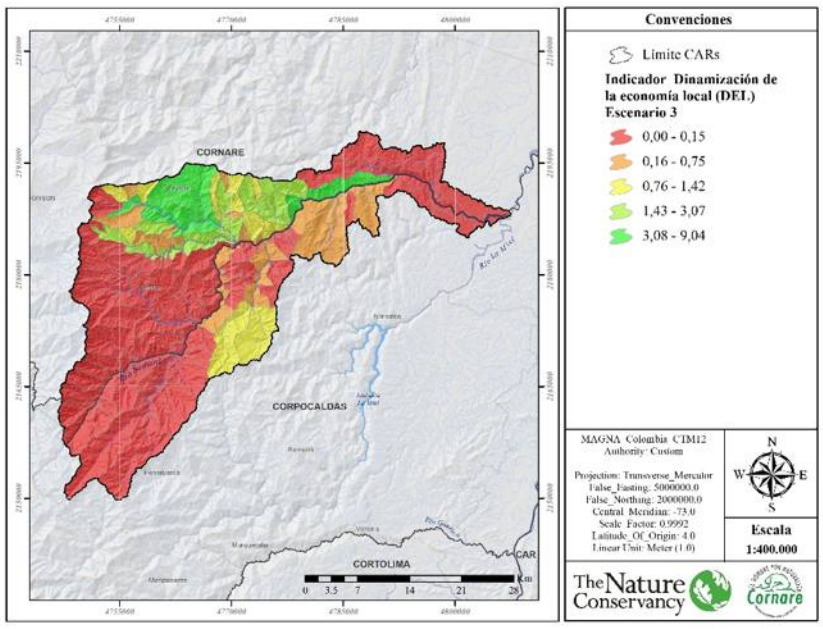
Escenario - 1



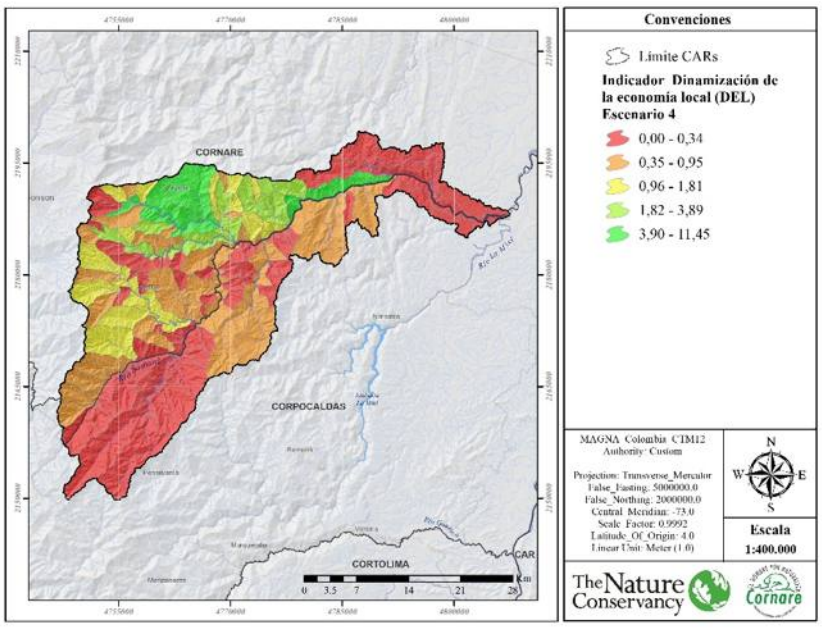
Escenario - 2



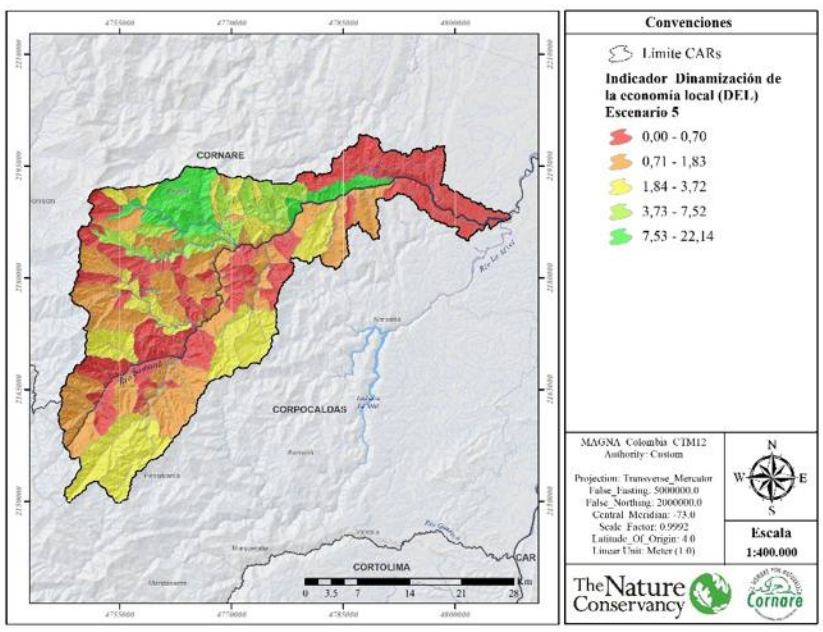
Escenario - 3



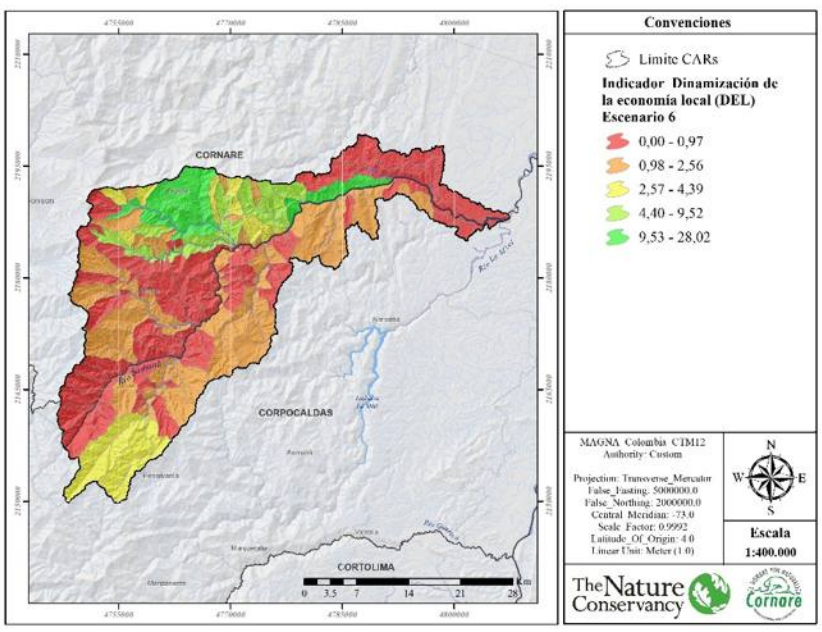
Escenario - 4



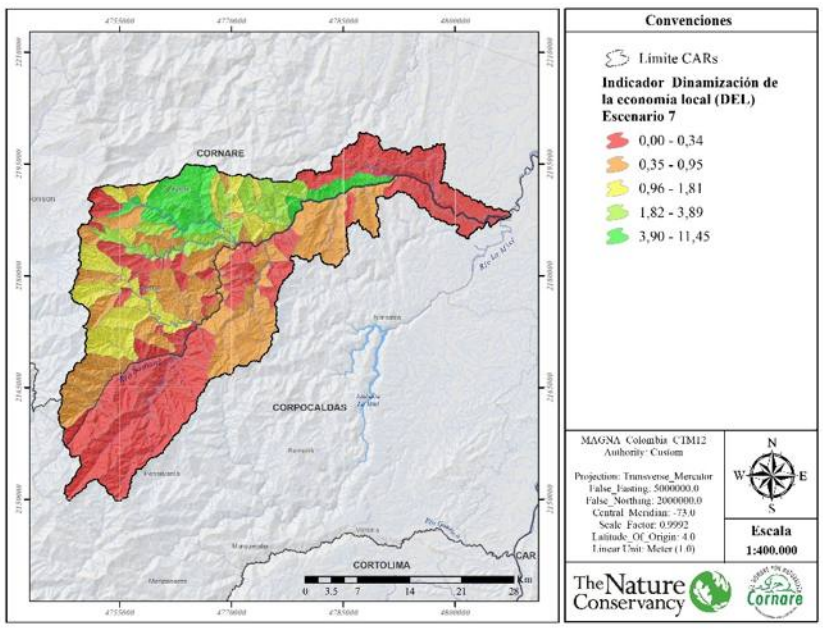
Escenario - 5



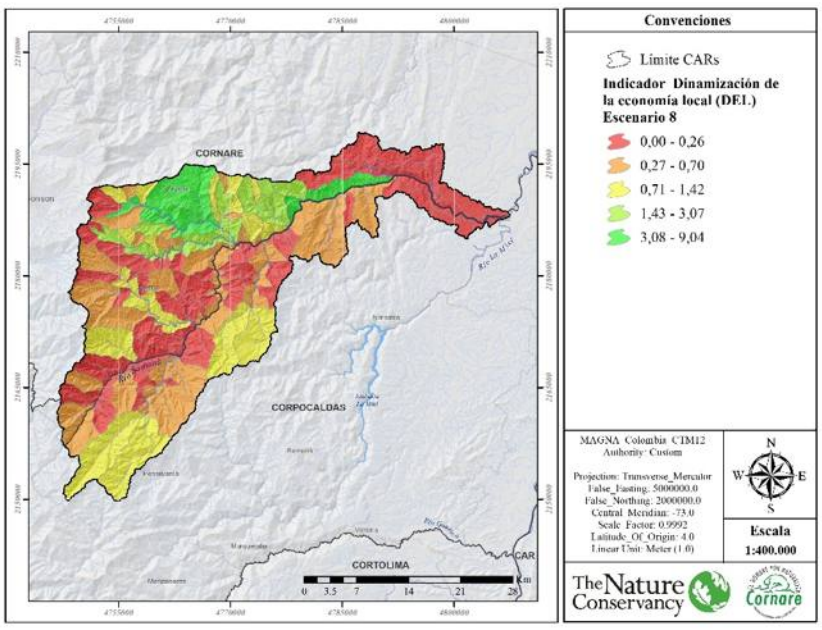
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.3 *Indicadores Sociales*

17.4.3.1 Indicador de pobreza multidimensional (IPM)

Acorde a la descripción que se realizó en la sección 14.4.3.1, la Tabla 207 muestra el indicador de pobreza multidimensional para los municipios de la cuenca del Samaná Sur.

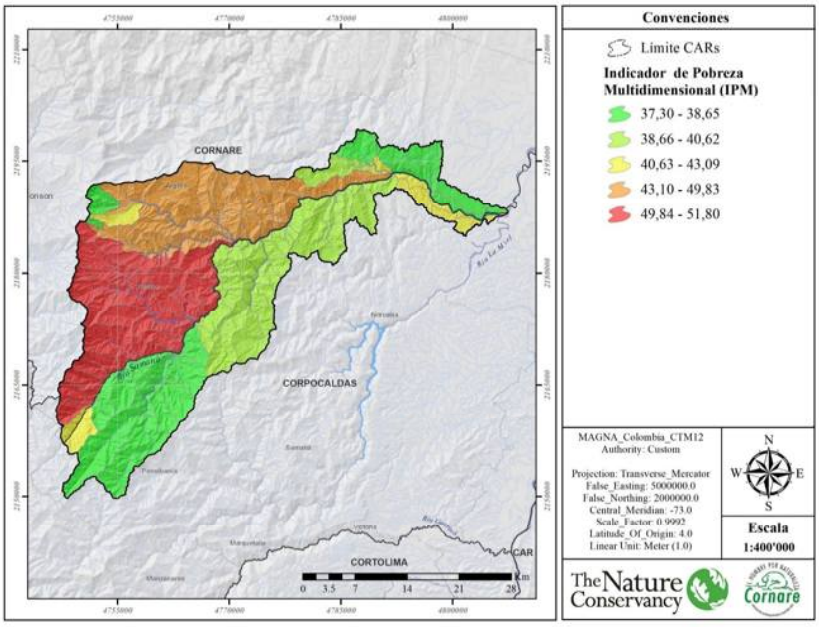
Tabla 207. Indicador de pobreza multidimensional Samaná Sur

Municipio	Pobreza multidimensional (total municipio)
Argelia	48,70
Nariño	51,80
Samaná	39,90
Pensilvania	37,30
Norcasia	41,40

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda (DANE, 2018b)

En la Figura 443 se presenta la espacialización del IPI en la cuenca del río Samaná Sur para todos los escenarios de análisis ya que su cálculo fue a partir de información municipal. La interpretación completa de este indicador puede consultarse en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b).

Figura 443. Distribución espacial del IPM a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

17.4.3.2 Indicador de pobreza de ingreso (IPI)

Acorde a la descripción que se realizó en la sección 14.4.3.2, la Tabla 199 muestra el indicador de pobreza de ingresos municipal para los municipios de la cuenca del Samaná Sur. Es importante aclarar que para los municipios de Antioquia la información se tomó de la Encuesta de Calidad de Vida (Gobernación de Antioquia, 2019), mientras que para los municipios de Caldas se tomó un dato consolidado departamental debido a la ausencia de información municipal.

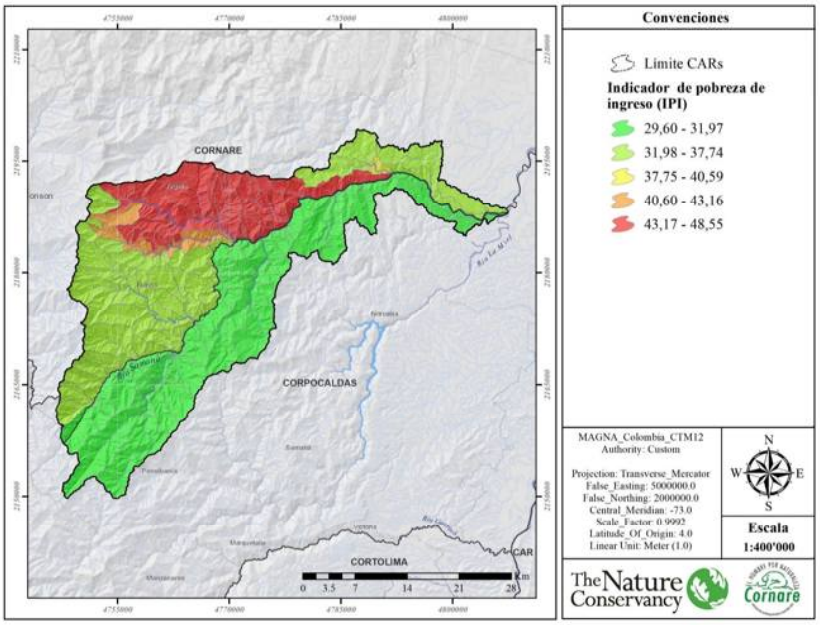
Tabla 208. Indicador de pobreza de ingresos Samaná Sur

Municipio	% de personas con ingreso percápita por debajo de la línea de pobreza
Argelia	48,55
Nariño	37,42
Samaná	29,60
Pensilvania	29,60
Norcasia	29,60

Fuente: Para municipios de Antioquia Encuesta de Calidad de Vida (Gobernación de Antioquia, 2019). Para Municipios de Caldas DANE (2018).

A continuación, en la Figura 444 se presenta el IPI municipal de la Cuenca del río Samaná Sur para los 8 escenario de análisis. La interpretación completa de este indicador puede consultarse en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b).

Figura 444. Distribución espacial del IPI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.3.3 Indicador de bienestar (IB)

Este indicador de bienestar pretende valorar las condiciones de vida de las personas que habitan en la cuenca del río Samaná Sur, mediante la medición de variables relacionadas con el acceso a servicios públicos y saneamiento básico, a servicios sociales de vivienda, salud y educación, y al desarrollo de los derechos a la recreación y la organización comunitaria.

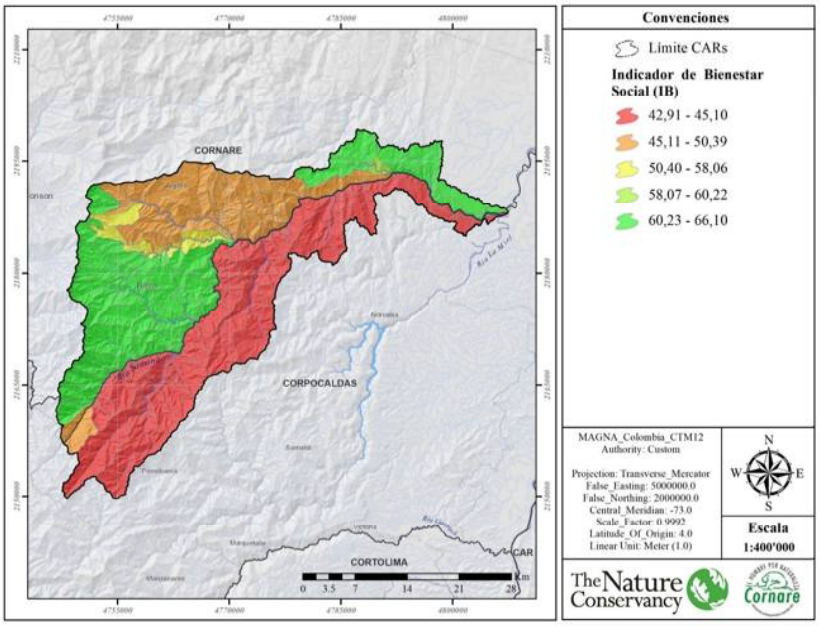
Como se describió en el título 14.4.3.3, este indicador es de carácter cuantitativo y el mayor valor que puede tomar es 100. Está compuesto por seis variables, que a su vez se componen de datos como lo muestra en la sección 14.4.3.3. Para el caso de la cuenca del río Samaná Sur, el indicador

se calcula de la misma forma para los seis municipios que la conforman: Sonsón, Argelia y Nariño, en el departamento de Antioquia, y Norcasia, Pensilvania y Samaná en el departamento de Caldas.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del indicador de bienestar para la cuenca y se analizan los resultados de las variables que lo componen.

En el Figura 445 se observa que dentro de los límites municipales se encuentran dos áreas con diferencia en el indicador, la razón es que son territorios de subcuencas que se encuentran en jurisdicción de varios municipios, razón por la cual se hace en recálculo que integra los indicadores de los municipios que confluyen en ella.

Figura 445. Distribución espacial del IB a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur Fuente: Construcción propia



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Los datos revelan que las condiciones de vida en la cuenca presentan precariedades, altas en algunas variables, en cuanto a acceso a servicios públicos y sociales:

En saneamiento de aguas residuales el municipio con mejor indicador es Sonsón con un 65, 28% de cobertura, mientras que los municipios de Nariño, Samaná y Pensilvania se encuentras por debajo del 50% de cobertura, con un caso de extremo en Pensilvania donde la cobertura es del 7,33%. Los valores que toma estas variables son altamente representativos en la medida en la que el saneamiento básico es fundamental para vivir una vida sana.

El acceso a servicio de internet en toda la cuenca es del 14,26% y sólo el municipio de Sonsón está por encima del 20%, dato muy inferior al porcentaje de acceso a nivel nacional que es de 43, 4%. Esta situación pone a los habitantes de la cuenca en una situación de desventaja en un mundo globalizado e interconectado.

El déficit habitacional de la cuenca presenta una situación muy diferente a la situación nacional porque su déficit habitacional total es de 44,1% con un cuantitativo de 4,88% y un cualitativo de 39,3%, mientras que a nivel nacional el déficit cuantitativo es de 9,8% de y el cualitativo es de 26,8% para un déficit habitacional total de 36,6%. Es decir, la cuenca tiene un déficit habitacional mayor debido a que supera en 12,5 puntos porcentuales el déficit cualitativo nacional. Cabe mencionar que, de acuerdo con los datos de la Encuesta de Calidad de Vida 2019, los municipios con el déficit cualitativo más alto son en su orden: Nariño (51,36%) y Argelia (33,17%) ambos por encima del déficit nacional. En cuanto al déficit cuantitativo, el municipio con valor menos favorables es Norcasia con 6,6 %, si superar el valor del déficit nacional.

La situación de la cuenca en educación es menos favorable que la nacional en razón a que la tasa de analfabetismo es de 10,16% superando en 4,9 puntos porcentuales la tasa nacional que se encuentra en 5,24% y ninguno de los municipios se encuentra por debajo de la tasa nacional de analfabetismo.

La de cobertura en educación primaria es de 87,18%, mientras que la tasa nacional se encuentra por encima del 100% de cobertura. La tasa de cobertura en educación media es 62,65%, encontrándose 17 puntos por debajo de la nacional se encuentra en 80,11% para el año 2018.

El porcentaje de población afiliada a un régimen de cobertura en salud es en general para la cuenca de 86,06%, siendo el municipio de Norcasia con un 76,06% el de menor cobertura, y Nariño y Argelia los de la mayor cobertura con (94,53%) y (94,15%) respectivamente, en todo caso inferior a la cobertura nacional que es de 97,78%.

Para el tema de recreación, medido a partir de los metros cuadrados de espacios para el disfrute de la naturaleza por habitante, la cuenca en general resultó con 59,57 metros cuadrados por habitante que, comparados con el estándar internacional, el índice de espacio público por habitante, elegido como referente, es muy superior. Esta medición confirma el alto sentido de pertenencia de los habitantes del territorio, identificado en el diagnóstico, el cual se encuentra altamente relacionado con la oferta paisajística de la cuenca. Es importante señalar que los datos encontrados para el municipio de Nariño fueron determinantes en el alto valor que toma la variable, debido al alto número de sitios identificados en fuentes primaria y secundarias; para los otros municipios, en cambio, se encontró insuficiencia de datos.

La organización comunitaria, movilizadora de acciones encaminadas a mejorar las condiciones de vida de las comunidades, se midió a partir del porcentaje de territorios definidos por la división político-administrativa de los municipios (veredas, corregimientos y casco urbano) que cuentan con organización comunitaria (Junta de Acción Comunal, JAC). En esta variable la totalidad del territorio de la cuenca toma un valor de 104,72%. Este dato confirma que las organizaciones comunitarias son la base de la dinámica comunitaria.

17.4.3.4 Indicador de retorno social de inversión (SROI)

De acuerdo con lo descrito en el numeral 14.4.3.4, para determinar la contribución de la inversión social anual de los proyectos hidroeléctricos se tiene en cuenta el presupuesto de cada uno de los municipios en jurisdicción de la cuenca del río Samaná Sur. En la Tabla 209 se presenta el consolidado del presupuesto social de los municipios de la Cuenca del río Samaná Sur.

Tabla 209. Presupuesto Municipal Social de los municipios de la Cuenca del río Samaná Sur.

Municipios	Presupuesto Municipal Social
Norcasia	$ 337.621.582
Samaná	$ 598.526.125
Sonsón	$ 2.361.781.086
Argelia	$ 757.938.256
Nariño	$ 1.376.194.379
Pensilvania	$ 2.039.228.776

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

A continuación, en la Figura 446 se presenta el SROI para los 8 escenarios de análisis considerado para la cuenca del río Samaná Sur. A nivel general, se evidencia que los mayores valores inversión social, se encuentran en los municipios donde se concentran los proyectos hidroeléctricos de la cuenca del río Samaná Sur, en donde:

Para los escenarios 1 y 2 no participan proyectos hidroeléctricos en operación y/o en construcción por lo tanto no existen contribuciones de la inversión social para el presupuesto social de los municipios de la cuenca.

Escenario 3: Para este escenario conformado por un total de 5 proyectos prospectivos que cuentan con licencia ambiental para entrar en operación y/o en construcción, para un total en la inversión social de $324.105.600, con inversiones en actividades sociales como programas de información y participación ciudadana, educación ambiental, manejo a la generación de empleo, apoyo a la capacidad institucional, manejo al patrimonio arqueológico, entre otros. Las contribuciones al presupuesto social anual de los municipios incrementan son del 25% en Argelia por la presencia de las PCH Argelia, Paloma III y Paloma IV, 21% en Samaná por el proyecto hidroeléctrico Río Hondo con una inversión social anual de $127.151.189, 0% en Nariño.

Escenario 4: En este escenario se encuentran 11 proyectos al interior de la Cuenca del río Samaná Sur. Las inversiones sociales de estos proyectos en la contribución del presupuesto social municipal aumentan en los municipios de Cocorná en un 34%, en Nariño en un 9%, en Pensilvania en 1% y en Samaná en 21%.

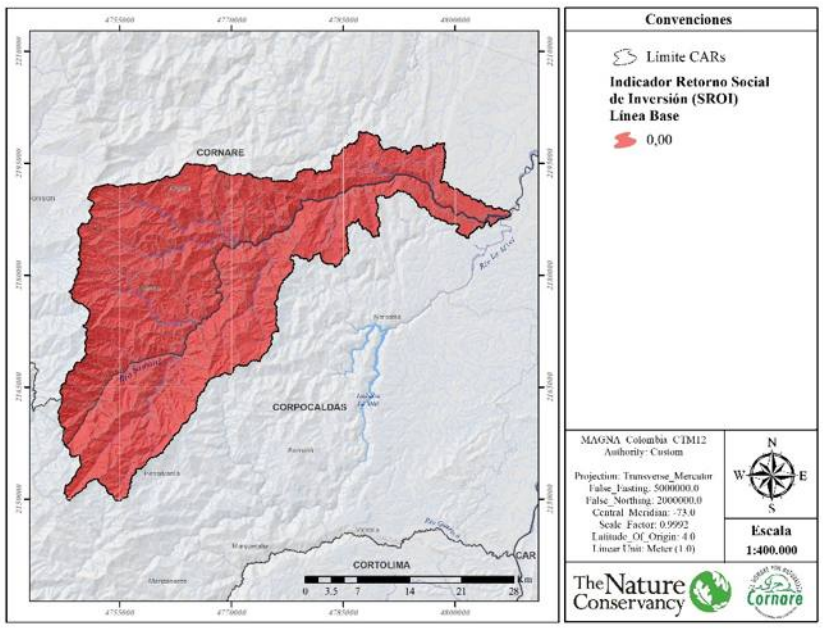
En el escenario 5, en donde incluye 17 proyectos hidroeléctricos con una inversión social total de $862.398.333, en este sentido los aportes de inversión social en el presupuesto municipal son del 68% en Argelia por la presencia de los proyectos Negrito, Argelia, Paloma III, Paloma IV, Samaná Medio, San Julián; del 11% en Nariño por las PCH Nuevo Puente, Pocitos I, Pocitos II, San Pedro, Uvital, Negrito; 11% en Pensilvania por la PCH La Rica, Palma Dulce, Palma Negra, Puerto Venus, Río Dulce, Nuevo Puente; 64% en Samaná por las PCH Río Hondo y Samaná Medio

En la se observa el SROI de la Cuenca del río Samaná Sur en los escenarios 5, 6, 7 y 8. En el Escenario 6, refleja una inversión social anual total de $1.095.359.115 debido a la estimación en el área social de proyectos que se encuentran en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos y una contribución sobre el presupuesto social municipal de 86% en Argelia, 11% en Nariño, 42% en Norcasia, 11% en Pensilvania, 64% en Samaná

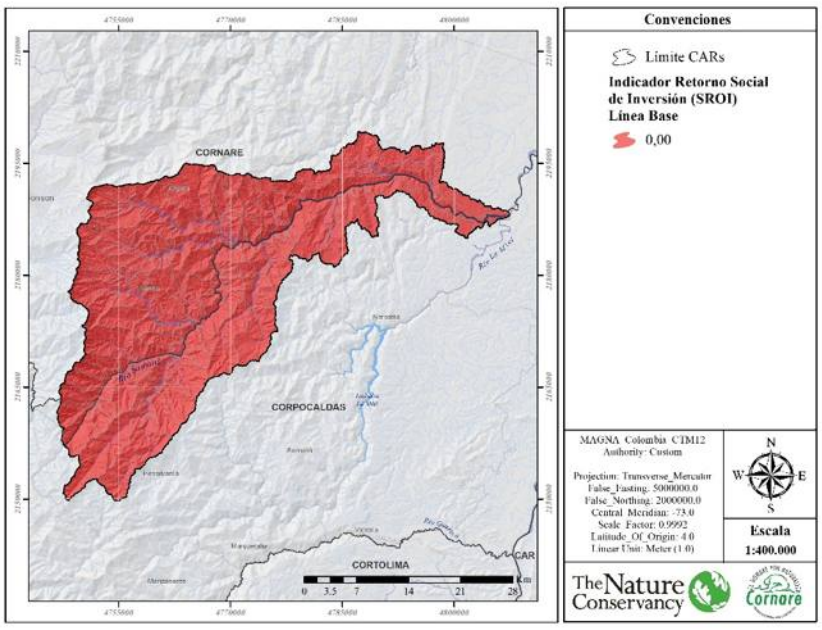
Escenarios 7 y 8: para estos dos escenarios, los aportes derivados de la inversión social enfocados en actividades de información y participación comunitaria, educación, lecto escritura para adultos, apoyo empresarial rural, rescate arqueológico, gestión institucional entre otros; se reducen (escenario 7: $494.745.458), (escenario 8: $422.504.007). Lo cual evidencia la influencia de los proyectos hidroeléctricos sobre la dimensión social enfocado en actividades para el mejoramiento y fortalecimiento de las comunidades, sin embargo, para entender el real efecto de dichas inversiones es necesario realizar seguimiento y evaluación constante sobre los efectos sobre las condiciones de vida de la población en los municipios en donde se encuentran ubicados.

Figura 446. Distribución espacial del SROI a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

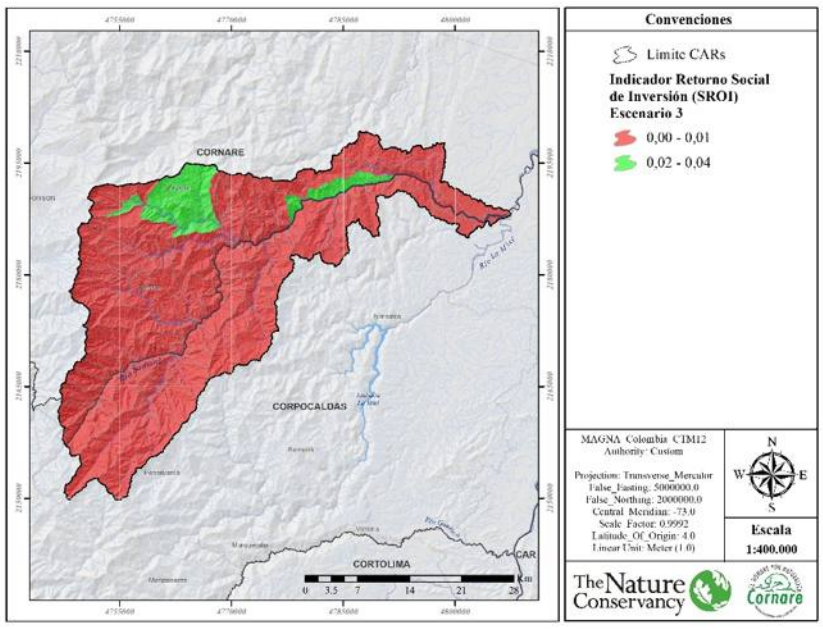
Escenario - 1



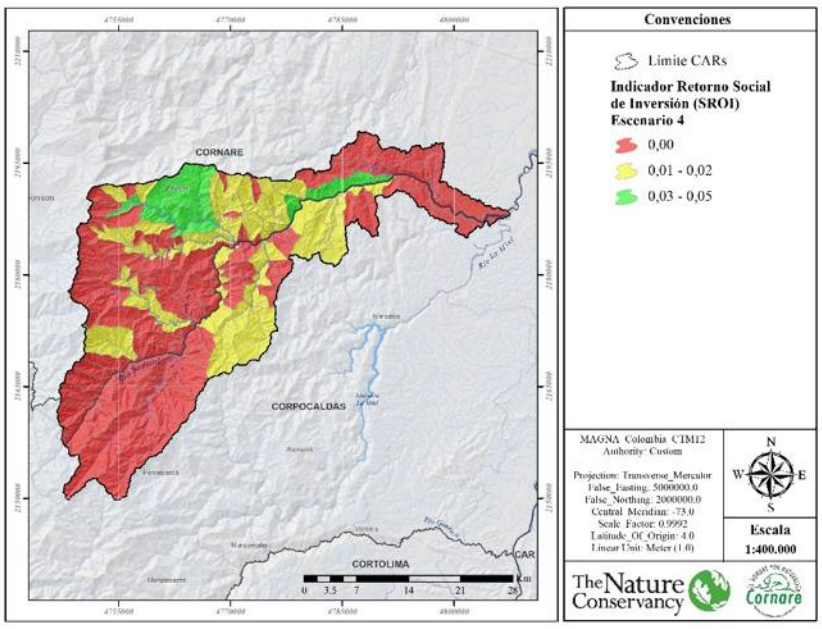
Escenario - 2



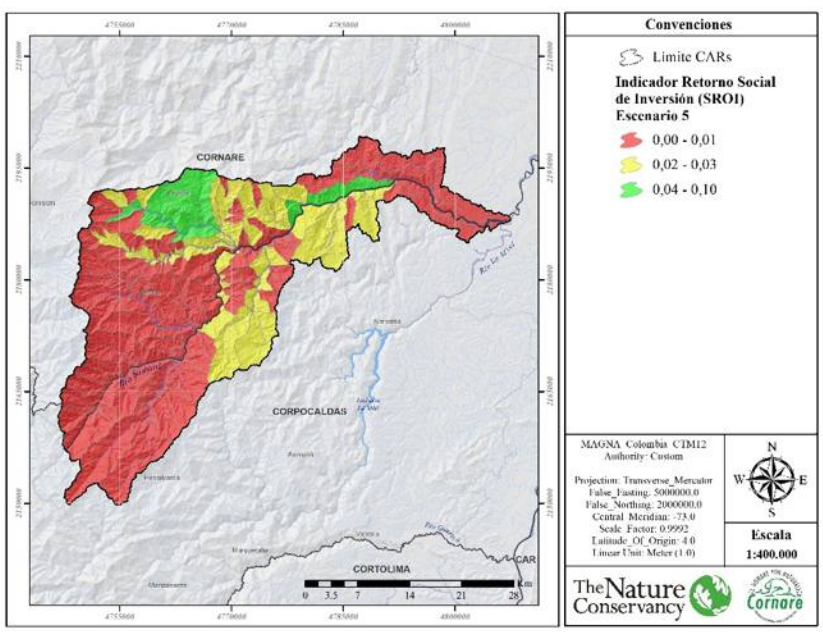
Escenario - 3



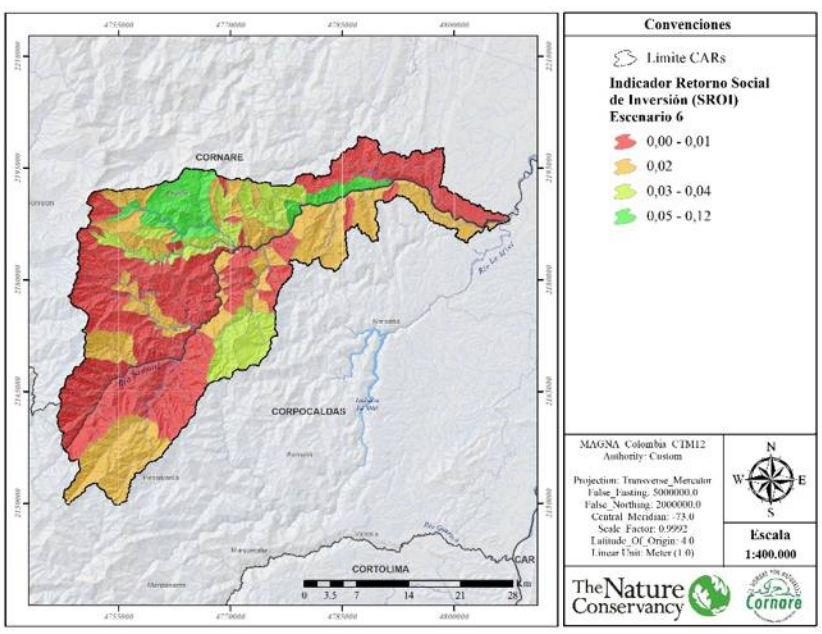
Escenario - 4



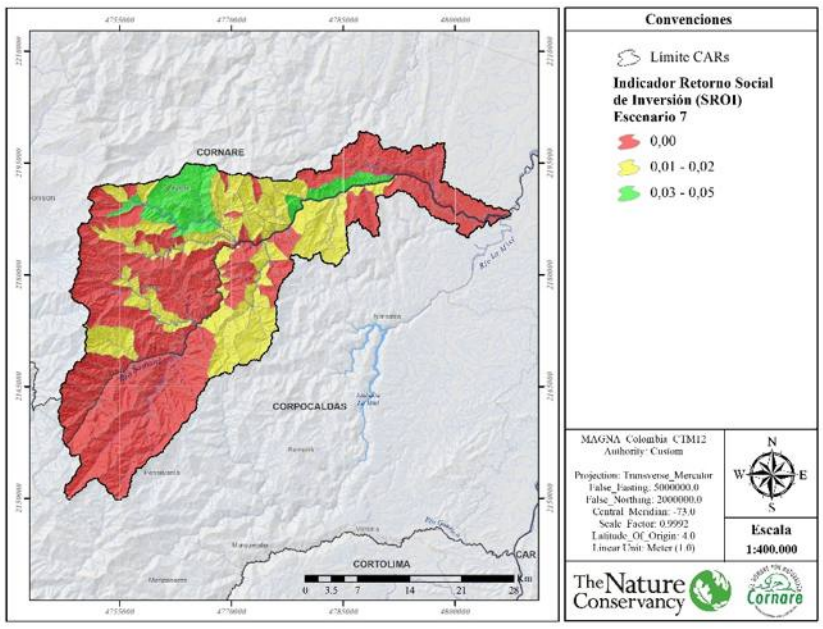
Escenario - 5



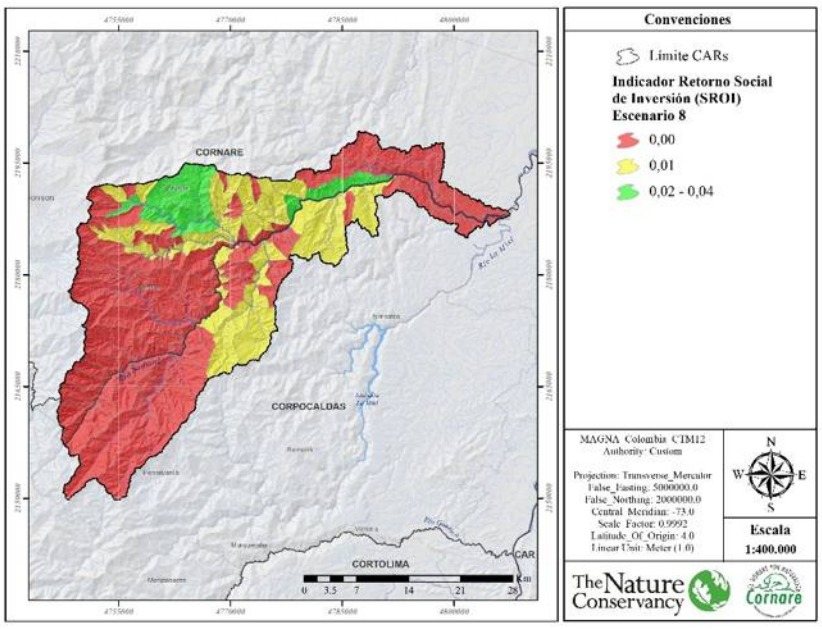
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.4.3.5 Indicador de conectividad beta (Iß)

La metodología y la información implementadas para calcular el indicador de conectividad beta en la cuenca del río Samaná Sur correspondió a los datos suministrados por Cornare; el shapefile de las vías tipo 1-4 en escala 1:100000 y los puntos o nodos en representación de los nodos de la ecuación, y la ubicación de los proyectos que se encuentran identificados en esta cuenca.

En la Figura 447 se presenta los resultados del indicador de conectividad beta de la cuenca del río Samaná Sur para los 8 escenarios de análisis considerados. En los escenarios 1 y 2 este el indicador arrojó un valor de 22,70 lo que indica que se encuentran vías primarias, secundarias y terciarias que permiten la conexión entre centros poblados y las cabeceras municipales en la cuenca.

Escenario 3: Esta presenta un total de 5 proyectos prospectivos que cuentan con licencia ambiental para entrar en operación y/o en construcción al interior de la Cuenca del río Samaná Sur; con una conectividad beta en toda la cuenca de 23,63 por la influencia de los proyectos Argelia, Paloma III, Paloma IV en el municipio de Argelia; Uvital en el municipio de Nariño y Río Hondo en el municipio de Samaná. Se evidencia que no aumenta significativamente con respecto al escenario base en donde hay proyectos hidroeléctricos.

Escenario 4: En este escenario se encuentran 11 proyectos que corresponden a los anteriormente citados más los que se encuentran en trámite de licencia ambiental y en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado al interior de la Cuenca del río Samaná Sur. En este caso la conectividad aumenta en 5,6 por la presencia de las PCH Negrito y San Julián en el municipio de Argelia; Pocitos I, Pocitos II, San Pedro y Negrito en el municipio de Nariño; La Rica en el municipio de Pensilvania y Río Hondo en el municipio de Samaná; convirtiéndose en nuevos nodos que deben conectarse con vías ya existen o generar nuevas lo que puede beneficiar a la población aledaña.

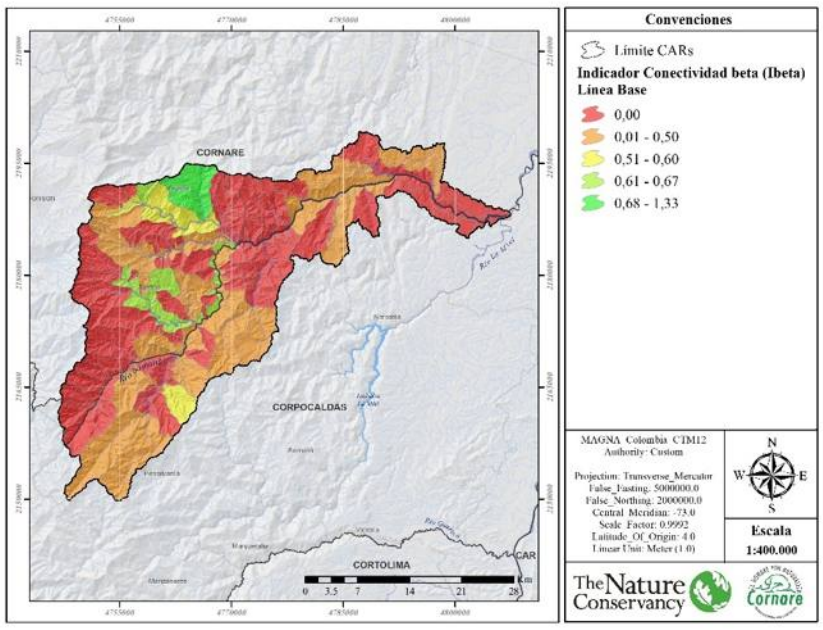
Escenario 5: en donde incluye 17 proyectos hidroeléctricos con una conectividad beta total del 33,93 por la presencia de los proyectos Negrito, Argelia, Paloma III, Paloma IV, Samaná Medio, San Julián en el municipio de Argelia; en Nariño por las PCH Nuevo Puente, Pocitos I, Pocitos II, San Pedro, Uvital, Negrito; en Pensilvania por la PCH La Rica, Palma Dulce, Palma Negra, Puerto Venus, Río Dulce, Nuevo Puente; en Samaná por las PCH Río Hondo y Samaná Medio.

En el Escenario 6, en donde participan prospectivamente 18 proyectos que se encuentran con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con DAA aprobado, DAA en solicitud, con permisos de solicitudes de estudio vigentes y vencidos con una contribución en la conectividad del 35,43. Se evidencia que el aumento en la conectividad se debe a presencia de un nuevo proyecto con respecto al escenario anterior que corresponden a GENSA que se encuentra ubicado en los municipios de Argelia y Norcasia.

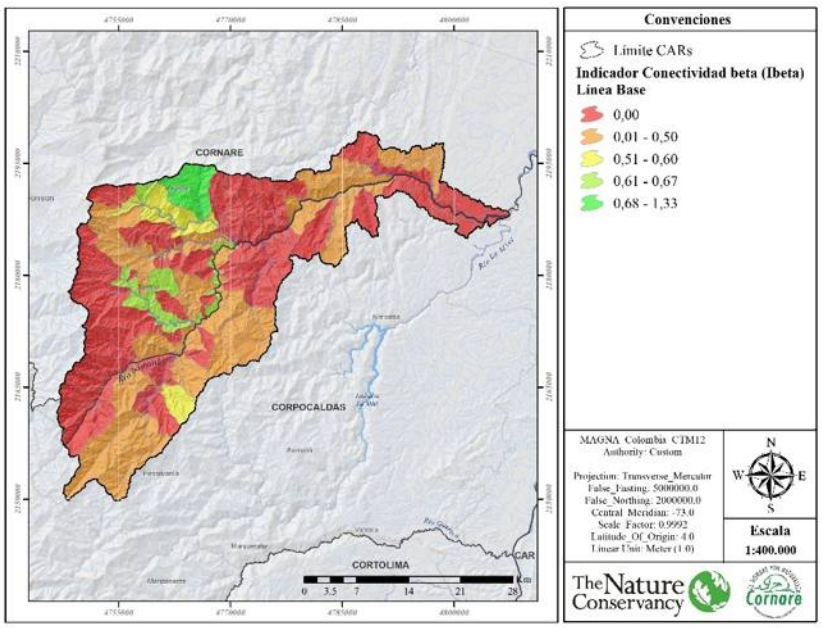
Escenarios 7 y 8: para estos dos escenarios la conectividad es similar al escenario 4. En el caso del escenario 7 la conectividad es del 28,03 al tener en cuenta las PCH Argelia, Paloma III, Paloma IV, Río Hondo con licencia ambiental, Uvital con concesión de agua, La Rica en trámite de licencia ambiental y, San Julián, Negrito, San Pedro, Pocitos I, Pocitos II con DAA aprobado; para un total de 11 PCH al interior de la Cuenca del río Samaná Sur. Escenario 8 con una conectividad total de 27,99 por la influencia de las PCH Argelia, Paloma III, Paloma IV, Uvital, La Rica, Pocitos I, Pocitos II, Río Hondo y Río Dulce.

Figura 447. Distribución espacial del Iβ a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

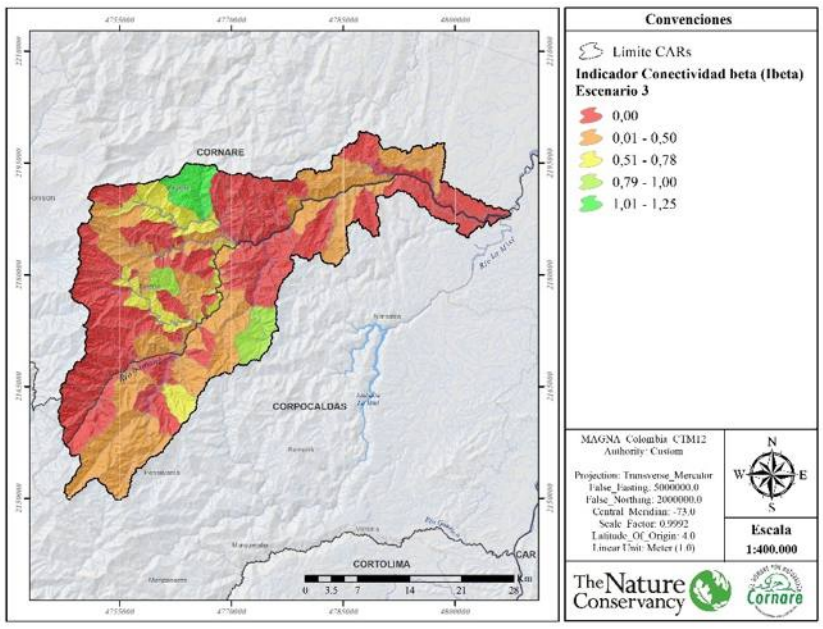
Escenario - 1



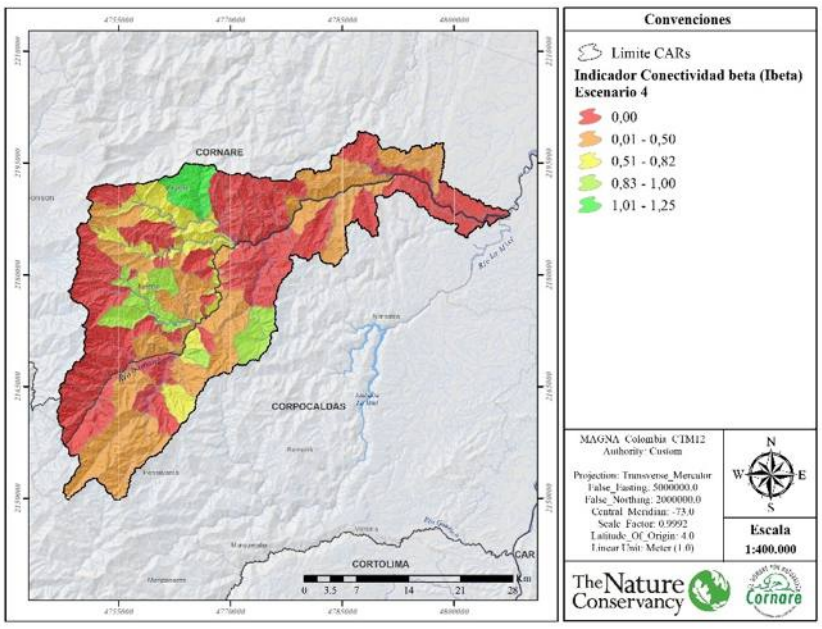
Escenario - 2



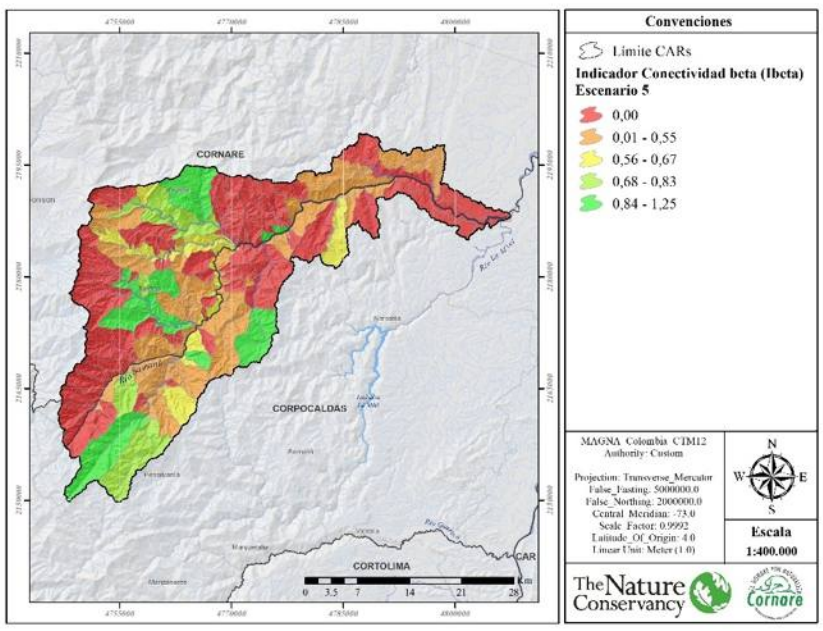
Escenario - 3



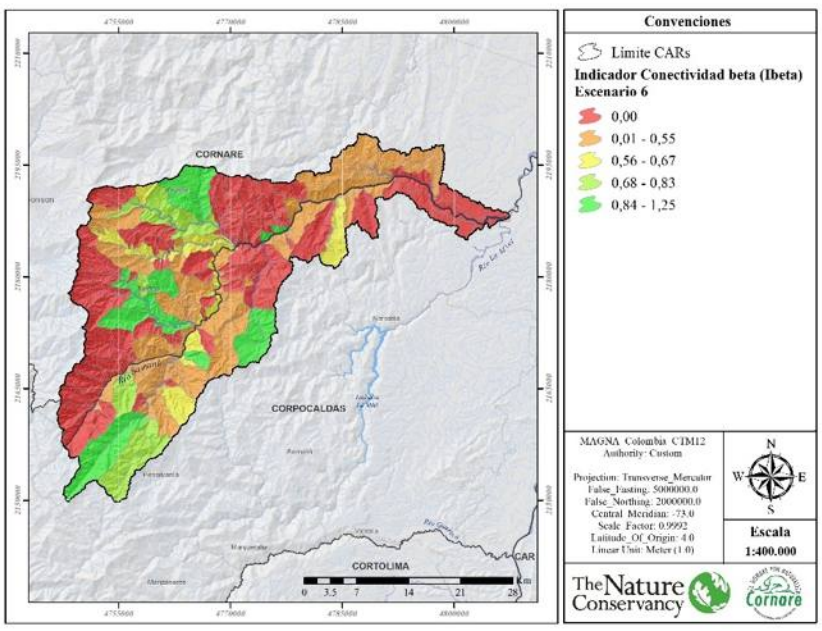
Escenario - 4



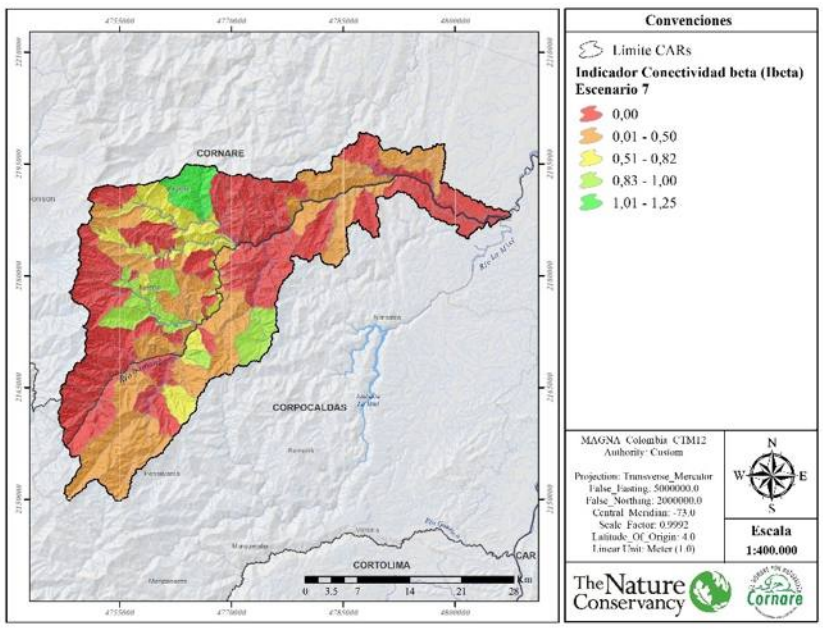
Escenario - 5



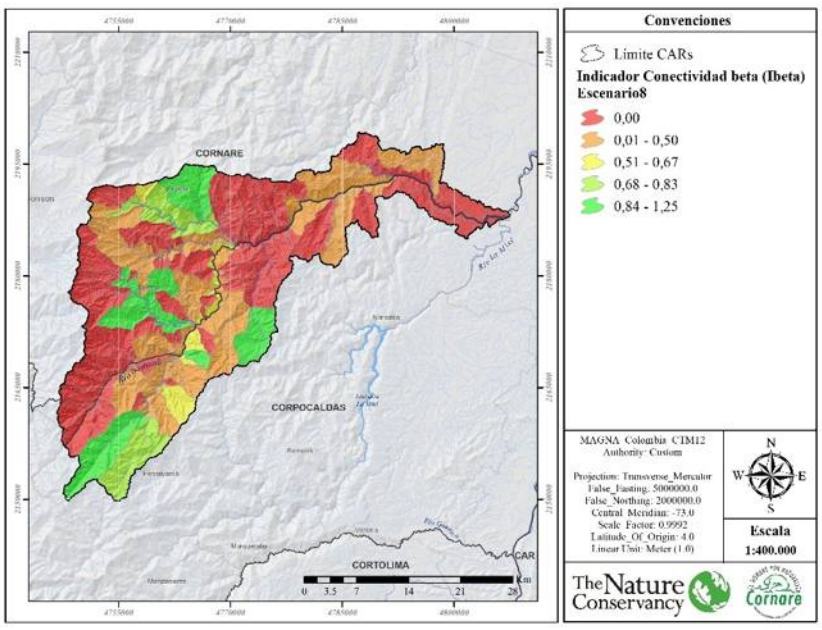
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.5 Subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social

En esta sección se presenta los resultados de los subíndices integrados de sostenibilidad de las dimensiones ambiental, económica y social en los 8 escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Sur. En el Anexo - Fase III - 8 se consolidan para todas las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Sur, los valores del subíndice integrado ambiental, económico y social. Este mismo anexo disponen las memorias de cálculo de estos indicadores. Adicionalmente, en el Anexo - Fase III - 1 pueden consultarse los archivos espaciales.

17.5.1 *Subíndice integrado ambiental*

En la Figura 448 se presenta el subíndice integrado de la dimensión ambiental en la cuenca del río Samaná Sur en los 8 escenarios de análisis considerado. A nivel general, para los escenarios 1 y 2 los resultados muestran que la cuenca del río Samaná Sur presenta una sostenibilidad ambiental alta. Las subcuencas con condiciones altas en términos de sostenibilidad ambiental se encuentran entre áreas y ecosistemas estratégicos como las reservas forestales protectoras (RFPR) Cuchilla del Tigre, El Calón y La Osa, el Páramo de Sonsón y la Laguna de San Diego; asimismo, en la parte baja de la cuenca ya que no hay mucha intervención de obras civiles que alteran las condiciones naturales. Estos dos escenarios corresponden a las condiciones actuales, es decir, la situación en términos de la evaluación de los indicadores ambientales de cómo se encuentra la cuenca ya que actualmente no cuenta con proyectos hidroeléctricos en operación y/o en construcción.

En el escenario 3, se evidencia la disminución de la sostenibilidad ambiental en el río Paloma por la influencia de los proyectos hidroeléctricos Argelia, Paloma III y Paloma IV. Asimismo, en el escenario 4 se observa que baja la sostenibilidad en el río San Pedro Parte Alta por la presencia de las PCH Pocitos I, Pocitos II y San Pedro.

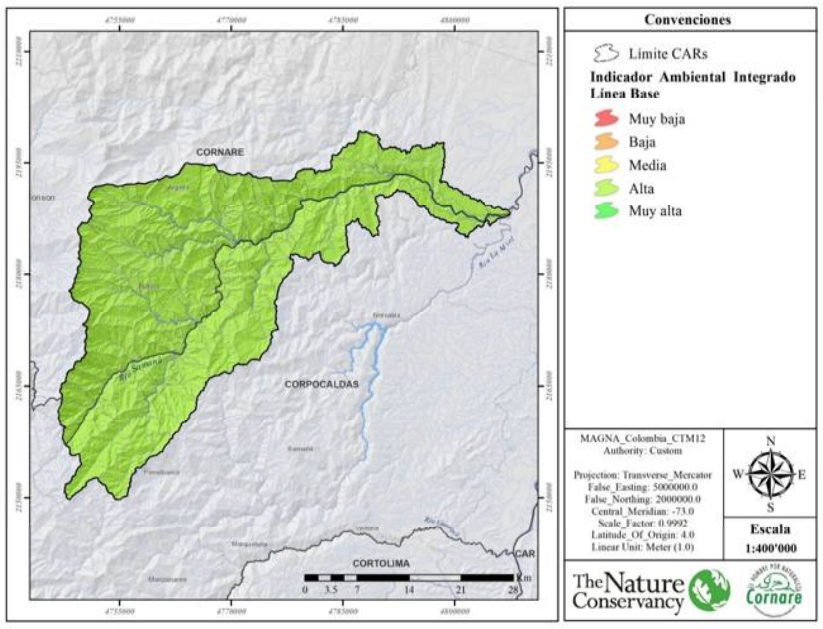
En cuanto al escenario 5, la sostenibilidad ambiental de la Cuenca del río Samaná Sur pasa a ser media en mayor proporción debido a los impactos en la conectividad del sistema fluvial, barreras para el tránsito de especies y demás, por la presencia de los proyectos hidroeléctricos de los escenarios anteriores más las centrales sobre el río Dulce por la acumulación de las PCH Puerto Venus, Río Dulce y Palma Dulce; en el río Samaná Sur por la ubicación de las PCH Samaná Medio y Nuevo Puente.

El escenario 6 por su parte, presentan algunas subcuencas con sostenibilidad ambiental baja ya que se concentran 18 proyectos hidroeléctricos al interior de la cuenca que afecta las condiciones ambientales naturales de la cuenca y por ende sus servicios ecosistémicos.

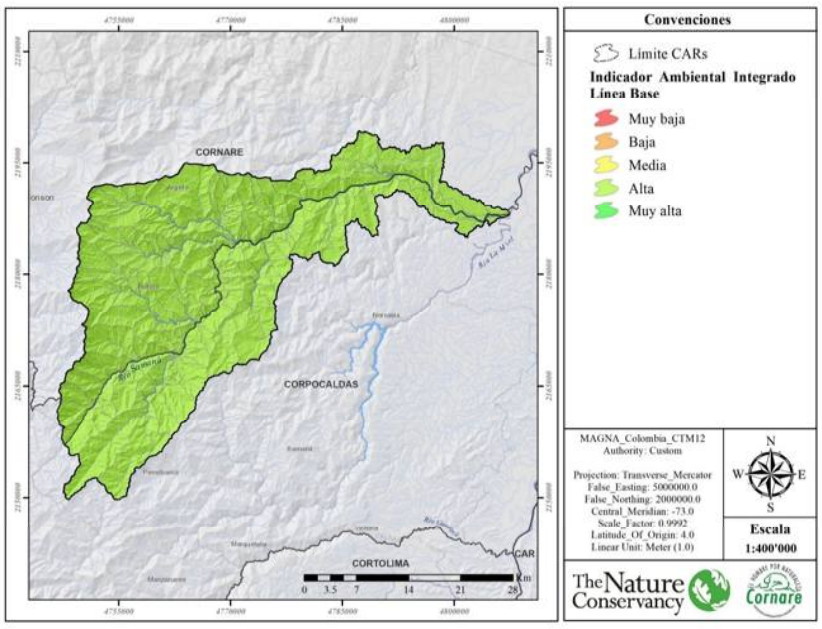
En cuanto a los escenarios 7 y 8 la sostenibilidad ambiental mejora en varias subcuencas NSS-3 de media a alta, se debe a la influencia de 11 y 9 PCH sobre el río Paloma y río San Pedro respectivamente.

Figura 448. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad ambiental a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

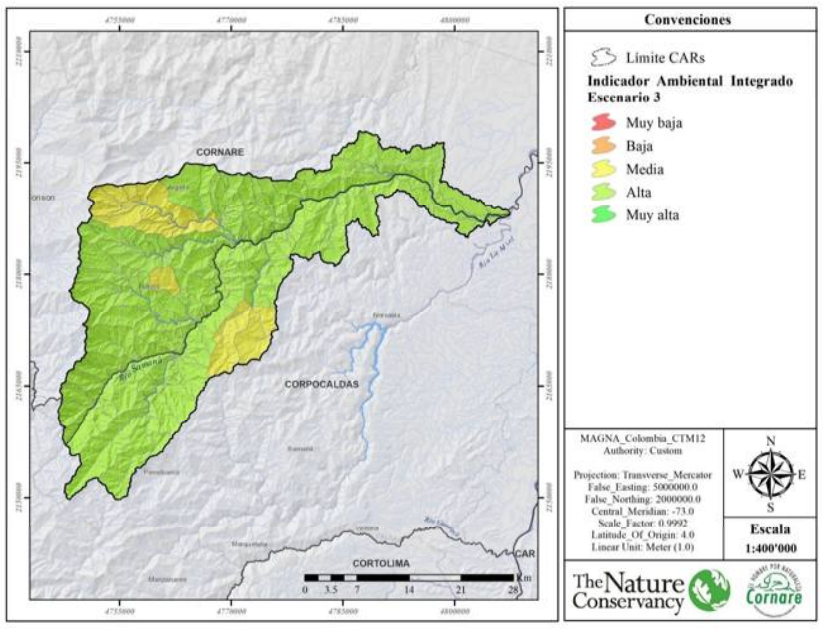
Escenario - 1



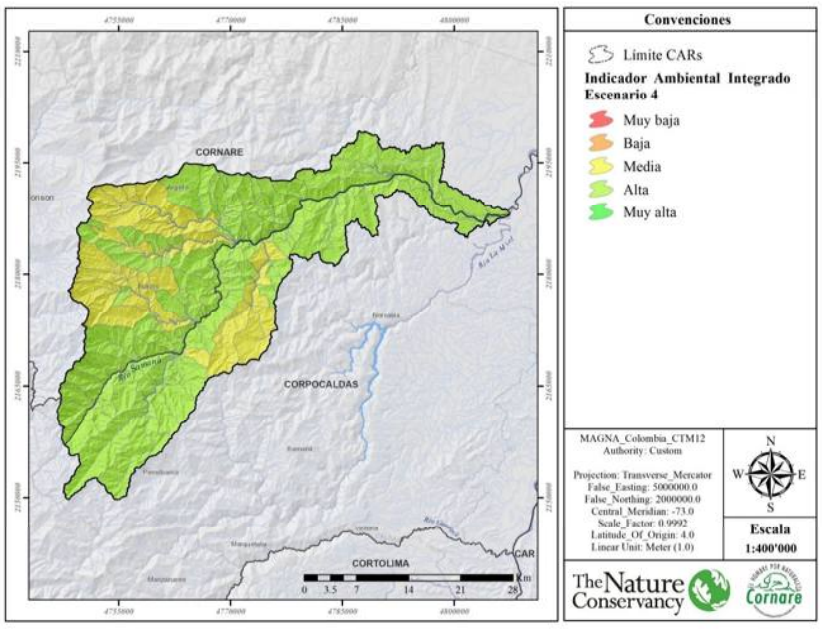
Escenario - 2



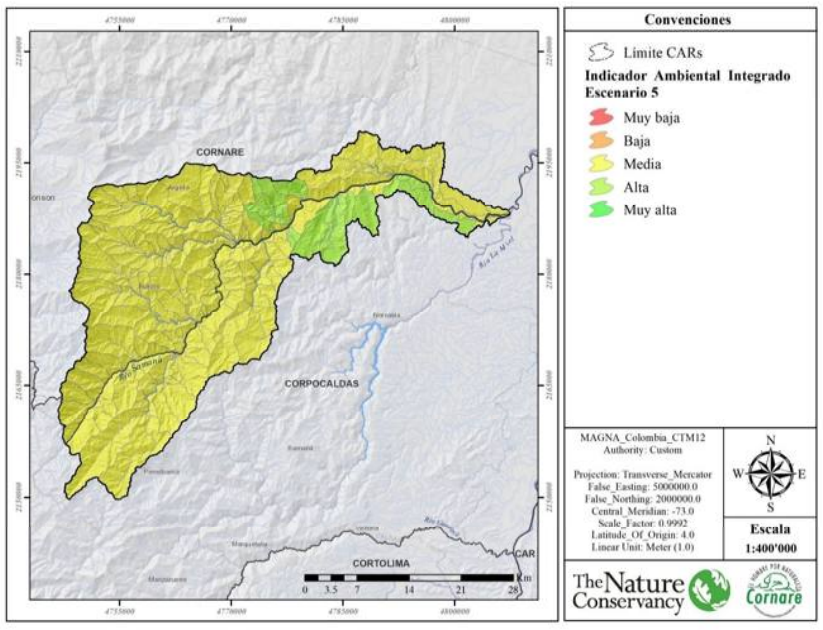
Escenario - 3



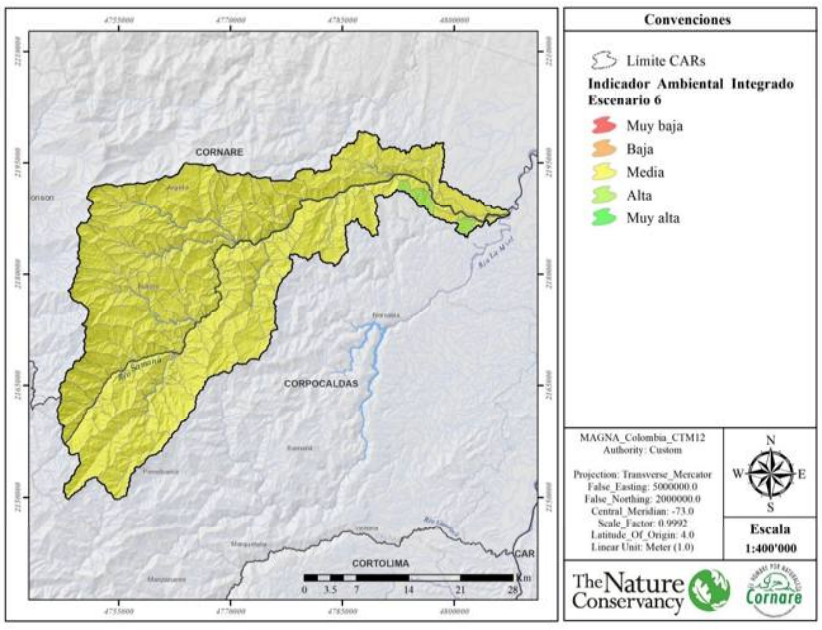
Escenario - 4



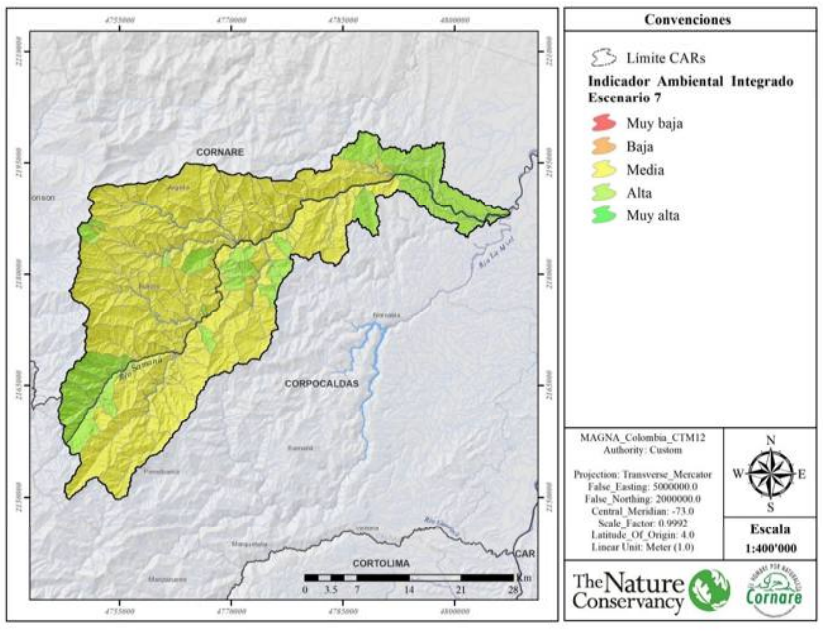
Escenario - 5



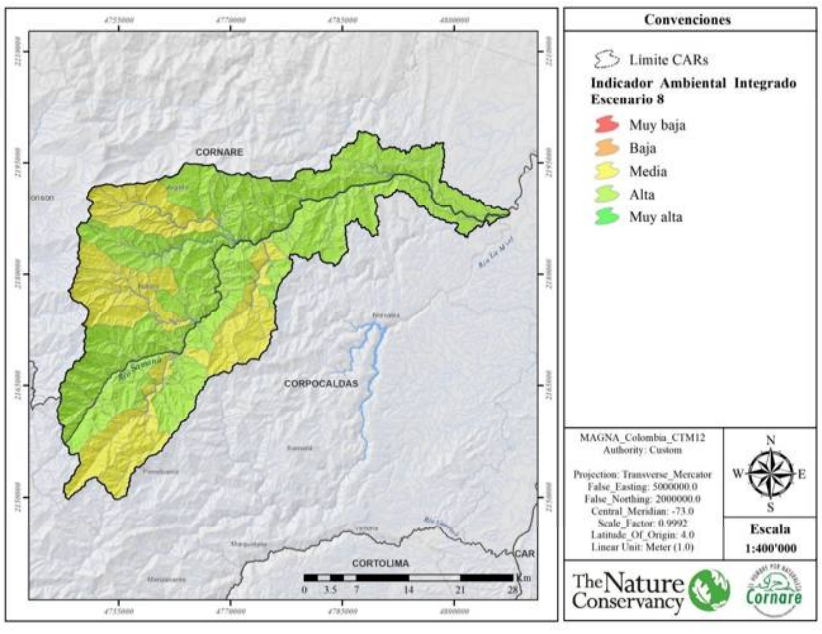
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.5.2 *Subíndice integrado económico*

A modo de síntesis, en la Tabla 210 presenta un resumen de la condición económica para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur. Como se mencionó enteramente, si bien los indicadores económicos aportan positivamente a la sostenibilidad económica de la cuenca, el análisis situacional municipal no da cuenta de este beneficio positivo; en la medida en que los municipios de la cuenca del Samaná Sur presentan altas tasas de pobreza y una situación de inequidad, que en el largo plazo difícilmente será corregida por la presencia de proyectos hidroeléctricos.

Tabla 210. Síntesis indicadoras económicos cuenca Samaná Sur

Escenario	Generación potencial de empleos (etapas de construcción y operación)	Contribución de los empleos generados sobre la PEA	Contribuciones económicas generadas	Contribuciones económicas sobre el PIB municipal	Dinamización de la economía a partir de multiplicadores de leontief	Dinamización de la economía sobre el PIB municipal
Escenario 1	0	0	0	0	0	0
Escenario 2	0	0	0	0	0	0
Escenario 3	420	10,92	6.287.985.252	5,20%	104.539.095.634	84,87%
Escenario 4	576	13,81	10.253.640.465	8,09%	161.718.574.834	125,29%
Escenario 5	670	15,37	28.580.080.781	21,01%	392.881.855.260	284,42%
Escenario 6	800	21	40.460.055.938	30,70%	476.941.229.960	352,96%
Escenario 7	576	13,81	10.253.640.465	8,09%	161.718.574.834	125,29%
Escenario 8	582	13,33	8.641.264.451	6,53%	143.512.078.450	106,73%

*PEA: Población económicamente activa

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC.

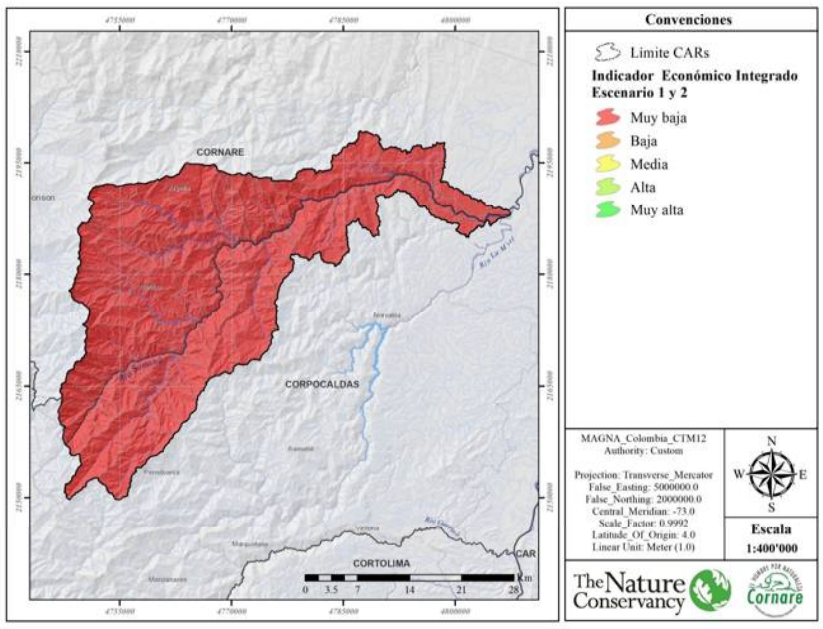
En la Figura 449, se presenta el subíndice integrado económico de la cuenca del río Samaná Sur en los 8 escenarios de análisis considerados. En los escenarios 1 y 2 se observa que la sostenibilidad económica se da en términos muy bajos debido a que los indicadores que integran la dimensión económica se calculan a partir de información de proyectos hidroeléctricos y en este escenario no participa actualmente ninguna PCH en operación y/o en construcción.

A partir del escenario 3, se observa en mayor proporción de la cuenca una sostenibilidad económica media debido a la influencia de proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental, con concesión de agua, en trámite de licencia ambiental, en trámite de concesión de agua, con Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) aprobado, DAA en solicitud y solicitud de estudio vigente; que prospectivamente pueden generar contribuciones y dinamización de la economía en los municipios de Argelia, Nariño, Pensilvania y Samaná. En este orden de ideas, los resultados muestran que, para los escenarios del 3 al 8 la sostenibilidad económica incrementa a una categoría media debido a que se tienen en cuenta los proyectos hidroeléctricos Argelia, Paloma III, Paloma IV, Río Hondo con licencia ambiental, Uvital con concesión de agua, La Rica en trámite de licencia ambiental y, San Julián, Negrito, San Pedro, Pocitos I, Pocitos II con DAA aprobado, Río Dulce con DAA en solicitud; Nuevo Puente, Puerto Venus, Samaná Medio, Palma Negra, Palma Dulce solicitudes de estudio vigentes y GENSA en solicitud de estudio vencida, para una total de 18 PCH; los cuales contribuyen en aspectos de generación de empleos, dinamización de la economía y contribuciones económicas por ley a los municipios donde se encuentran ubicadas. Aunque se observa una mejoría en la sostenibilidad económica de la cuenca en este escenario, se debe tener en cuenta que los municipios de la cuenca del Samaná Sur presentan altas tasas de pobreza y una situación de

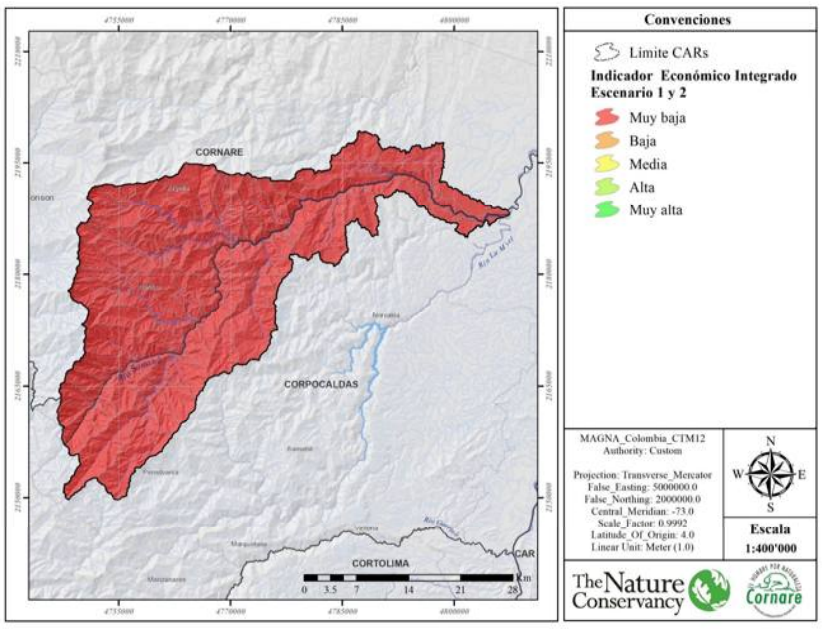
inequidad de acuerdo al análisis situacional de la cuenca en el Diagnóstico (Cornare & TNC, 2021b), que en el largo plazo difícilmente será corregida por la presencia de proyectos hidroeléctricos.

Figura 449. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad económica a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

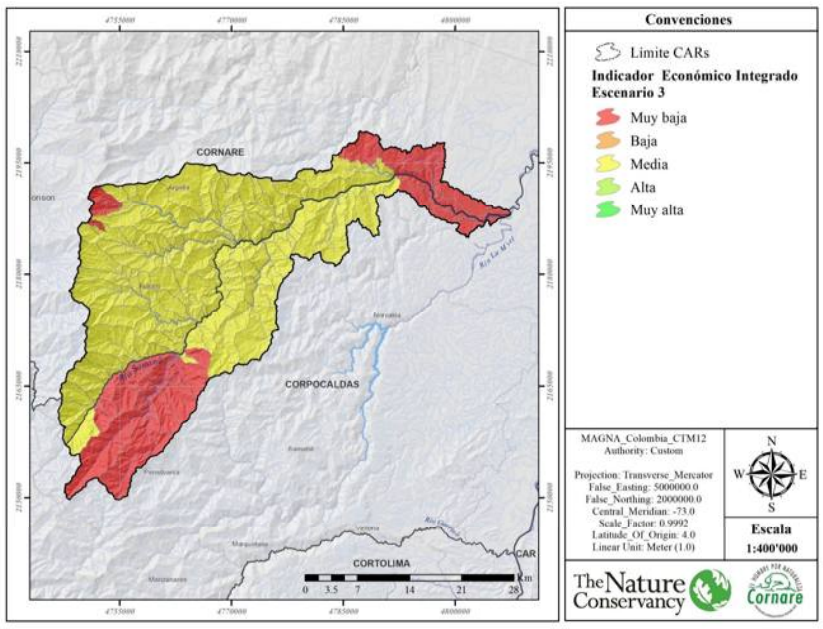
Escenario - 1



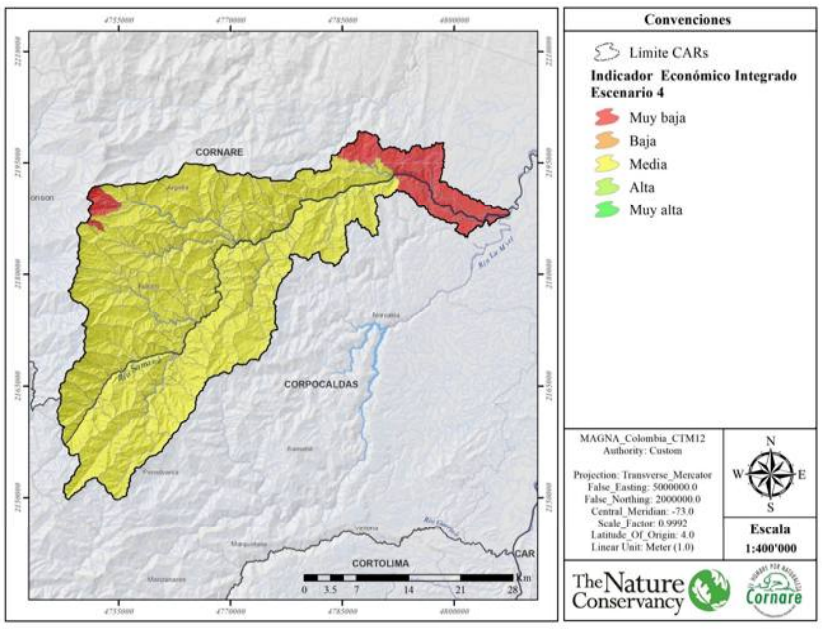
Escenario - 2



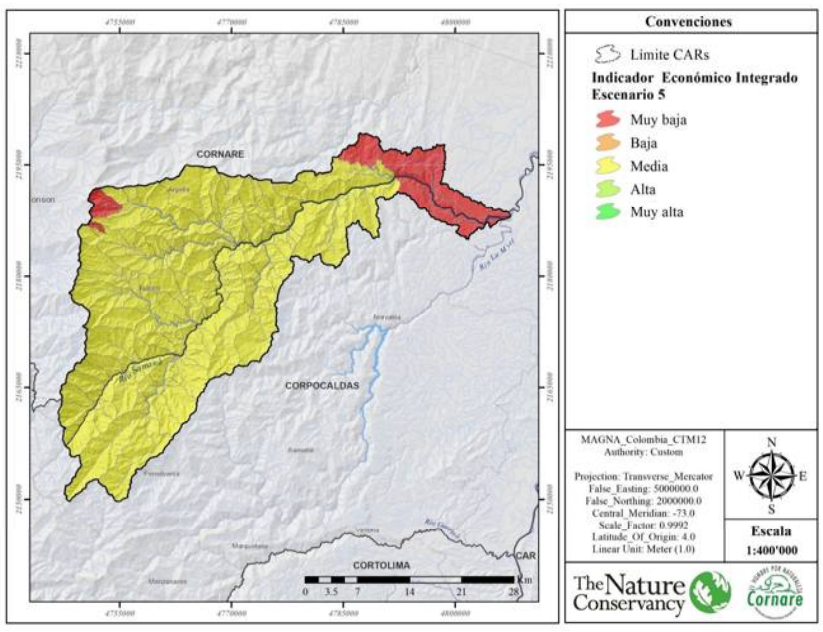
Escenario - 3



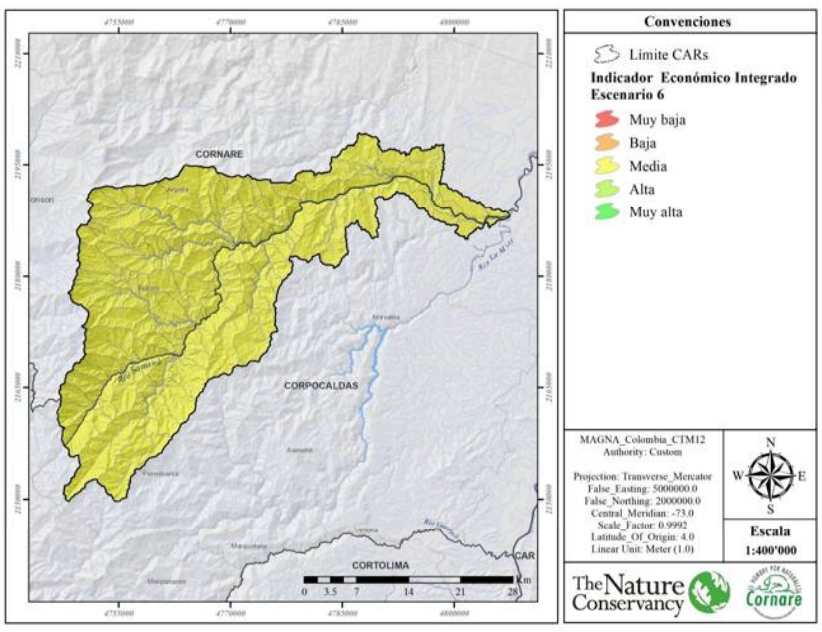
Escenario - 4



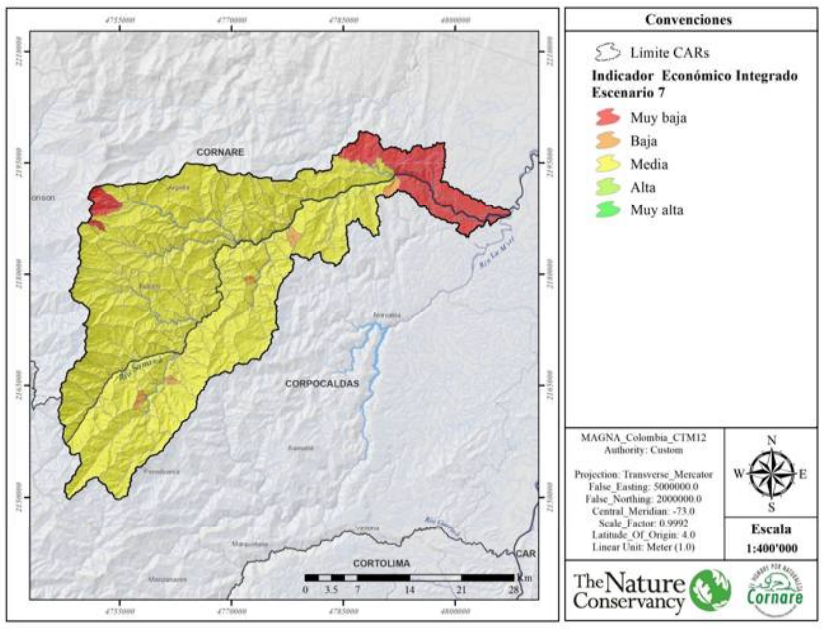
Escenario - 5



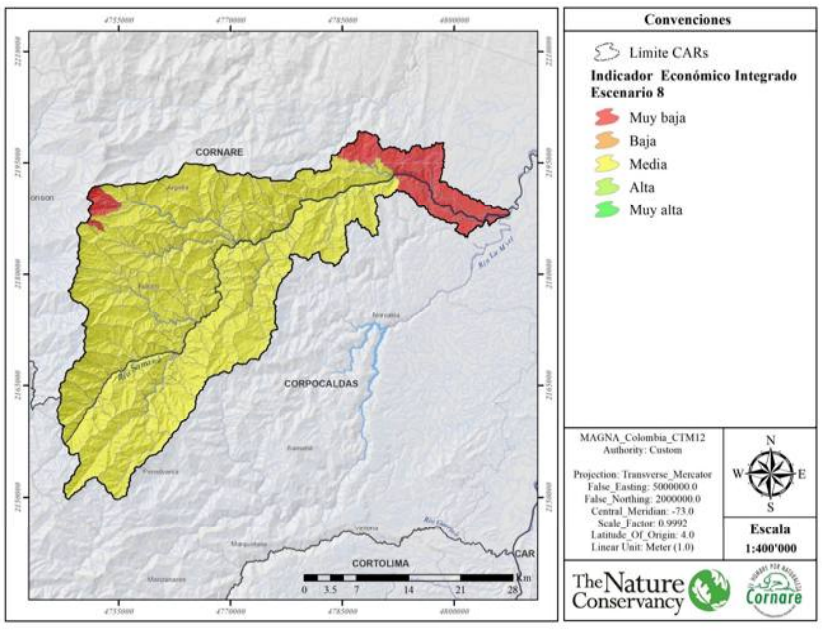
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.5.3 *Subíndice integrado social*

En la Figura 411 se presenta el subíndice sostenibilidad social de la cuenca del río Samaná Sur para los 8 escenarios de análisis considerados. Se observa que en los escenarios 1 y 2, la sostenibilidad social se encuentra en su mayoría en categoría media, teniendo en cuenta que su evaluación fue a partir de los indicadores de pobreza multidimensional, pobreza de ingreso y bienestar social se realizan a partir de información de los municipios de la cuenca. Sin embargo, a partir del escenario 3 baja la sostenibilidad social a categoría baja y media en algunas subcuencas NSS-3 debido a los proyectos hidroeléctricos que se tiene en cuenta como Argelia, Paloma III, Paloma IV, Río Hondo y Uvital.

En los escenarios 4 al 8, se observa que la cuenca a comparación del escenario 1 al 3 muestra valores de sostenibilidad social baja, media y alta. Los resultados anteriores permiten realizar análisis desde cada indicador que compone la dimensión social, de esta forma, el indicador de bienestar social que a partir de datos municipales valora las condiciones de vida de las personas que habitan en la cuenca, tomó valores entre 42,91 (menor) y 66,10, (mayor), con una media para la cuenca de 51,83, como lo muestra la Tabla 202 y la Figura 451.

Tabla 211. Indicador de bienestar en municipios de la Cuenca del río Samaná Sur

Municipio	indicador municipal
Sonsón	66,10
Argelia	49,35
Nariño	64,39
Norcasia	45,10
Samaná	42,91
Pensilvania	43,17
Cuenca	51,83

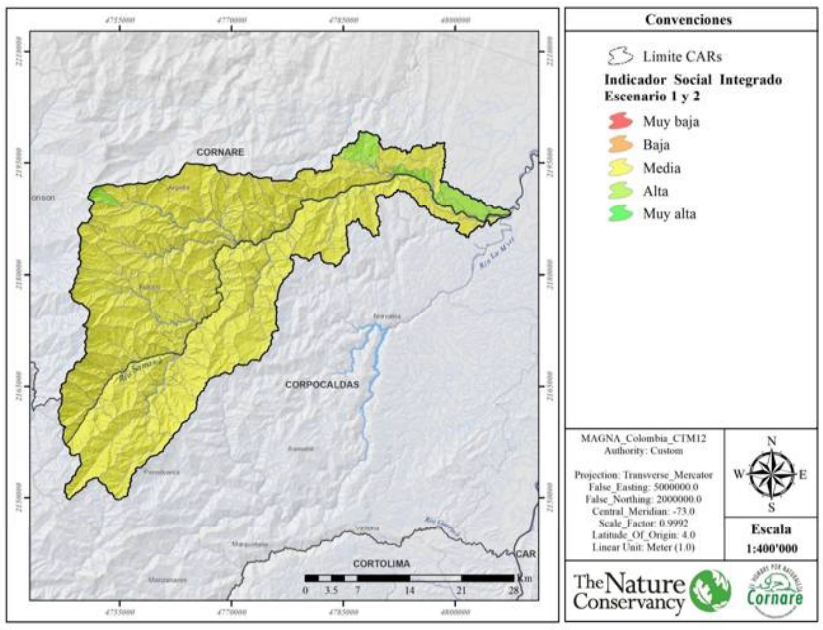
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Por encima de la media se encuentran los municipios de Nariño y Sonsón, este último con el indicador de bienestar más alto, mientras que los municipios con indicador más bajo son Samaná y Pensilvania. Llama la atención el valor del indicador de 49,35 para el municipio de Argelia, por encontrarse seis puntos por debajo del de Nariño, aun cuando la mayoría de las variables presentan datos más favorables que la media de la cuenca. La explicación se encuentra en el valor de la variable recreación, que presenta sesgo debido a la insuficiencia de datos respecto a los metros cuadrados de espacios para el disfrute de la naturaleza por habitante, en este municipio.

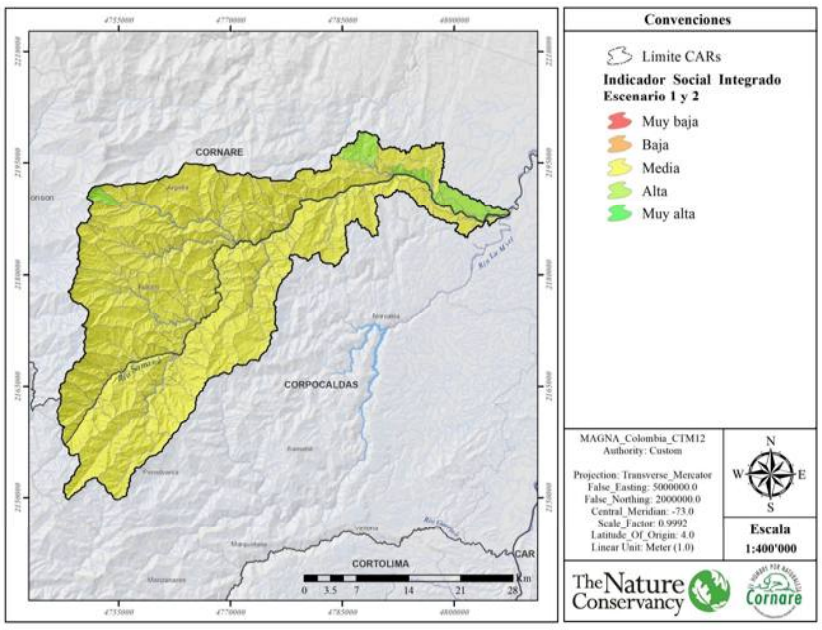
La insuficiencia en saneamiento de aguas residuales y acceso a servicios de telecomunicación, y los altos valores en cuento al déficit cualitativo de vivienda y la tasa de analfabetismo son las variables que más afectan el indicador de bienestar; mientras que las variables organización comunitaria y afiliación a régimen de salud son las de mejor comportamiento dentro del indicador. Es de resaltar que la insuficiencia de datos para calcular la variable recreación afectó su cálculo hacia la baja.

Figura 450. Distribución espacial del subíndice integrado de sostenibilidad social a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

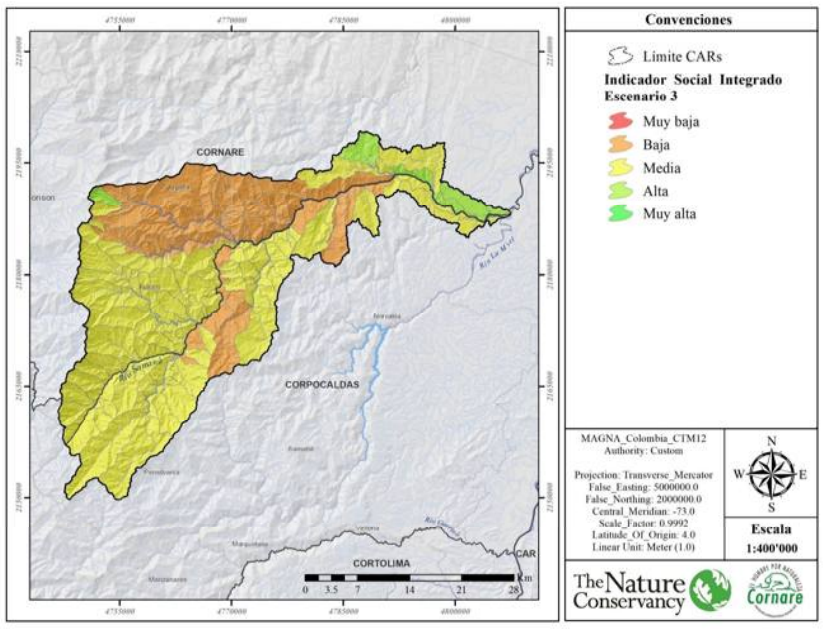
Escenario - 1



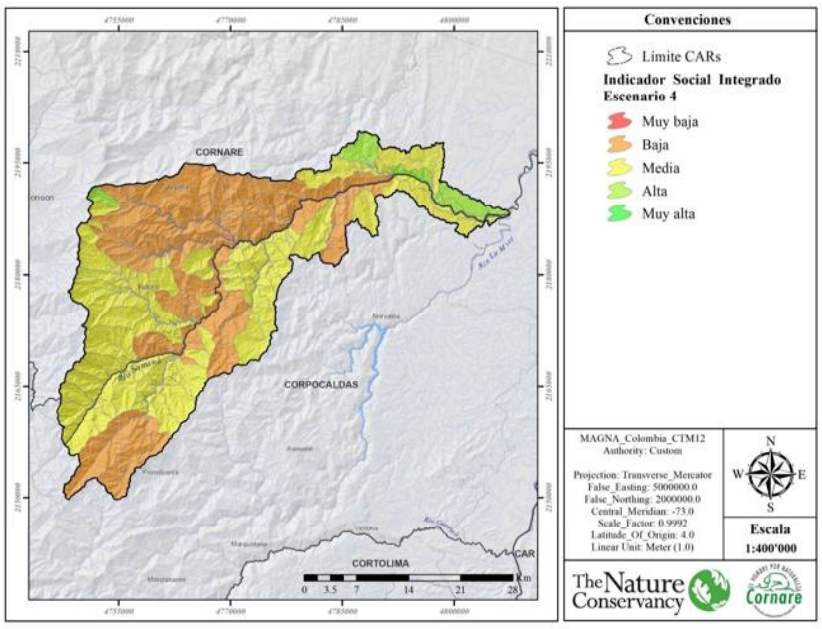
Escenario - 2



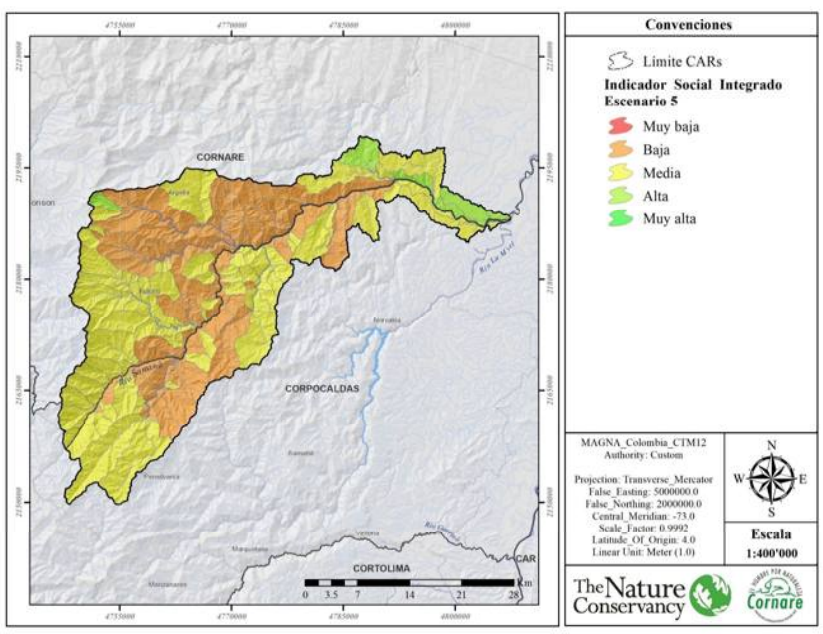
Escenario - 3



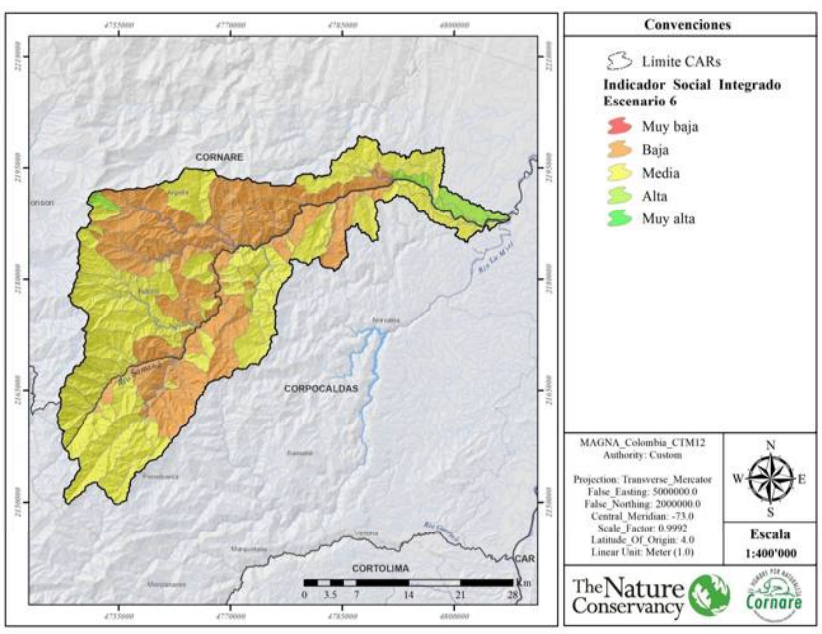
Escenario - 4



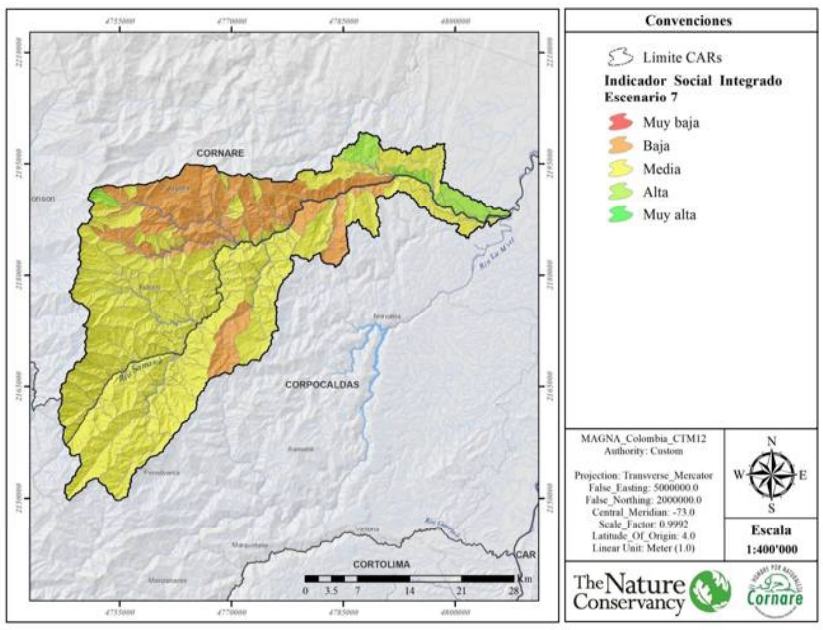
Escenario - 5



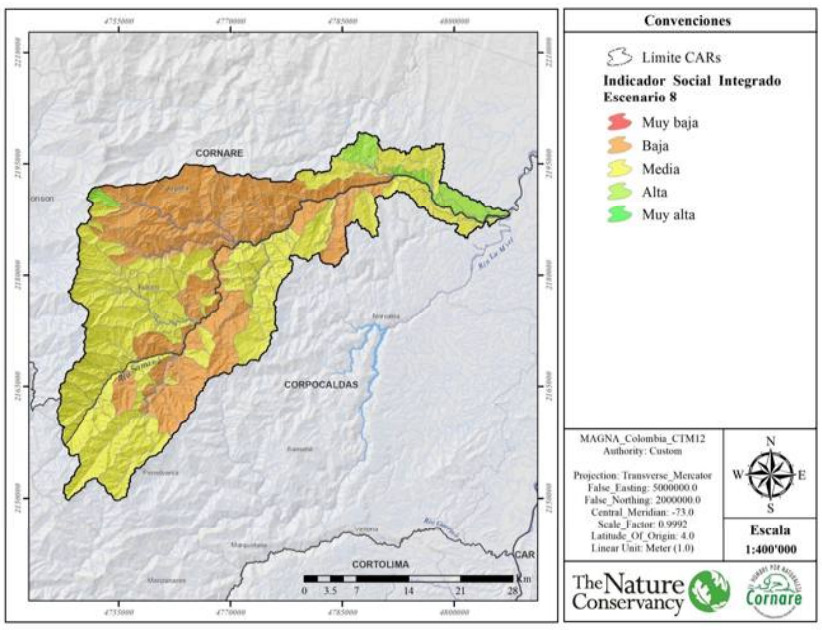
Escenario - 6



Escenario - 7

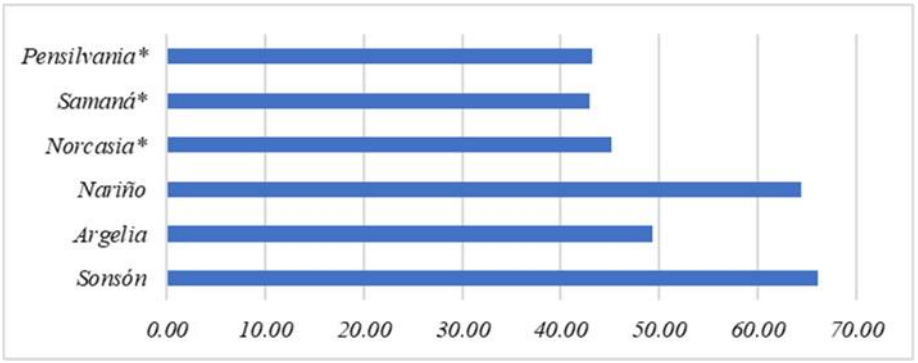


Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

Figura 451. Comparativo indicador de bienestar en municipios de la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En cuanto al indicador del retorno social del inversión (SROI) a medida que en los escenarios se presentan más proyectos hidroeléctricos incrementan los valores debido a las contribuciones a los municipios en donde se ubican, sin embargo, conceptualmente el indicador pretende determinar los impactos de los proyectos mediante una serie de etapas, análisis y participación de diferentes actores y revisiones de información confiable y detallada de los insumos, desarrollo y resultados de sus actividades frente a la inversión social, por lo tanto, en este estudio debido a la disponibilidad de información no fue posible realizar cada una de las etapas y metodología propuesta por Nicholls et al. (2012), para el análisis detallado de la gestión de los proyectos hidroeléctricos teniendo en cuenta los actores relacionados, las actividades y sus impactos en la población. De esta forma, aunque el SROI indica incrementos en algunos escenarios, los valores no son significativos y no se tiene en cuenta el verdadero impacto en la dimensión social y por ende en el mejoramiento de la sostenibilidad en la cuenca del río Samaná Sur.

Por otro lado, al analizar de forma integrada el cálculo del indicador beta para cada escenario en la cuenca del río Samaná Sur, se obtuvieron valores del indicador mayores para los escenarios con más proyectos que para los escenarios con pocos proyectos o ninguno. En el escenario línea base se obtuvo un valor promedio de 0,18 del indicador beta, cabe aclarar que no hay proyectos en operación ni en construcción en la cuenca del río Samaná Sur. Mientras que en el Escenario 6 donde se ubican un total de 18 proyectos el valor promedio del indicador es de 0,20.

Aunque no se observa un aumento en el valor del indicador de conectividad en los escenarios de análisis, los resultados indican que la construcción o aprobación de estos proyectos hidroeléctricos contribuyen a la conectividad debido a que deben construir y/o adecuar vías para en la fase de construcción para llevar a cabo la operación de las PCH, lo que podría beneficiar a los habitantes del área de influencia que dichas vías pueden acercar y/o conectar a los centros poblados. Sin embargo, no se traduce en una mejora de la sostenibilidad social de la cuenca, ya que no se cuenta con información específica de las proyecciones de las vías o posibles adecuaciones a las ya existentes, asimismo, el mantenimiento y manejo de las vías serían vigiladas por las PCH durante su vida útil y posteriormente pasarían a la administración de los municipios.

17.6 Índice de sostenibilidad Integrado

En la Figura 452 se presenta el resultado del índice de sostenibilidad integrado para los 8 escenario de análisis considerados para la cuenca del río Samaná Sur, categorizado de acuerdo con los rangos definidos en la Tabla 191.

Como se mencionó en el numeral 14.3 y 17.3, la cuenca del río Samaná Sur no presentan proyectos hidroeléctricos en operación y/o en construcción (escenario 1 y 2). Esto da lugar a que la cuenca del río Samaná Sur exhiba valores de sostenibilidad entre la categoría media y alta. Dicha condición es coherente tomando en cuenta que, bajo estos 2 escenarios, la conectividad fluvial no se encuentra fragmentada, por ende, los procesos que desarrolla la fauna íctica no se encuentran alterados, no presenta tramos de río que estén regulados (caudales) ni tampoco alteraciones en la dinámica de sedimentos. Ahora bien, los valores de sostenibilidad media se explican por la presencia de obras civiles como vías principales, puentes, adecuaciones del terreno y demás, asimismo, al no presentar proyectos hidroeléctricos la dimensión económica no contribuye en la sostenibilidad integrada.

A partir del escenario 3, la sostenibilidad de la cuenca se mantiene entre media y baja y en algunas subcuencas con sostenibilidad alta. El escenario 3 lo configuran los siguientes proyectos hidroeléctricos: Argelia, Paloma III, Paloma IV, Río Hondo con licencia ambiental, Uvital con concesión de agua; para un total de 5 PCH al interior de la cuenca del río Samaná Sur. Bajo esta condición, los resultados muestran en comparación con los escenarios 1 y 2, aparecen unidades NSS-3 con sostenibilidad baja, específicamente en las zonas donde se ubican los proyectos, pues generan alteraciones las condiciones ambientales del cauce, alteraciones al flujo, barreras y demás.

El escenario 4 se encuentra compuesto por proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental como lo son Argelia, Paloma III, Paloma IV, Río Hondo; con concesión de agua como lo es Uvital; con proceso de trámite de licencia ambiental como lo es La Rica y proyectos con diagnóstico ambiental de alternativas aprobado (DAA) como lo son San Julián, Negrito, San Pedro, Pocitos I, Pocitos II, para un total de 11 proyectos hidroeléctricos al interior de la Cuenca del río Samaná Sur. El escenario 5, lo configuran estos mismos proyectos más las solicitudes de estudio vigente como lo son Nuevo Puente, Puerto Venus, Samaná Medio, Palma Negra, Palma Dulce. Bajo estos dos escenarios, se observa que la sostenibilidad de la cuenca se encuentra entre media baja. Se evidencian cambios drásticos en las unidades NSS-3 que configuran los ríos Dulce y Hondo, puesto que en los escenarios 1 y 2 presentaban sostenibilidad alta, mientras que en estos dos escenarios la sostenibilidad paso a ser media.

De acuerdo con Cornare (2021), el escenario 6 es considerado como un escenario crítico que conlleva a una saturación de la cuenca por la alta presencia de proyectos en cualquiera de sus tres componentes (abiótico, biótico y socioeconómico). En total, este escenario lo configuran 18 proyectos (ver Tabla 163), los cuales generan que la condición de sostenibilidad en la mayor parte de la cuenca sea media y en las unidades NSS-3 donde existe presencia de proyectos hidroeléctrico sea baja. Lo anterior se explica por las alteraciones que generan los proyectos en la dinámica hídrica, la erosión de las laderas y la pérdida de la conectividad fluvial, impactos que en la condición actual no se presentan.

De acuerdo con Cornare (2021), el escenario 7 es considerado como un escenario acorde con la situación actual de las cuencas en términos de la demanda efectiva del recurso hídrico en el

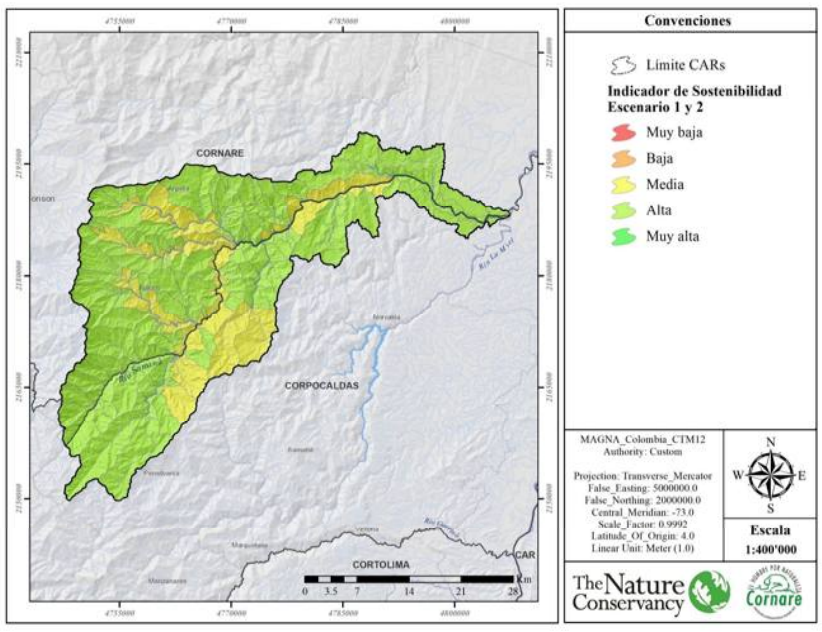
territorio. En este orden de ideas, se consideran los proyectos que actualmente cuentan con licencia ambiental aprobada, proyectos que ya se encuentran en construcción u operación, licencias en trámite y Diagnósticos Ambientales de Alternativas que ya fueron aprobados y, por tanto, han cumplido el primer requisito con base en la normativa colombiana, con el fin de proceder al respectivo trámite de licencia ambiental. Corresponde a las PCH Argelia, Paloma III, Paloma IV, Río Hondo con licencia ambiental, Uvital con concesión de agua, La Rica en trámite de licencia ambiental y, San Julián, Negrito, San Pedro, Pocitos I, Pocitos II con DAA aprobado; para un total de 11 PCH al interior de la Cuenca del río Samaná Sur. Para este escenario, se observa que la sostenibilidad en mayor proporción es media y se concentran proyectos hidroeléctricos.

Por último, el escenario que según Cornare (2021) se propone con base en el Atlas de Potencial Hidroenergético de Colombia (UPME, 2015). Esto con el fin de articular el potencial hidroenergético de las cuencas con la presencia actual y futura de los proyectos en el territorio. El potencial hidroenergético de la cuenca Samaná Sur oscila entre 100 MW a 200 MW, es decir, un total de 9 proyectos en promedio que permita generar los MW potenciales de la cuenca. Los proyectos hidroeléctricos de este escenario que contribuyen al potencial hidroenergético de la cuenca son: Argelia, Paloma III, Paloma IV, Uvital, La Rica, Pocitos I, Pocitos II, Río Hondo y Río Dulce. Es este escenario se observa que la sostenibilidad en su mayoría es media.

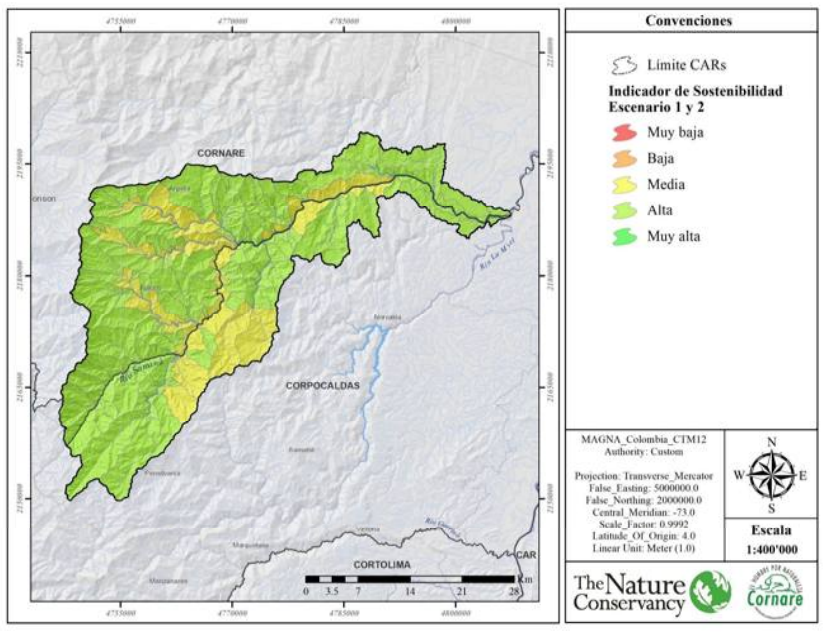
En el Anexo - Fase III - 9 se consolidan para todas las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Sur, los valores del índice de sostenibilidad integrado. En el Anexo - Fase III - 8 se disponen las memorias de cálculo de este indicador. Adicionalmente, en el Anexo - Fase III - 1 pueden consultarse los archivos espaciales.

Figura 452. Distribución espacial del índice de sostenibilidad integrado a nivel de unidad NSS-3 para los 8 escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur

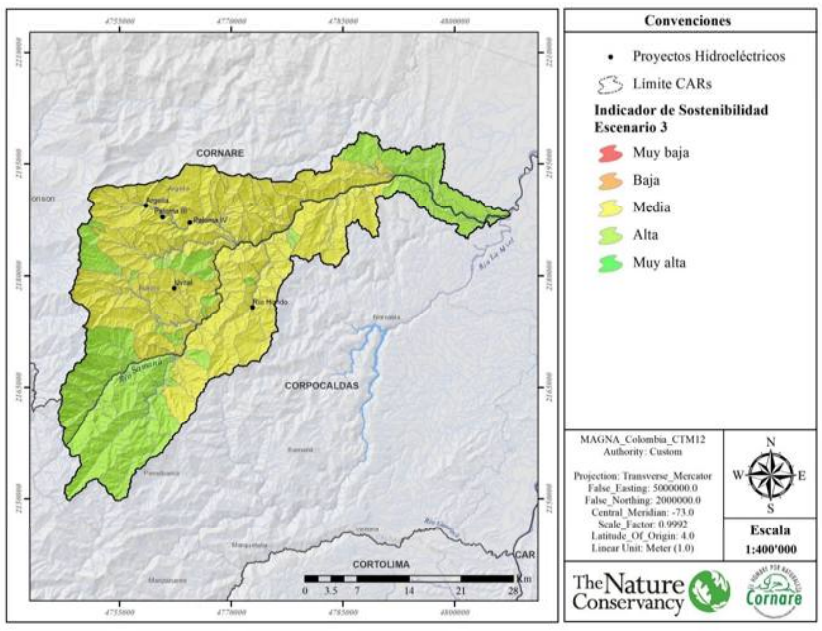
Escenario - 1



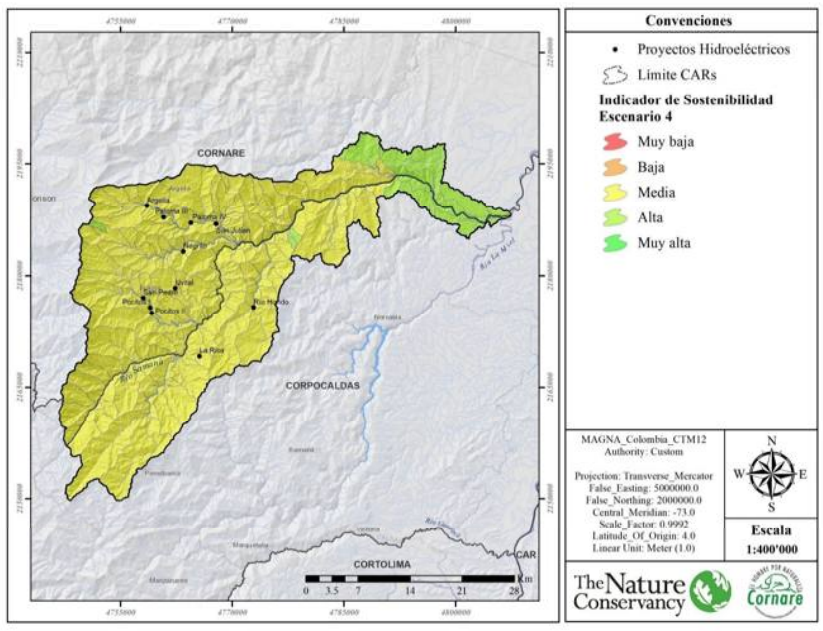
Escenario - 2



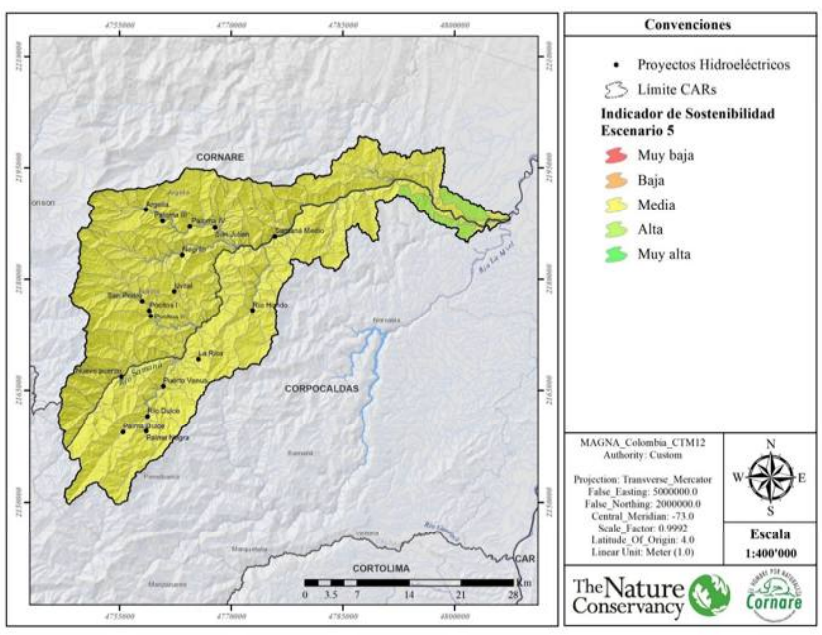
Escenario - 3



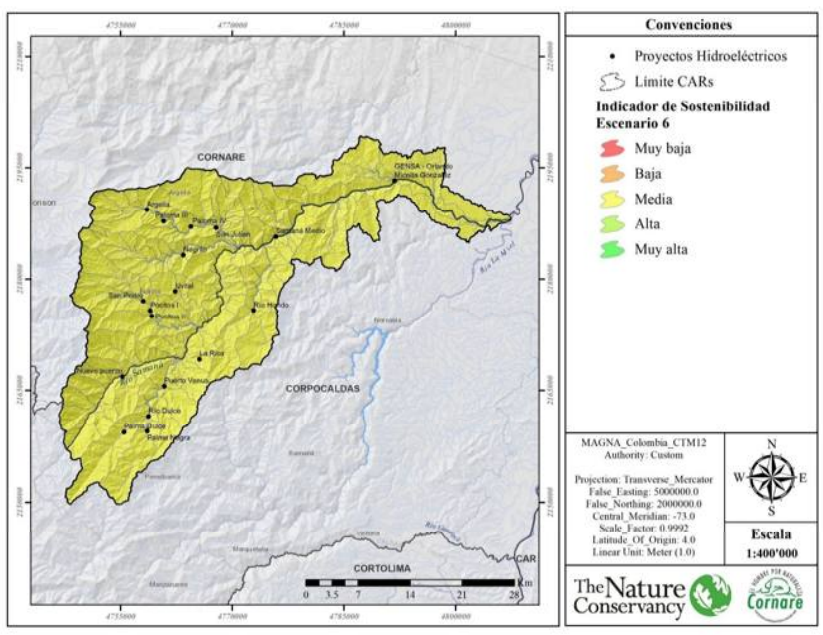
Escenario - 4



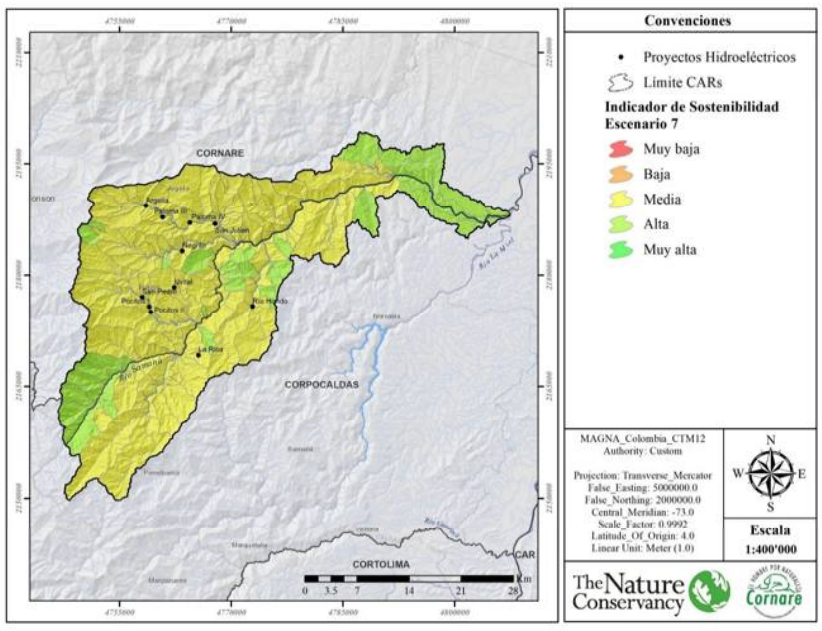
Escenario - 5



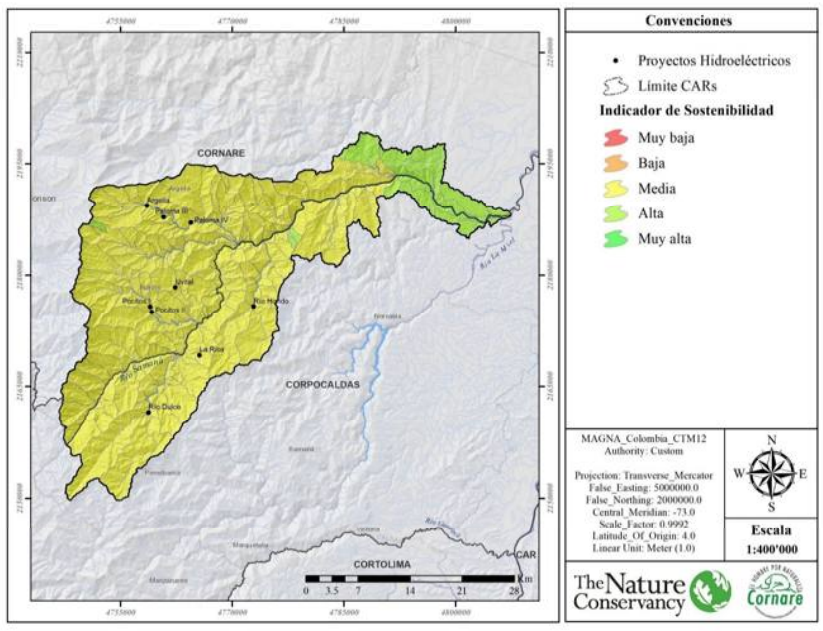
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8

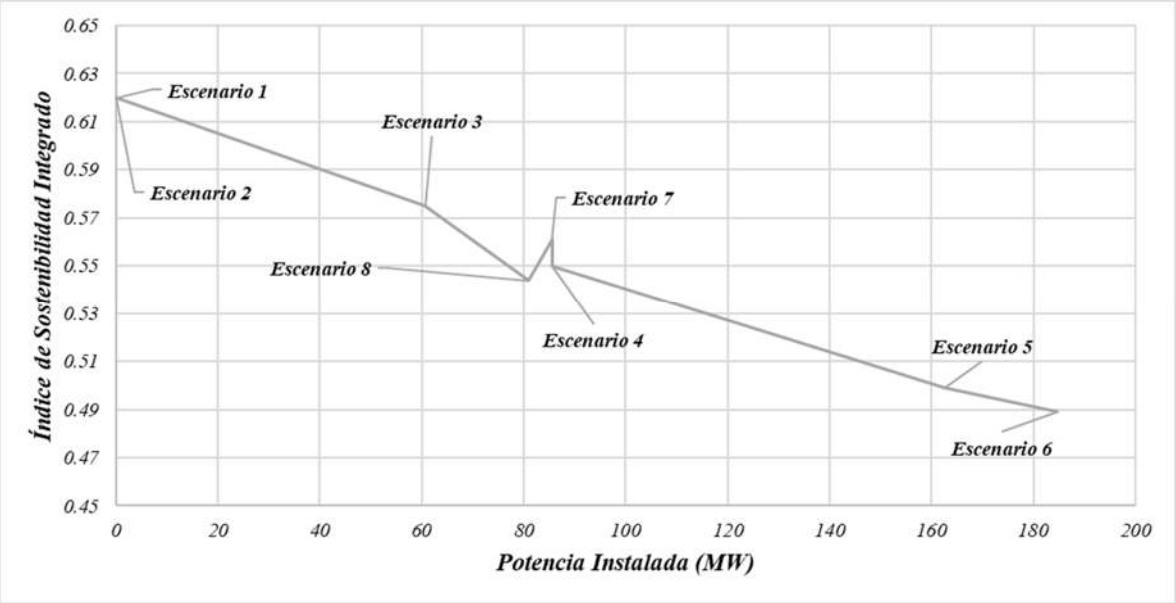


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

17.7 Límites de sostenibilidad

En conformidad con lo descrito en el numeral 14.8. A continuación, se presenta la curva de sostenibilidad para la cuenca del río Samaná Sur.

Figura 453. Índice de Sostenibilidad Integrado vs Potencia de la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Como se observa en la Figura 453, en los escenarios 1 y 2 la sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Sur se encuentra en 0,62. Es decir que si no se desarrollan proyectos hidroeléctricos (actualmente no existen proyectos ni en construcción ni en operación al interior de la cuenca) y además se adelantan iniciativas para mejorar las condiciones ambientales, económicas y sociales, la sostenibilidad de la cuenca tendería a valores altos de sostenibilidad. Por el contrario, si presentan desarrollos como los planteado en el escenario 3, la sostenibilidad de la cuenca tiende a disminuir en un 7,38% respecto al escenario 1 Ahora bien, si se considera la configuración de proyectos de los escenarios 4 al 8, la sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Sur tendería a disminuir, pudiendo llegar a valores de 0,49 (escenario 6) lo que establece una reducción del 21,1% en la sostenibilidad respecto al escenario 1. Lo anterior, se explica en gran medida por los impactos a nivel ambiental que exhiben los indicadores considerados para este estudio (ver numeral 17.4.1). Estos resultados muestran que, el aumento en los impactos que generan los proyectos hidroeléctricos tiende a disminuir la sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Sur. Bajo el esquema de análisis propuesto, los valores de sostenibilidad a aquí presentados corresponden a una condición en la cual todos los proyectos hidroeléctricos que configuran un escenario se encuentran construidos y operando, así como los impactos que generan, se encuentran totalmente desarrollados. Es decir que, la trayectoria en términos de sostenibilidad que siga la cuenca para llegar a estos escenarios dependerá en gran media de la manera en la cual los proyectos comiencen a operar al interior de la cuenca y de la magnitud de los impactos que generen en cada una de las dimensiones de análisis. Un claro ejemplo de esto se puede ver en los valores de los escenarios 4, 7 y 8.

Las curvas de sostenibilidad no solo fueron construidas a nivel de toda la cuenca del río Samaná Sur, sino que también se construyeron para las unidades de nivel subsiguiente 2 (NSS-2) (ver Figura 454) y nivel subsiguiente 3 (NSS-3) que componen dicha cueca. Lo anterior, posibilita el hecho de poder realizar análisis no solo de manera focalizada por unidad, sino que también permite realizar análisis multiescalares, en los cuales es posible comparar en términos de sostenibilidad, cual es la incidencia que tiene una unidad NSS-3, en la unidad NSS-2 que la contiene. En línea con lo anterior, se construyeron los diagramas de sostenibilidad multiescalar para la cuenca del río Samaná Sur, los cuales se presentan en la Figura 455.

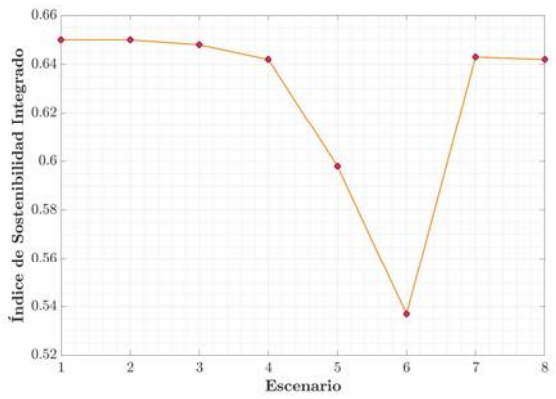
Los diagramas 2D presentados en la Figura 455, constituyen una poderosa herramienta para la toma de decisiones en términos de sostenibilidad, pues, permite identificar que unidades en un nivel NSS-3 podrían intervenirse de acuerdo con sus valores de sostenibilidad y como estas contribuirían al mejoramiento de la sostenibilidad en unidades NSS-2. El tipo de acciones a desarrollar es otra de las cosas que podrían definirse con este tipo de esquemas.

A nivel general, la visual que generan los resultados presentados en los diagramas 2D dejan ver que, unidades NSS-2 que se componen de unidades NSS-3 con buenos valores de sostenibilidad, la nube de puntos en el diagrama se concentra en el cuadrante superior derecho. No obstante, unidades de nivel NSS-2 que contiene pocas unidades NSS-3 con valores bajos de sostenibilidad, presentan una atenuada afectación en términos de sostenibilidad (la nube de puntos en el diagrama se concentra en los 2 cuadrantes superiores y algunos puntos se dispersan hacia la izquierda) (caso de los escenarios 1 y 2). Por otra parte, unidades NSS-2 que se componen de muchas unidades cuya sostenibilidad es bajo, presentan afectaciones marcadas en la sostenibilidad (la nube de puntos en el diagrama tiende a concentrarse en los 2 cuadrantes inferiores; las unidades con las mayores afectaciones se dispersan hacia la izquierda parte inferior) (caso de los escenarios 3 al 8).

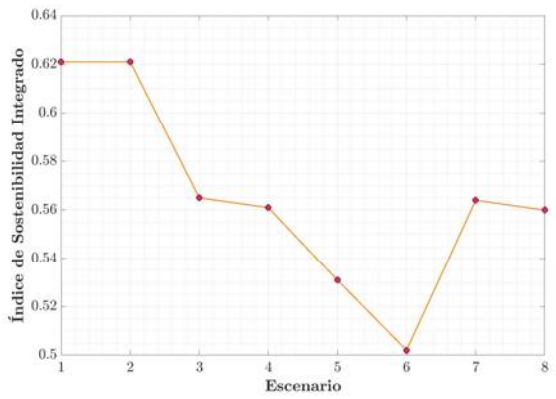
En el Anexo - Fase III - 10 se disponen para todas las unidades NSS-3 y NSS-2 que componen la cuenca del río Samaná Sur, las curvas de sostenibilidad.

Figura 454. Curvas de sostenibilidad para las unidades de nivel subsiguiente NSS-2 de la cuenca del río Samaná Sur

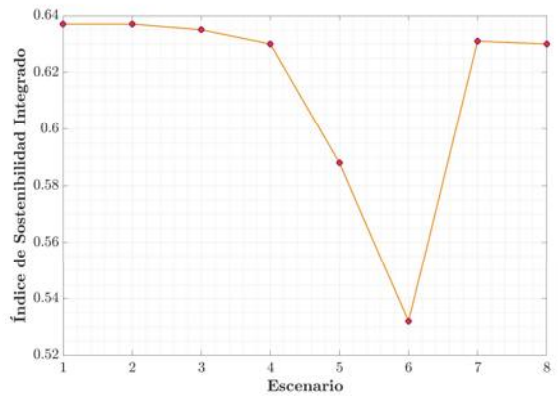
Unidad NSS-2 - 23050101



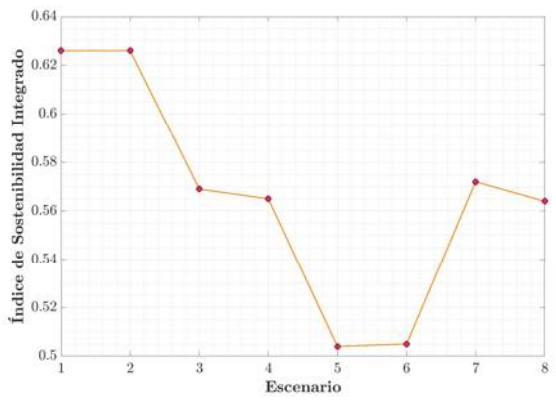
Unidad NSS-2 - 23050102



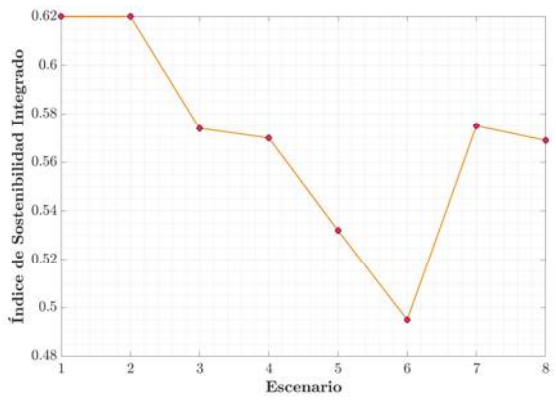
Unidad NSS-2 - 23050103



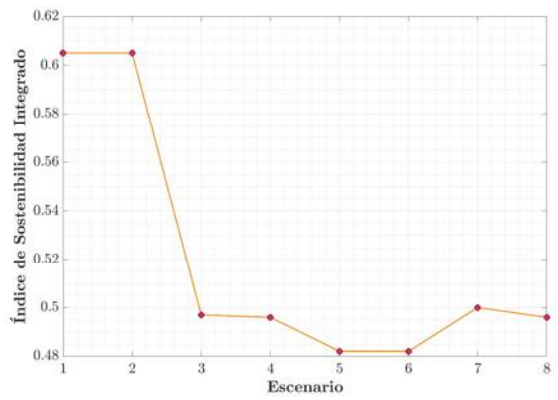
Unidad NSS-2 - 23050104



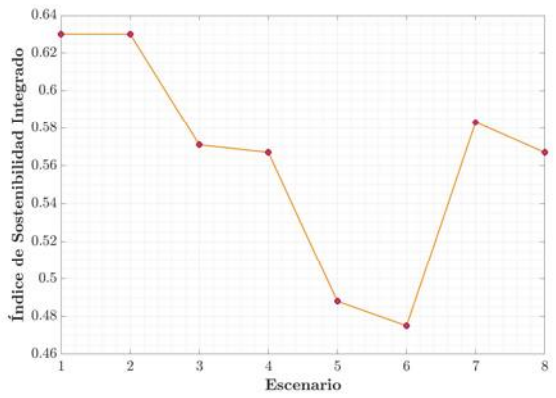
Unidad NSS-2 - 23050105



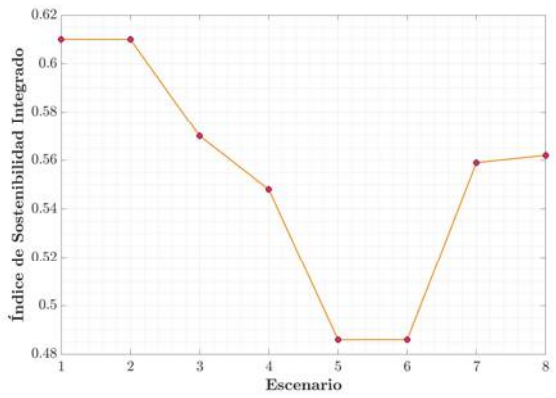
Unidad NSS-2 - 23050106



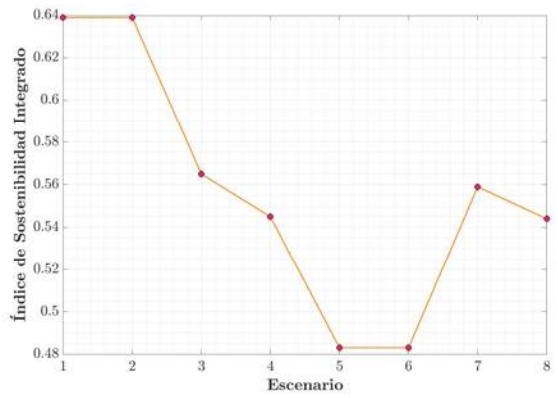
Unidad NSS-2 - 23050107



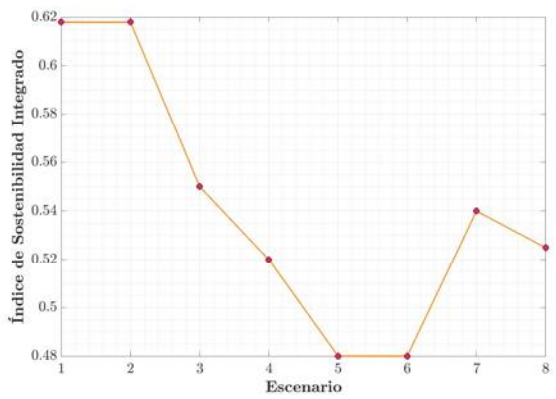
Unidad NSS-2 - 23050108



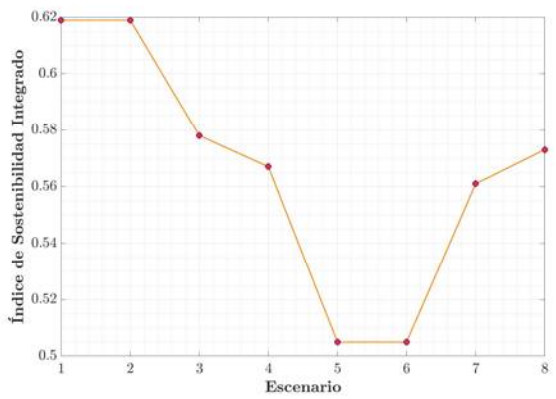
Unidad NSS-2 - 23050109



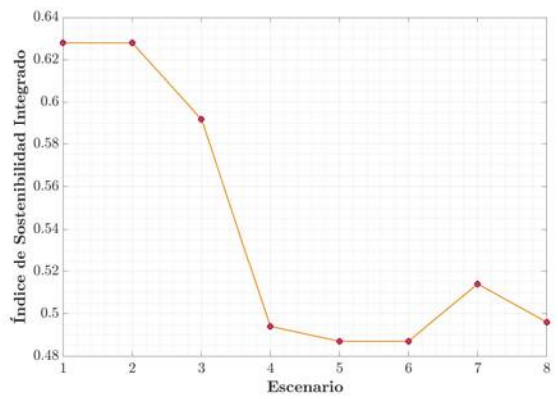
Unidad NSS-2 - 23050110



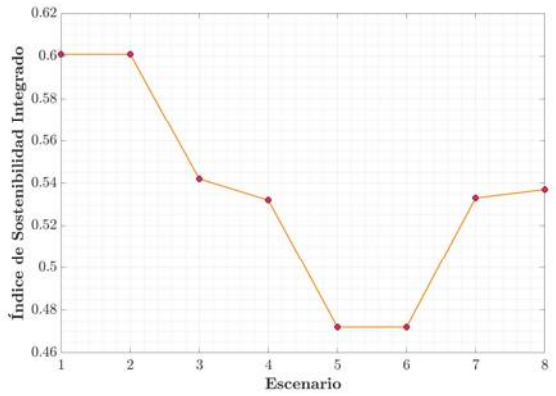
Unidad NSS-2 - 23050111



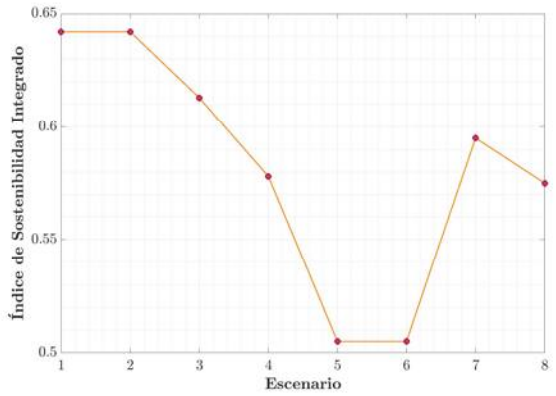
Unidad NSS-2 - 23050112



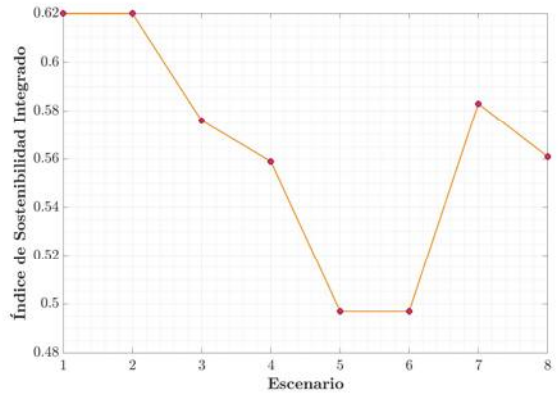
Unidad NSS-2 - 23050113



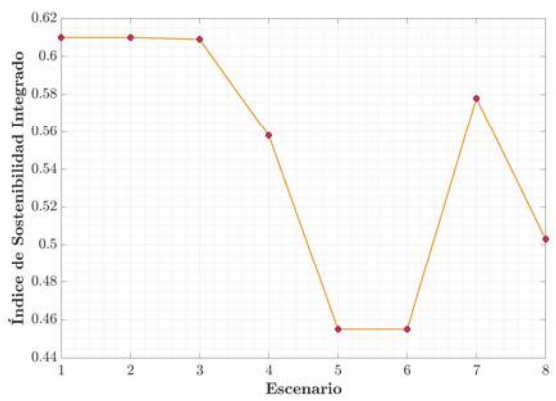
Unidad NSS-2 - 23050114



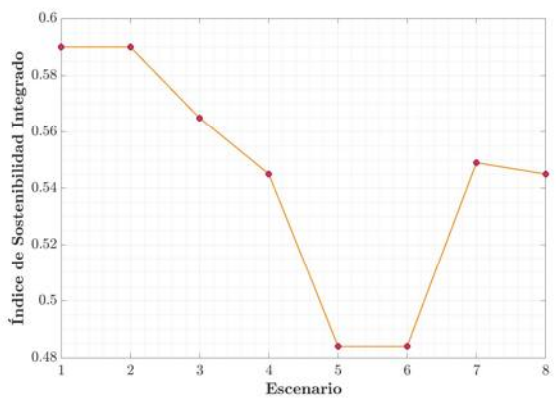
Unidad NSS-2 - 23050115



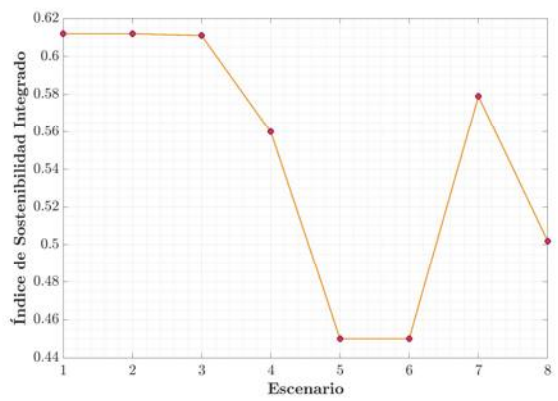
Unidad NSS-2 - 23050116



Unidad NSS-2 - 23050117



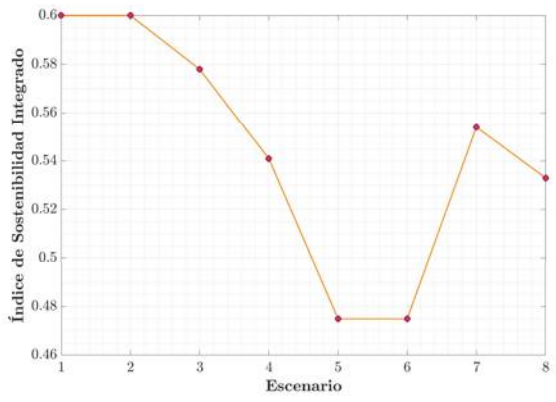
Unidad NSS-2 - 23050118

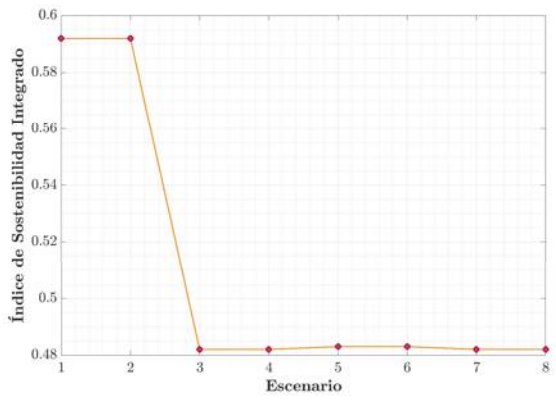


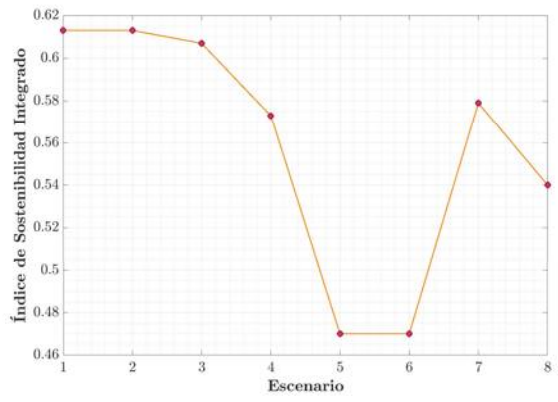
Unidad NSS-2 - 23050119

Unidad NSS-2 - 23050120

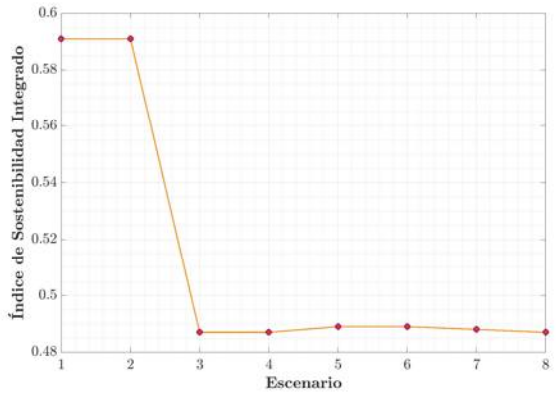
Unidad NSS-2 - 23050121







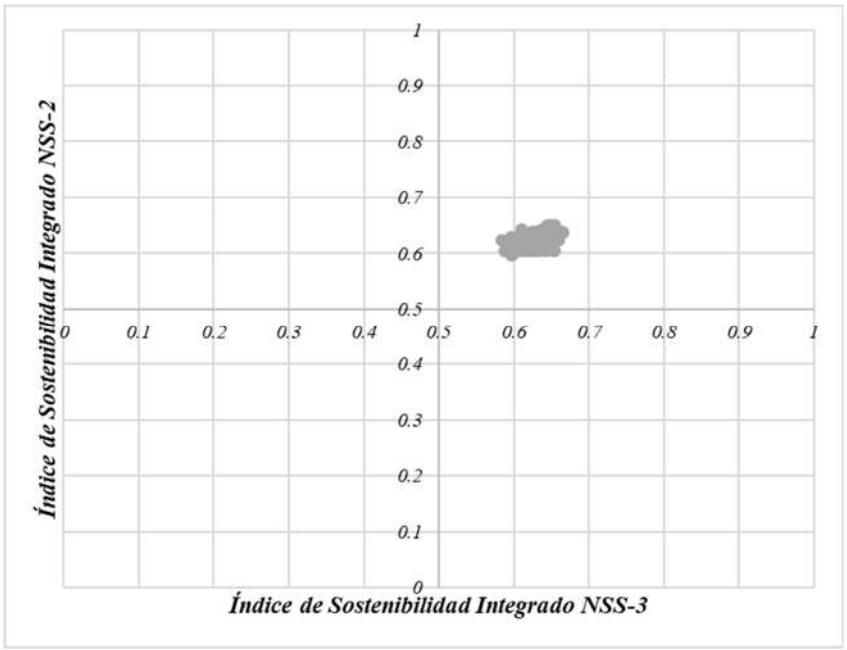
Unidad NSS-2 - 23050122



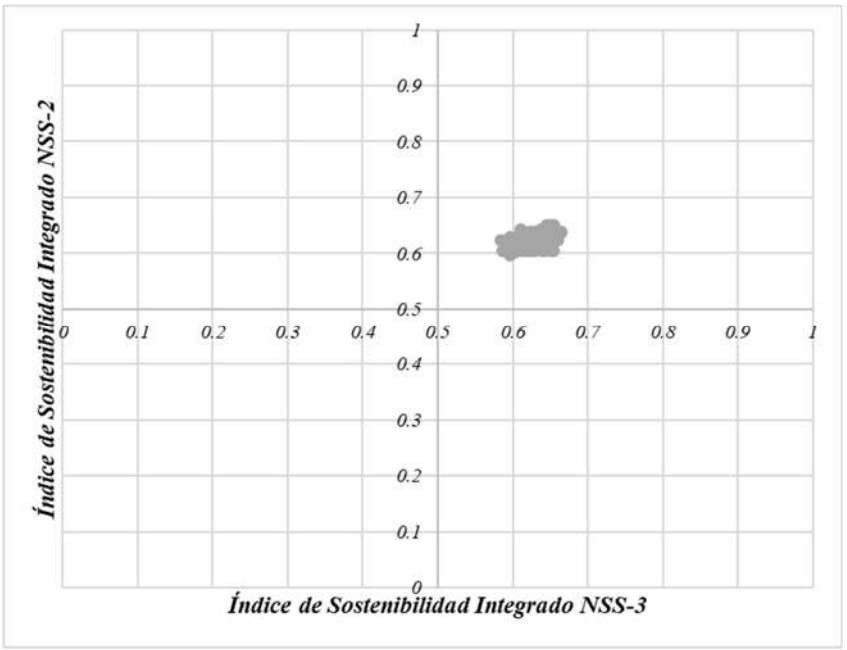
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 455. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para la cuenca del río Samaná Sur

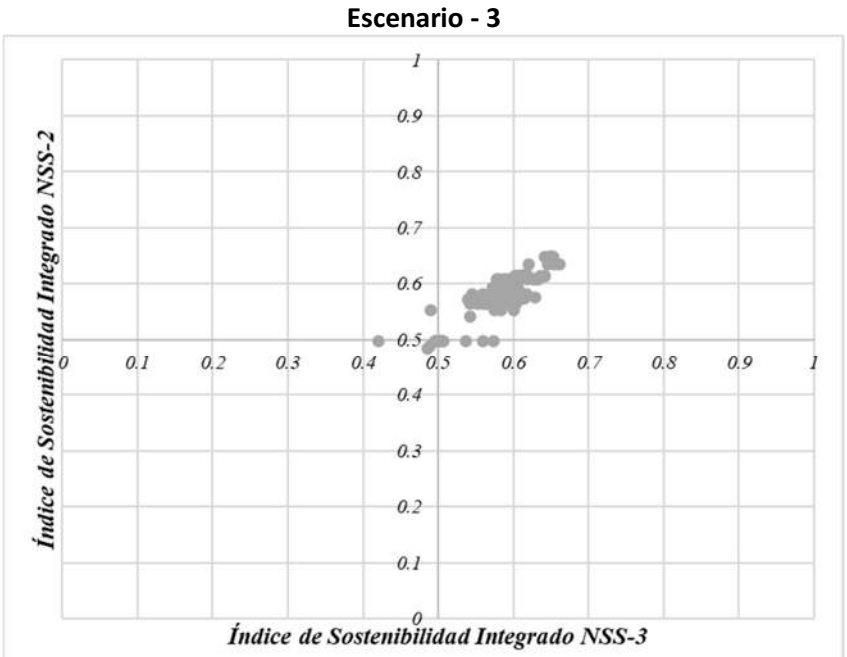
Escenario - 1



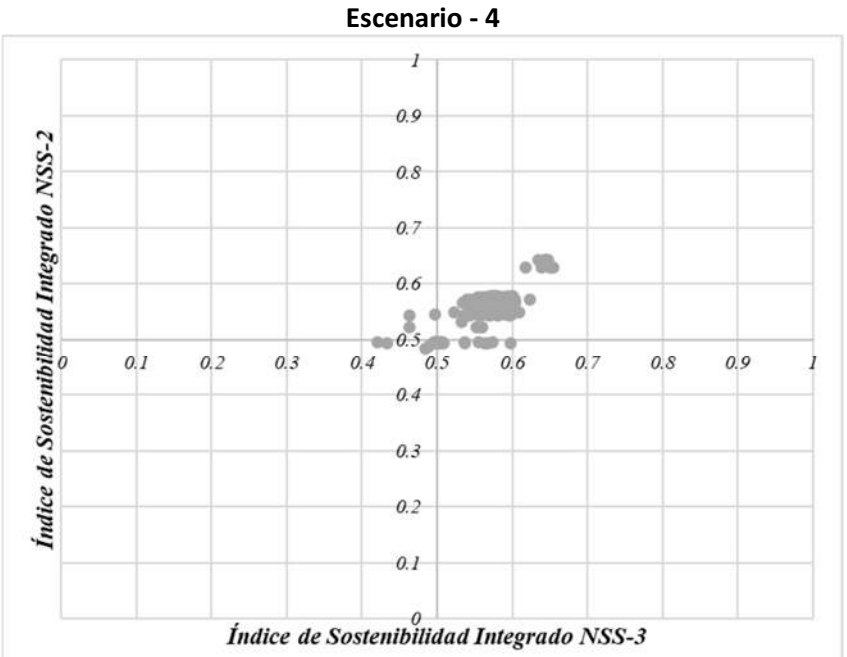
Escenario - 2



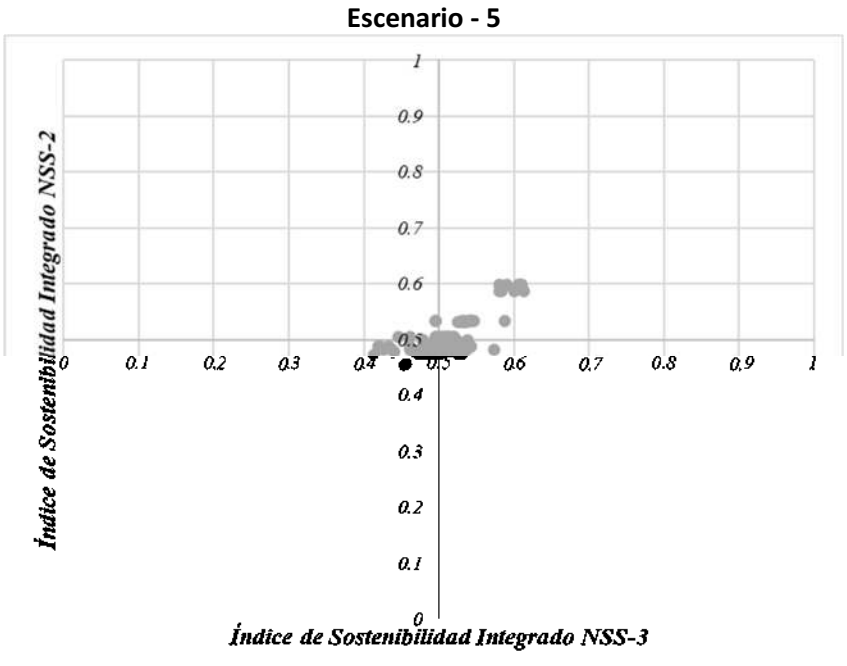
Escenario - 3



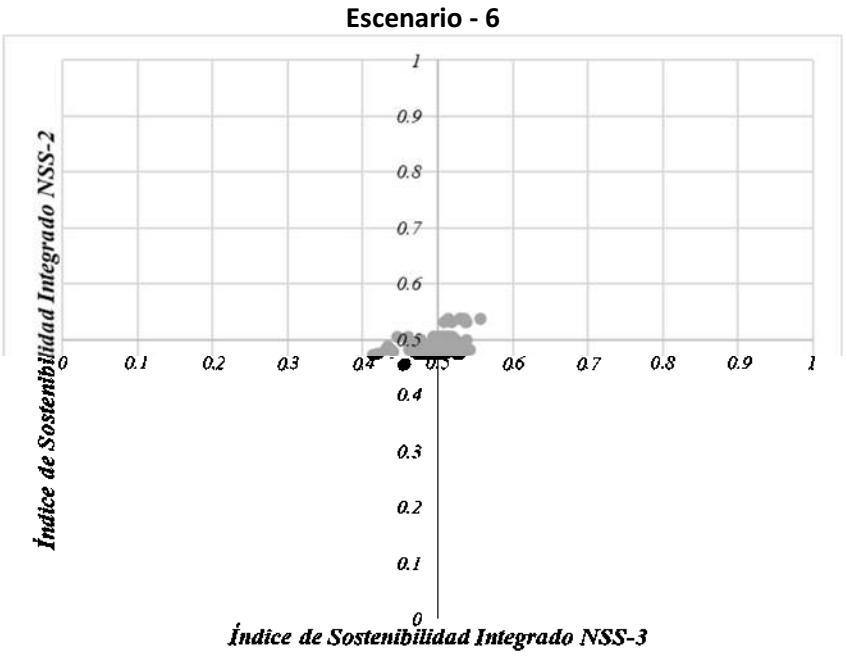
Escenario - 4



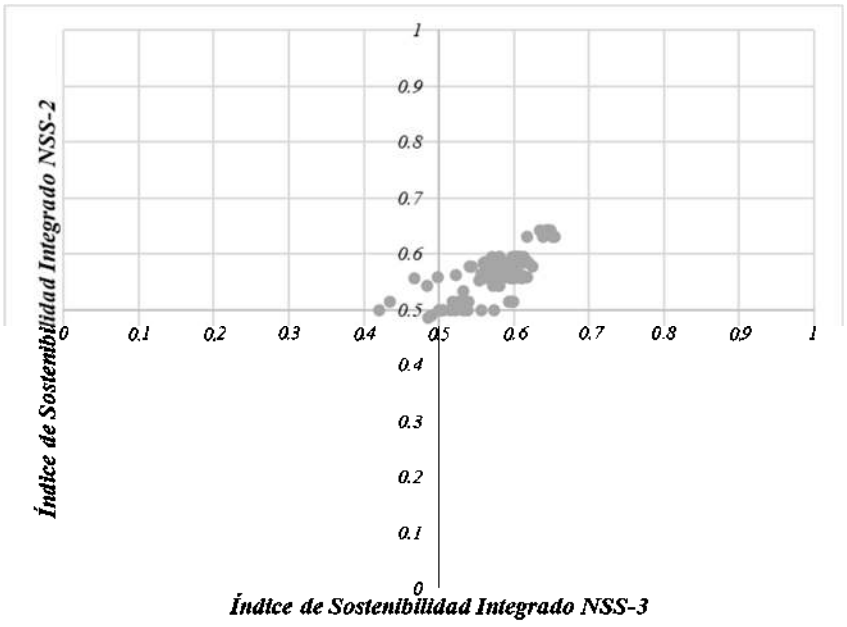
Escenario - 5



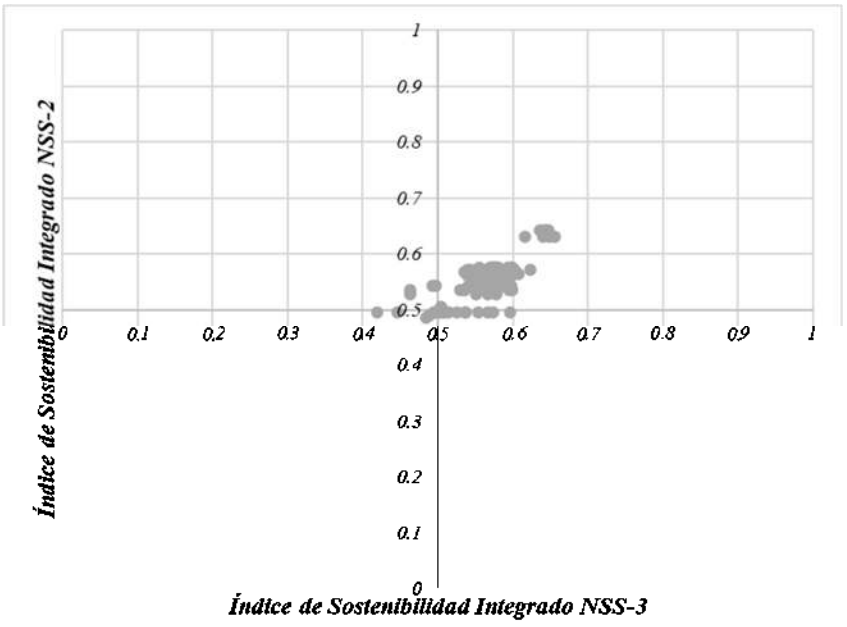
Escenario - 6



Escenario - 7



Escenario - 8



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Capítulo 18. Conclusiones

La evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, se realizó a partir de la selección de los indicadores más apropiados para valorar las implicaciones de los generadores de impacto que en este estudio corresponde principalmente a los proyectos hidroeléctricos y los cambios en la sostenibilidad de acuerdo con los diferentes escenarios de participación de las PCH en diferentes estados de gestión. Es de resaltar que, las cuencas hidrográficas son sistemas complejos en donde se generan interacciones sociedad-naturaleza (actividades antropogénicas), lo que se traducen en impactos sobre los ecosistemas y alteraciones en la prestación de servicios ecosistémicos vitales tanto para el sostenimiento de los ecosistemas como para satisfacer las necesidades humanas. En este sentido, es importante reconocer la complejidad intrínseca que presenta la estimación de la sostenibilidad en sistemas hídricos como lo son la cuenca del río Samaná Norte y Sur.

La sostenibilidad contempla múltiples variables tanto ambientales, económicas, socioculturales e institucionales en diferentes ámbitos, siendo esta última en donde participan diversos actores, entre ellos las corporaciones ambientales como las entidades destinadas para la administración de los recursos naturales, la conservación y protección de los ecosistemas estratégicos en las cuencas y el territorio. En este sentido, es importante señalar que, para algunos de los indicadores, como el MHSI la información disponible fue limitada. Para este caso en particular, la información de distribución, abundancia y preferencia de hábitat de las especies de peces es escasa, a pesar de ser uno de los taxones mejor estudiados, y en la mayoría de los casos, el nivel de conocimiento se encuentra relacionado con los mismos proyectos que generan las afectaciones sobre los sistemas naturales.

En razón a lo anterior, se anima a la corporación a realizar esfuerzos específicos para complementar y fortalecer la información disponible para generar los indicadores, esto con el fin de que, a futuro, los resultados producto de la aplicación del esquema metodológico propuesto en el marco de este estudio sean aún más robustos.

Dado este contexto, en esta sección se presentan las conclusiones más relevantes a partir de la evaluación de la sostenibilidad bajo los 8 escenarios de análisis para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

- ✓ *Samaná Norte*

De acuerdo con los resultados encontrados para los 8 escenarios de análisis, la dimensión ambiental resulto ser la más afectada. Lo anterior, se refleja de manera clara en el indicador de calidad morfológica de la cuenca del río Samaná Norte, el cual presento cambios significativos en todos los escenarios respecto al escenario 1. La comparación entre el escenario 1 y el escenario 3 indica que 20 de las 220 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) cuatro NSS-3 tienen una disminución entre el 41 al 30 por ciento en el indicador; (ii) tres NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 29 al 20 por ciento del MQI y (ii) trece NSS-3 presentan disminuciones porcentuales del MQI que oscilan entre el 13 al 3 por ciento. Las mayores alteraciones se presentan en la Q. Santa Barbara Parte Alta (2308-03-12-

14), Río Cocorná (2308-03-14-01), Río Santo Domingo (2308-03-16-01) y Río Samaná Norte (2308-03-05-01).

Por otra parte, la comparación entre el escenario 1 y el escenario 6 indica que 36 de las 220 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) diecinueve NSS-3 tienen una disminución entre el 63 al 30 por ciento en el indicador; (ii) tres NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 29 al 22 por ciento del MQI y (ii) catorce NSS-3 presentan disminuciones porcentuales del MQI que oscilan entre el 14 al 3 por ciento. Las mayores alteraciones se presentan en el Río Cocorná (2308-03-14-10), Río Dormilón Parte Alta (2308-03-06-06), Q. El Palmar Parte Baja (2308-03-12-05) y Río Cauza Parte Alta (2308-03-18-48).

En cuanto al indicador de conectividad dendrítica se concluyó que este se modifica drásticamente a partir del escenario 3 producto del emplazamiento del proyecto Palagua, el cual genera una barrera que desconecta la red de drenaje del río Samaná Norte y el río Magdalena dejando únicamente un 3 por ciento de la red de drenaje conectada al río Magdalena.

El análisis de sostenibilidad para los municipios de la cuenca del Samaná Norte refleja un contraste desde el punto de vista económico, por un lado, los indicadores asociados a las contribuciones económicas y generación de empleo por parte de los proyectos hidroeléctricos da cuenta de una condición que bien pudiera ser potenciada en pro del desarrollo económico y mejores condiciones de vida para las comunidades. No obstante, la principal generación de empleo corresponde principalmente a la fase de construcción de los proyectos, por lo que este indicador puede no reflejar una condición sostenida en el tiempo. Además, la síntesis de la condición económica para gran parte de los municipios de la cuenca se estima en crítica, aunado especialmente a una alta dependencia económica (más de 6 dependientes por hogar), una población en condiciones de pobreza que supera el 30% del total poblacional y condiciones de informalidad laboral, lo cual genera insuficiencia de ingresos en los hogares que constituye un factor decisivo para la mayor frecuencia del retraso y bajo logro escolar.

Lo anterior muestra entonces que desde el punto económico los proyectos aportan importantes recursos económicos, muchos de los cuales llegan a las arcas municipales a través de impuestos y transferencias; no obstante, estas inversiones no se reflejan en condiciones de sostenibilidad ambiental y social. En este sentido, el río que, si bien se encuentra en el centro de desafíos asociados entre otros al desarrollo económico, no está generando condiciones socioeconómicas favorables para los pobladores de los municipios que se encuentran en su área de injerencia.

La sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte tiene en su dimensión social un componente fundamental, toda vez que es un territorio con presencia de asentamientos humanos nucleados, representados por las cabeceras municipales, los corregimientos y los centros poblados; y asentamientos dispersos representados por las veredas, que son la gran mayoría del territorio. En consonancia con esta importancia se concluye que las condiciones de vida en la cuenca, en comparación con las condiciones de vida a nivel nacional, presentan niveles más bajos en el acceso a servicios públicos y sociales. En lo concerniente a saneamiento básico, principal componente de la variable de servicios públicos, baja cobertura de internet y telefonía, inferioridad en niveles de educación y porcentaje de afiliación a un régimen de cobertura en salud. Las variables de mejor desempeño en la cuenca son el déficit habitacional, inferior al nacional, la recreación y la organización comunitaria.

La anterior descripción es llamativa puesto que deja ver que las variables de mejor desempeño son las que dependen de la oferta ambiental del territorio, de su patrimonio natural y del esfuerzo de sus habitantes; mientras que las variables que dependen de la inversión de los niveles administrativos local, regional y nacional son las que presentan mayor debilidad.

Por otra parte, llama la atención que la mayoría de los municipios de su territorio pertenecen a la región de mayor generación de energía del país y que los recursos provenientes de esta actividad no se vean reflejados en niveles de bienestar proporcionales al aporte económico que hacen al país.

Con respecto a la evaluación del índice de sostenibilidad integrado en la cuenca del río Samaná Norte, se concluyó que, los proyectos que configuran los escenarios del 3 al 8, reducen de manera marcada la sostenibilidad en más del 14% de las unidades NSS-3. Aunque los proyectos contribuyen en recursos económicos a los municipios donde se encuentran ubicados a través de impuestos y transferencias; no se refleja en las condiciones de desarrollo y calidad de vida de los municipios. Lo anterior, se articula con lo encontrado en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b).

Asimismo, se encontró que los proyectos hidroeléctricos se concentran en subcuencas NSS-3 específicas, tales como, las subcuencas de código 2308-03-14-01, 2308-03-14-10 sobre el río Cocorná; 2308-03-10-01 sobre el río Calderas; 2308-03-06-06 sobre el río Dormilón; 2308-03-16-01 sobre el río Santo Domingo, 2308-03-05-01 sobre el río Samaná Norte (para ver las características de las subcuencas con esto códigos ver Tabla 194). Es importante tener en cuenta estas subcuencas ya que presentan características topológicas, hidráulicas, aprovechamiento de vías existentes y demás que las hacen atractivas para el estudio de la viabilidad de proyectos hidroeléctricos en la cuenca; que sin una adecuada gestión y administración de los recursos pueden generar impactos y conflictos a la degradación de la cuenca, la disponibilidad del recurso hídrico para las diferentes actividades económicas, productivas y de soporte natural y ecosistémico.

- ✓ *Samaná Sur*

AL igual que para el Samaná Norte, los resultados encontrados para los 8 escenarios de análisis mostraron que la dimensión ambiental fue la más afectada. El indicador de calidad morfológica da cuenta de la afectación, pues en comparación con el escenario 1, el escenario 3 indica que 5 de las 140 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI. Las alteraciones se presentan en el Río El Tigre (2305-01-02-06) (disminución del 8,3 por ciento), directos al Río Samaná Sur (2305-01-05-01) (disminución del 13,3 por ciento), Río Hondo (2305-01-09-03) (disminución del 45.8 por ciento), Q. El Espíritu Santo Parte Alta (2305-01-10-04) (disminución del 48.0 por ciento) y Río La Paloma Parte Media (2305-01-06-01) (disminución del 62.5 por ciento).

Por otra parte, la comparación entre el escenario 1 y el escenario 6 indica que 17 de las 140 unidades hidrográficas de nivel 3 presentan una disminución en el MQI, la cual se puede agrupar de la siguiente forma: (i) tres NSS-3 tienen una disminución entre el 77 al 62 por ciento en el indicado; (ii) doce NSS-3 presentan disminución que oscila entre el 54 al 32 por ciento del MQI y (ii) dos NSS-3 presentan disminuciones porcentuales del MQI que oscilan entre el 11 al 8 por ciento. Las mayores alteraciones se presentan en el Río Dulce (2305-01-21-03), Río San Pedro Parte Media (2305-01-12-01), Río La Paloma Parte Media (2305-01-06-01), Directos al Río Samaná Sur (2305-01-05-01) y Q La Rica (2305-01-19-08).

El indicador de conectividad dendrítica presenta modificaciones entre el escenario 3 y el diagnostico dejando desconectadas 12 unidades hidrográficas de nivel 3 (DCI=0), sin embargo, en este escenario queda conectada el 99 por ciento de la red de drenaje del Samaná Sur con el río Magdalena. Frente al escenario 6, se encontró que 131 unidades hidrográficas de nivel 3 quedan desconectadas (DCI=0), esto indica que únicamente el 24 por ciento de la red hídrica del río Samaná Sur quedaría conectada con el río Magdalena.

Por otro lado, para los municipios de la cuenca del Samaná Sur la condición no es disímil a la presentada para el Samaná Norte, si bien en el contexto de generación de contribuciones económicas por parte de proyectos hidroeléctricos los recursos son menores a los generados en la cuenca del Norte, los valores estimados, especialmente para los escenarios de mayor generación hidroeléctrica dan cuenta de contribuciones que no son despreciables y que potenciarían una mejora en las condiciones de vida de los habitantes. No obstante, según el diagnóstico realizado dichas condiciones reflejan un nivel crítico, aunado especialmente a una alta dependencia económica, niveles altos de pobreza multidimensional, y déficit cualitativo de vivienda, que bien pudieran empezar a ser revertidos partir de los recursos que los proyectos generan.

Lo anterior muestra entonces que desde el punto de vista económico los proyectos aportan importantes recursos económicos, muchos de los cuales llegan a las arcas municipales a través de impuestos y transferencias; no obstante, estas inversiones no se reflejan en condiciones de sostenibilidad. En este sentido, el río que si bien se encuentra en el centro de desafíos asociados entre otros a desarrollo económico no está generando condiciones socioeconómicas favorables para los pobladores de los municipios que se encuentran en área de injerencia.

La sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Sur tiene en su dimensión social un componente fundamental, toda vez que es un territorio con presencia de asentamientos humanos nucleados, representados por las cabeceras municipales, los corregimientos y los centros poblados; y asentamientos dispersos representados por las veredas, que son la gran mayoría del territorio. En consonancia con esta importancia se hace la siguiente conclusión:

Las condiciones de vida en la cuenca, en comparación con las condiciones de vida a nivel nacional, presentan niveles muy inferiores en el acceso a servicios públicos y sociales. En lo concerniente a saneamiento básico, principal componente de la variable de servicios públicos, baja cobertura de internet y telefonía, mayor déficit habitacional, inferioridad en niveles de educación y porcentaje de afiliación a un régimen de cobertura en salud. Las variables de mejor desempeño en la cuenca son la recreación y la organización comunitaria.

La anterior descripción es llamativa porque deja ver que las variables de mejor desempeño son las que dependen de la oferta ambiental del territorio, de su patrimonio natural y del esfuerzo de sus habitantes; mientras que las variables que dependen de la inversión de los niveles administrativos local, regional y nacional son las que presentan mayor debilidad.

Con respecto a la evaluación del índice de sostenibilidad integrado en la cuenca del río Samaná Sur, se concluyó que, los proyectos que configuran los escenarios del 3 al 8, reducen de manera marcada la sostenibilidad, siendo el escenario 6 el más drástico con una reducción del 21,1% de la sostenibilidad global de la cuenca con respecto al escenario 1. Como se mencionó anteriormente, aunque los proyectos contribuyen en recursos económicos a los municipios donde se encuentran

ubicados a través de impuestos y transferencias; no se refleja en las condiciones de desarrollo y calidad de vida de los municipios. Lo anterior, se articula con lo encontrado en el Producto 3 – Fase II - Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (Cornare & TNC, 2021b).

Asimismo, se encontró que los proyectos hidroeléctricos se concentran en subcuencas NSS-3 específicas, tales como, las subcuencas de código 2305-01-06-01 sobre el río Paloma, 2305-01-12-01 sobre el río San Pedro, 2305-01-16-02 sobre el río Dulce; 2305-01-05-01, 2305-01-07-01, 2305-01-14-01 sobre el río Samaná Sur (para ver las características de las subcuencas con esto códigos ver Tabla 203). Es importante tener en cuenta estas subcuencas ya que presentan características topológicas, hidráulicas, aprovechamiento de vías existentes y demás que las hacen atractivas para el estudio de la viabilidad de proyectos hidroeléctricos en la cuenca; que sin una adecuada gestión y administración de los recursos pueden generar impactos y conflictos a la degradación de la cuenca, la disponibilidad del recurso hídrico para las diferentes actividades económicas, productivas y de soporte natural y ecosistémico.

PRODUCTO 5: FASE IV - PROPUESTA DE ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES PARA CADA UNO DE LOS SISTEMAS DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS SAMANÁ NORTE Y SAMANÁ SUR

En esta sección se presenta el producto 5 correspondiente al informe de propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, de acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación Cornare – TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy.

La sección se divide en 8 capítulos, donde el Capítulo 19 presenta las características del área de estudio correspondiente a las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur teniendo en cuenta que la unidad de análisis para los límites de sostenibilidad corresponde a las subcuencas NSS-3 de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM.

El Capítulo 20 presenta el proceso metodológico para la definición y/o priorización de los objetos de conservación, servicios ecosistémicos, instrumentos de ordenamiento y las categorías de administración de acuerdo con la oportunidad de manejo basada en los resultados del índice de sostenibilidad integrado bajo el escenario 3, con el objetivo de armonizar el resultado para definir una propuesta de administración de los recursos naturales en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

El Capítulo 21 muestra las categorías de administración basadas en los diagramas de sostenibilidad multiescalar presentados en el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a), como una herramienta para la toma de decisiones en términos de sostenibilidad, considerando que permite identificar las unidades en el nivel NSS-3 que podrían intervenirse de acuerdo con sus valores de sostenibilidad y como estas contribuirían al mejoramiento de la sostenibilidad en unidades NSS-2.

El Capítulo 22 detalla los objetos de conservación priorizados para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, así como también la prestación de los servicios ecosistémicos de las unidades NSS-3 de ambas cuencas.

El Capítulo 23 contiene la identificación de áreas a nivel de subcuencas NSS-3 que requieren una administración especial de los recursos naturales (armonización), tanto para la cuenca del río Samaná Norte como la del río Samaná Sur, tomando como insumos los objetos de conservación y tramos de río priorizados, los servicios ecosistémicos, las oportunidades de manejo resultado del análisis multiescalar del índice de sostenibilidad a nivel de subcuenca NSS-2 y subcuenca NSS-3 y los determinantes ambientales de mayor jerarquía.

El Capítulo 24 presenta los contextos internacionales, nacionales y regionales en torno a los marcos normativos para la protección de los recursos naturales y el manejo de los ecosistemas hídricos.

El Capítulo 25 da a conocer la propuesta de implementación y reglamentación del índice de sostenibilidad integrado y además consolida las recomendaciones operativas para la operativización del índice de sostenibilidad integrado.

El Capítulo 26 explora los mecanismos seguimiento, control y participación comunitaria en los procesos de toma de decisiones y para aportar a la gestión de estrategias de sostenibilidad ambiental, social y económica en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Sur.

Por último, se consolidan las conclusiones y recomendaciones más relevantes para ambas cuencas.

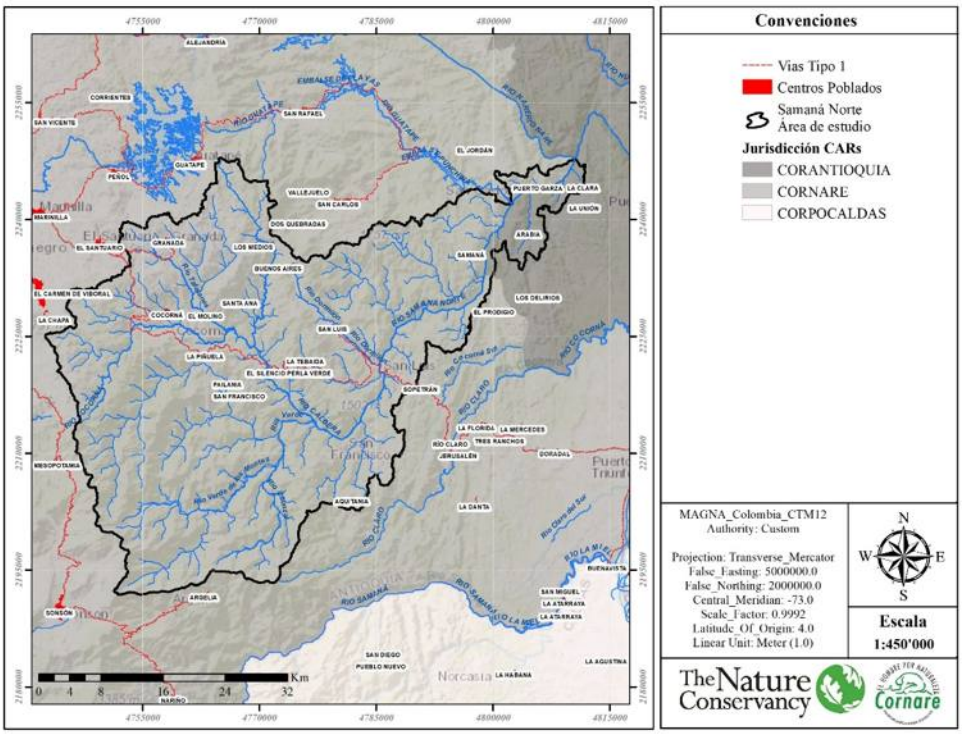
Capítulo 19. Generalidades del área de estudio

En este capítulo se presenta las características del área de estudio correspondiente a las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. La unidad de análisis para los límites de sostenibilidad son las subcuencas NSS-3 de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM.

19.1 Cuenca del río Samaná Norte

La cuenca hidrográfica del río Samaná Norte está ubicada en el departamento de Antioquia. Cuenta con una extensión de 200.829,97 Has, de las cuales el 94,84% corresponden a la jurisdicción Cornare y las restantes que representan un 5,16% hacen parte de la jurisdicción de CORANTIOQUIA (ver Figura 59). La cuenca del Samaná Norte la conforman los municipios de: Cocorná, El Carmen de Viboral, El Santuario, Granada, San Carlos, San Francisco, San Luis y Sonsón.

Figura 456. Jurisdicción de corporaciones en la cuenca hidrográfica del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

Dado que la cuenca río Samaná Norte se encuentra ubicada en la Cordillera Central, esta se caracteriza por ser un paisaje con profundas modificaciones erosivas y elementos deposicionales, donde la geomorfología está asociada directamente a la actividad tectónica a partir de la Orogenia Andina y a los procesos de erosión en masa. A nivel geológico, la cuenca está conformada por un basamento de rocas cristalinas fracturadas correspondientes a: granitoides del Batolito Antioqueño y del Batolito de Sonsón, anfibolitas del Complejo El Retiro, y esquistos del Complejo Cajamarca.

A nivel climático, la cuenca presenta una precipitación media anual que oscila entre los 5.727-2.737 mm/año. La menor precipitación tiene lugar durante los meses de enero y febrero. En dichos meses, la precipitación mensual varía desde los 67 mm hasta los 333 mm siguiendo el patrón de distribución espacial donde las mayores precipitaciones se dan al interior de la cuenca. La precipitación va aumentando a lo largo del mes de marzo hasta producirse un primer máximo en el mes de abril (o mayo dependiendo de la región) llegándose a alcanzar valores superiores a los 500 mm en las zonas del interior de la cuenca. A lo largo de los meses de junio y julio comienza nuevamente a disminuir la precipitación. Finalmente, ésta comienza a aumentar en los meses siguientes hasta alcanzar un segundo máximo durante el mes de septiembre (u octubre dependiendo de la región) llegándose a alcanzar cerca de los 670 mm mensuales en las zonas del interior de la cuenca.

La temperatura en la cuenca oscila entre los 28,6-9,4°C con un valor promedio de 2,3°C y una desviación estándar de 3,7°C. A nivel mensual la cuenca presenta un gradiente casi constante a lo largo del año. Las temperaturas máximas se alcanzan en el mes de junio y las menores en el mes de enero.

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Norte, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las “Reservas Forestales Protectoras Regionales” (RFPR). También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito “Distrito Regional de Manejo Integrado” (DRMI). Actualmente figuran en la cuenca: DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Cerros de San Nicolás, DRMI Cuchillas Los Cedros, DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé, DRMI Las Camelias, DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón, DRMI Sistema Viaho – Guayabal, RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo, RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, RFPR La Tebaida y RFPR Punchiná.

En la Tabla 212 se presenta el número de polígonos que corresponden a las subcuencas NSS-3 de la cuenca el río Samaná Norte que en total son 220, con sus respetiva codificación, nombre y área.

Tabla 212. Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte.

Número y delimitación Subcuenca NSS-3	Código Subcuenca NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km^2)
1	2308-03-18-32	Río Verde Los Montes Parte Alta	16,64
2	2308-03-18-34	Q. El Diablo	5,47
3	2308-03-18-36	Q. San Jerónimo	8,05
4	2308-03-18-07	Río Verde Los Montes Parte Baja	24,05
5	2308-03-18-48	Río Cauza Parte Alta	47,93
6	2308-03-18-30	Q. La Mula	9,87
7	2308-03-18-28	Q. San José	3,46
8	2308-03-18-38	Q. La Soledad	3,81
9	2308-03-18-50	Q. Chupadero	16,15
10	2308-03-18-40	Q. Curubital	2,45
11	2308-03-18-26	Q. El Coco	2,95
12	2308-03-18-20	Río Verde de los Henáos Parte Alta	33,20
13	2308-03-18-42	Q. Negra	1,67
14	2308-03-18-22	Q. Los Alumbres	14,36
15	2308-03-18-46	Q. La Leona	10,90
16	2308-03-18-24	Q. Travesías	6,26
17	2308-03-18-09	Río Cauzal Parte Baja	26,19
18	2308-03-18-44	Q. Playa Rica	2,29
19	2308-03-16-34	Río Santo Domingo	24,38
20	2308-03-18-05	Río Verde de los Henáos Parte Baja	8,13
21	2308-03-18-03	Río Verde Parte Alta	21,03
22	2308-03-18-18	Q. La Torre	11,10

Número y delimitación Subcuenca NSS-3	Código Subcuenca NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km^2)
23	2308-03-20-02	Río Chumurro Parte Alta	37,01
24	2308-03-18-52	Q. El Jordán	10,63
25	2308-03-18-12	Q. Los Andamios	4,45
26	2308-03-20-04	Q. San Pedro	28,47
27	2308-03-18-14	Q. Planes	5,99
28	2308-03-16-36	Q. Santa Rita	29,08
29	2308-03-18-16	Q. Peñoles	6,00
30	2308-03-18-10	Q. La Miranda	10,73
31	2308-03-16-32	Q. El Tibet	5,85
32	2308-03-18-54	Q. La Nútria	2,16
33	2308-03-16-72	Q. Quebradona	34,69
34	2308-03-16-62	Río Melcocho	15,39
35	2308-03-17-06	Q. Buga	15,53
36	2308-03-18-56	Q. La Sonadora o Dorada	7,07
37	2308-03-18-06	Q. El Campamento	1,98
38	2308-03-18-08	Q. La Cristalina	3,69
39	2308-03-18-01	Río Verde Parte Media	7,20
40	2308-03-18-04	Q. Sector Santa Rosa	1,18
41	2308-03-17-08	Q. La Honda	6,68
42	2308-03-16-30	Q. Romasón	6,56
43	2308-03-16-03	Q. La Calera	11,25
44	2308-03-20-06	Q. La Holanda	12,27
45	2308-03-16-60	Q. El Plan	3,73
46	2308-03-18-02	Q. San Juan	1,68
47	2308-03-16-28	Q. Honda	16,11
48	2308-03-20-01	Río Chumurro Parte Baja	7,96
49	2308-03-16-64	Q. La Aguada	6,17
50	2308-03-16-74	Q. El Seguro	1,95
51	2308-03-16-01	Río Santo Domingo	62,98
52	2308-03-16-58	Q. Segovia	5,56
53	2308-03-17-01	Río Samaná Norte	12,30
54	2308-03-16-66	Q. La Cuarenta	2,27
55	2308-03-16-68	Q. El Brasil	3,37
56	2308-03-17-04	Q. La Bonita	7,20
57	2308-03-23-01	Río Verde Parte Baja	9,65
58	2308-03-19-01	Río Calderas Parte Baja	25,98
59	2308-03-23-04	Q. El Chorro	1,13
60	2308-03-16-02	Q. Santa Rosa	1,36
61	2308-03-16-70	Q. Negra	1,09
62	2308-03-17-02	Q. Cachumbo (El Chontillo)	2,69
63	2308-03-16-52	Q. Las Brujas	6,90
64	2308-03-16-26	Q. Esteras	9,62
65	2308-03-16-54	Q. Roblal o La calera	7,94
66	2308-03-23-02	Q. San Mateo	3,55
67	2308-03-16-56	Q. Sonadora	5,31
68	2308-03-15-02	Q. El Bosque	1,58
69	2308-03-16-04	Q. San Isidro	4,30
70	2308-03-16-38	Q. Sector La Represa	1,69
71	2308-03-16-06	Q. Palo Santo	2,02
72	2308-03-14-10	Río Cocorná	32,54
73	2308-03-19-02	Q. La Pizarra	1,76
74	2308-03-15-04	Q. La Paja	7,72
75	2308-03-16-40	Q. Las Alfombras	2,10
76	2308-03-15-01	Río Samaná Norte Sector La Mesa	10,96
77	2308-03-19-22	Q. La Lora	4,89
78	2308-03-15-06	Q. El Portón	4,99
79	2308-03-19-04	Q. La Capitana	3,99
80	2308-03-16-24	Q. Colorados o Los Alpes	6,23
81	2308-03-08-10	Q. El Jagual	5,03
82	2308-03-16-08	Q. Dos Quebradas	3,06
83	2308-03-19-06	Q. El Tabor	7,52

Número y delimitación Subcuenca NSS-3	Código Subcuenca NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km^2)
84	2308-03-19-20	Q. Santa Isabel	5,42
85	2308-03-16-42	Q. Sector El Sinaí	6,88
86	2308-03-08-01	Q. La Tebaida	10,19
87	2308-03-16-22	Q. Santa Bárbara	5,37
88	2308-03-08-08	Q. La Arenosa	5,21
89	2308-03-19-08	Q. El Silencio	12,45
90	2308-03-16-10	Q. Las Aguadas	4,47
91	2308-03-15-08	Q. La Salada	6,58
92	2308-03-16-20	Q. Las Indias	11,81
93	2308-03-19-18	Q. La Vega	3,99
94	2308-03-08-02	Q. Vallesol	1,56
95	2308-03-14-08	Río San Lorenzo	39,62
96	2308-03-16-12	Q. La Quiebra	2,71
97	2308-03-11-04	Q. Aures	16,74
98	2308-03-08-04	Q. La Habana	11,36
99	2308-03-06-10	Q. Costa Rica	1,43
100	2308-03-15-10	Q. Leticia	1,54
101	2308-03-19-16	Q. La Granja	8,79
102	2308-03-16-14	Q. La Tolda	1,51
103	2308-03-16-18	Q. Macanal	8,36
104	2308-03-06-01	Río Dormilón	14,48
105	2308-03-14-12	Cñda. La Paloma	2,93
106	2308-03-16-16	Q. Quebradona	4,04
107	2308-03-19-10	Q. Poral	11,14
108	2308-03-08-06	Q. La Tebaida Parte Alta	19,31
109	2308-03-14-24	Q. El Popal	1,13
110	2308-03-14-22	Q. El Coco	5,01
111	2308-03-14-14	Q. Sector Corales	1,06
112	2308-03-06-08	Q. La Cuba	3,86
113	2308-03-11-01	Río Samaná Norte	8,21
114	2308-03-11-06	Q. Pocitos	5,02
115	2308-03-21-06	Q. Botijas	2,49
116	2308-03-21-04	Q. Sector San Lorenzo	1,01
117	2308-03-14-01	Río Cocorná	45,08
118	2308-03-14-20	Q. Salado	5,05
119	2308-03-06-02	Q. El Trique	5,47
120	2308-03-09-08	Q. Las Margaritas	17,06
121	2308-03-14-16	Q. La Cadavid	2,94
122	2308-03-21-01	Río Cocorná Parte Baja	5,60
123	2308-03-11-02	Q. Sector Santa Rita	1,72
124	2308-03-19-12	Q. San Juanal	3,74
125	2308-03-14-18	Q. La Rumbona	1,28
126	2308-03-10-01	Río Calderas Parte Media	33,70
127	2308-03-21-02	Q. Sector La Arenosa	2,95
128	2308-03-06-06	Río Dormilón Parte Alta	36,90
129	2308-03-12-01	Río Tafetanes	31,12
130	2308-03-14-02	Q. San Juan	10,54
131	2308-03-04-01	Río San Miguel	21,24
132	2308-03-09-06	Q. La Angurria	1,89
133	2308-03-10-02	Q. Sinaí	4,10
134	2308-03-04-18	Q. Sector La Gaviota	1,94
135	2308-03-06-04	Q. Cañaveral La Arabia	6,76
136	2308-03-12-02	Q. Astillero	3,70
137	2308-03-10-04	Q. Minarrica	7,49
138	2308-03-04-16	Q. El Recreo	1,16
139	2308-03-14-06	Q. La Hundida	26,76
140	2308-03-09-01	Río Samaná Norte	29,20
141	2308-03-14-04	Q. Chorrera	43,30
142	2308-03-04-14	Q. Guantero	5,45
143	2308-03-12-04	Q. Las Palomas	2,98
144	2308-03-09-10	Q. Sector El Prodigio	1,14

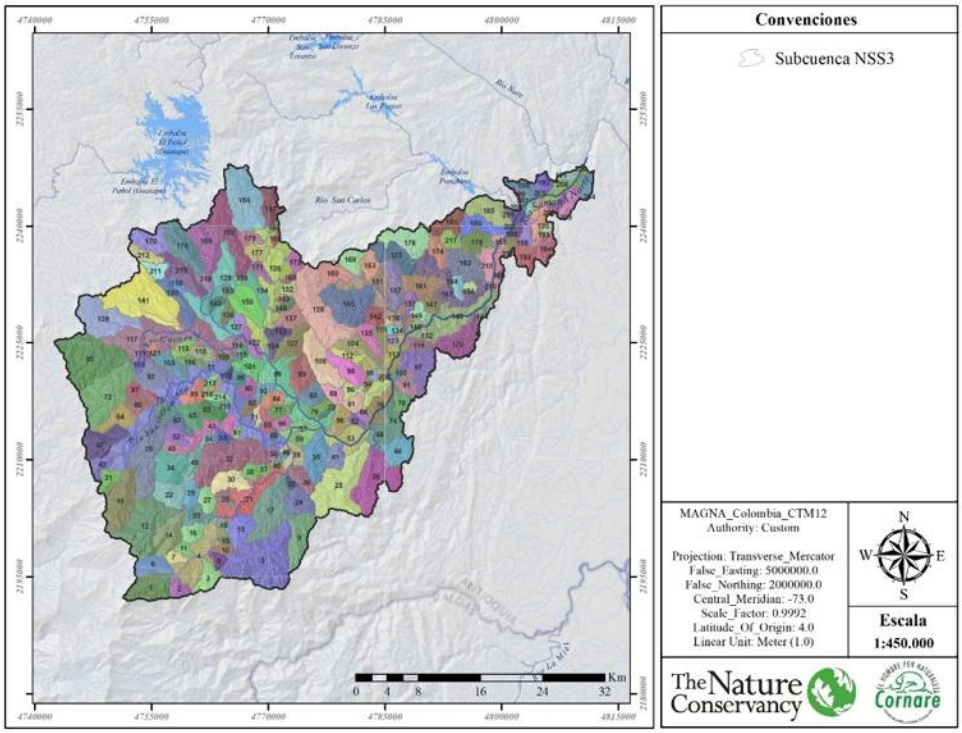
Número y delimitación Subcuenca NSS-3	Código Subcuenca NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km^2)
145	2308-03-04-12	Q. Sopetrán	26,63
146	2308-03-09-04	Q. Balsora	3,72
147	2308-03-09-02	Q. Sector San José - Miraflores	4,57
148	2308-03-10-06	Q. La Veta	2,90
149	2308-03-10-08	Q. El Porvenir	1,20
150	2308-03-10-32	Q. El Hacha	15,20
151	2308-03-04-02	Q. Sector El Contento	4,21
152	2308-03-10-10	Q. La Retirada	3,23
153	2308-03-12-06	Q. Campoalegre	1,69
154	2308-03-10-30	Q. Las Palmas	7,05
155	2308-03-07-01	Río Samaná Norte (mi)	6,02
156	2308-03-02-02	Q. Agua Bonita (El Prado)	1,95
157	2308-03-04-04	Q. La Mosca	12,15
158	2308-03-12-22	Q. San Bartolo	2,69
159	2308-03-12-08	Q. Sector Cristalina Cruces	1,04
160	2308-03-04-10	Río San Miguel Parte Alta	10,28
161	2308-03-02-12	Q. San José	11,78
162	2308-03-07-08	Q. Rabiocadal	15,89
163	2308-03-04-06	Q. La Voladora	6,48
164	2308-03-02-04	Q. Sector Prado	3,78
165	2308-03-10-12	Q. El Bosque	1,64
166	2308-03-07-10	Q. Sector Serranías	1,02
167	2308-03-02-01	Q. La Miranda	22,80
168	2308-03-04-08	Q. Quebradona	8,01
169	2308-03-12-12	Q. Honda	18,48
170	2308-03-12-16	Q. Minitas	12,00
171	2308-03-10-28	Q. Peñoles	4,01
172	2308-03-02-10	Q. La Mirada	14,50
173	2308-03-10-14	Q. Quebradona	4,16
174	2308-03-02-06	Q. La Sapa	7,12
175	2308-03-12-14	Q. Santa Barbara Parte Alta	18,97
176	2308-03-02-08	Q. La Miradita	16,71
177	2308-03-10-26	Q. Los Medios	5,39
178	2308-03-07-06	Q. Norcasia	9,09
179	2308-03-10-24	Q. La Aguada	4,58
180	2308-03-10-16	Q. La Hondita	1,53
181	2308-03-07-02	Q. Quebradón Parte Alta	9,18
182	2308-03-12-10	Q. Chuscal	23,76
183	2308-03-10-18	Q. La Zarca	1,22
184	2308-03-10-22	Río Calderas Parte Alta	32,15
185	2308-03-05-02	Q. Peñol Grande	14,80
186	2308-03-07-03	Q. Quebradón Parte Baja	10,79
187	2308-03-10-20	Q. Santa Bárbara	9,68
188	2308-03-05-01	Río Samaná Norte (mi)	2,69
189	2308-03-03-04	Q. Guaduales	1,01
190	2308-03-03-02	Q. Pocitos	5,76
191	2308-03-01-02	Q. Limoncillo	2,09
192	2308-03-01-04	Q. El Urón	4,55
193	2308-03-03-12	Q. La Arabia Parte Alta	7,51
194	2308-03-03-14	Q. Hoyo Rico	6,90
195	2308-03-03-03	Q. La Arabia Parte Baja	8,93
196	2308-03-07-12	Q. La Represa	2,93
197	2308-03-05-04	Q. Sector Las Vetas	1,74
198	2308-03-03-10	Q. Las Vetas	4,22
199	2308-03-03-16	Q. Minitas	2,07
200	2308-03-03-08	Q. Los Limones	1,35
201	2308-03-03-06	Q. Sutania	1,50
202	2308-03-01-06	Q. Carrizales	3,13
203	2308-03-01-08	Q. El Bagre	6,26
204	2308-03-01-10	Q. De Pavas	4,54
205	2308-03-01-01	Río Samaná Norte (mi)	5,17

Número y delimitación Subcuenca NSS-3	Código Subcuenca NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km^2)
206	2308-03-01-01	Río Samaná Norte (md)	5,51
207	2308-03-03-01	Río Samaná Norte (md)	1,67
208	2308-03-03-01	Río Samaná Norte (mi)	1,11
209	2308-03-05-01	Río Samaná Norte (md)	2,45
210	2308-03-07-01	Río Samaná Norte (md)	8,82
211	2308-03-12-20	Q. De Cruces	4,92
212	2308-03-12-18	Q. El Palmar Parte Alta	6,31
213	2308-03-16-44	Río Santo Domingo	2,38
214	2308-03-16-48	Río Santo Domingo	3,07
215	2308-03-16-50	Río Santo Domingo	1,76
216	2308-03-16-46	Río Santo Domingo	1,83
217	2308-03-07-04	Q. El Rosario	5,06
218	2308-03-12-03	Q. Santa Barbara Parte Baja	3,40
219	2308-03-12-05	Q. El Palmar Parte Baja	14,58
220	2308-03-13-01	Río Samaná Norte Sector La Mesa 1	1,34

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 376 se observa las subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte de acuerdo con las características de la tabla anterior.

Figura 457. Delimitación Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Norte

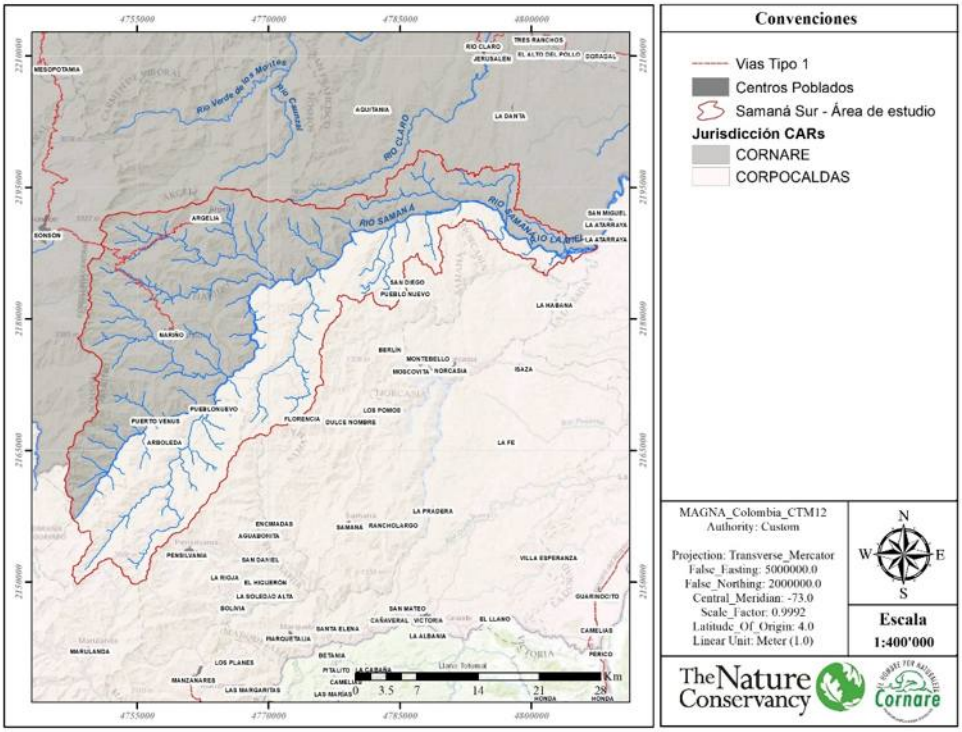


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

19.2 Cuenca del río Samaná Sur

La cuenca del río Samaná Sur cubre un área de 116.573 hectáreas, de las cuales 67.611 están en jurisdicción de Cornare, es decir un 58%; las restantes 48.962 has que representan un 42% se encuentran en jurisdicción de CORPOCALDAS (ver Figura 61).

Figura 458. Jurisdicción de corporaciones en la cuenca hidrográfica del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

La cuenca del río Samaná Sur se localiza en una amplia zona montañosa de forma triangular (similar a la cuenca Samaná Norte), tiene como cotas extremas el Páramo de Sonsón a 3.350 msnm y la confluencia de los ríos Samaná Sur y La Miel a 150 msnm. Su litología está constituida principalmente por el núcleo ígneo - metamórfico de la Cordillera Central, sobre el cual se encuentran dos formaciones sedimentarias: las Sedimentitas de Samaná en la parte central y la Formación Mesa en su extremo oriental. Sus precipitaciones oscilan entre los 5.036-2.198 mm/año. En los extremos de la cuenca (tanto en la zona Oeste de mayor relieve como en la zona de la desembocadura), se dan los menores valores de precipitación, oscilando entre los 2.198 y 2.400 mm en promedio al año. En la cuenca del río Samaná Sur, la menor precipitación tiene lugar durante los meses de enero y febrero. La precipitación va aumentando a lo largo del mes de marzo hasta producirse un primer máximo en el mes de abril. A lo largo de los meses de junio y julio comienza nuevamente a disminuir la precipitación y finalmente, ésta comienza a aumentar en los meses siguientes hasta alcanzar un segundo máximo durante el mes de octubre. Su temperatura media anual oscila entre los 28,4-5,9°C con un valor promedio de 20,6°C y una desviación estándar de 4,6°C.

Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Sur, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las "Reservas Forestales Protectoras Regionales" (RFPR). También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito "Distrito Regional de Manejo Integrado" (DRMI). Actualmente figuran en la cuenca: DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón y la RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa (Cornare, 2014ª).

En la Tabla 213 se presenta el número de polígonos que corresponden a las subcuencas NSS-3 de la cuenca el río Samaná Sur que en total son 140, con sus respetiva codificación, nombre y área.

Tabla 213. Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del Río Samaná Sur

Número y delimitación Subcuenca NSS-3	Código Subcuenca NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km^2)
1	2305-01-14-14	Río Alto Samaná Sur Parte Alta	18,17
2	2305-01-14-12	Q. Los Medios	9,27
3	2305-01-14-10	Q. El Volcán	8,84
4	2305-01-14-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	6,44
5	2305-01-14-08	Q. La Nútria	9,41
6	2305-01-14-06	Q. La Española	7,19
7	2305-01-14-04	Q. Cedral - Q. El Talego	7,29
8	2305-01-21-04	Q. El Bosque	4,01
9	2305-01-14-02	Río Venus	25,67
10	2305-01-21-02	Q. La Iguana	6,80
11	2305-01-19-04	Q. San Agustín	2,40
12	2305-01-19-02	Q. Santa Isabel	1,12
13	2305-01-12-18	Q. El Diamante	1,21
14	2305-01-15-01	Directos al Río Samaná Sur 15 (md)	10,00
15	2305-01-12-01	Río San Pedro Parte Media	25,69
16	2305-01-10-01	Q. Espíritu Santo Parte Baja	7,73
17	2305-01-12-14	Q. Damas	14,69
18	2305-01-12-16	Q. Larga	5,85
19	2305-01-12-12	Río Condor	10,17
20	2305-01-15-10	Q. El Palmar	0,89
21	2305-01-15-08	Q. El Caney	2,70
22	2305-01-10-06	Q. San José	8,80
23	2305-01-10-02	Q. La Pradera	3,91
24	2305-01-12-10	Río San Andrés	15,02
25	2305-01-15-06	Q. Santa Rita	8,63
26	2305-01-10-04	Q. El Espíritu Santo Parte Alta	11,44
27	2305-01-12-08	Q. San Antonio	8,28
28	2305-01-12-02	Q. San Juan	3,80
29	2305-01-12-04	Q. El Sirpial - Q. El Queso	1,19
30	2305-01-15-04	Q. Santa Rosa	3,31
31	2305-01-12-06	Río San Pedro Parte Alta	15,08
32	2305-01-15-02	Q. Santa Ulasia	10,02
33	2305-01-08-26	Q. San Juan	2,77
34	2305-01-08-28	Q. El Silencio -Q. La Sordera	1,26
35	2305-01-08-01	Río Negrito Parte Baja	28,94
36	2305-01-08-24	Q. Honda - Q. La Pala	2,95
37	2305-01-08-22	Q. La Linda	4,79
38	2305-01-08-34	Q. La Arabia	3,62
39	2305-01-08-20	Q. San Gregorio	2,80
40	2305-01-08-18	Q. San Miguel	3,40
41	2305-01-08-04	Q. Sector La Plata	1,15
42	2305-01-08-02	Q. Sector El Recreo	1,15
43	2305-01-08-06	Q. San Agustín	2,46
44	2305-01-08-08	Q. San Antonio	2,90
45	2305-01-08-10	Q. San Jerónimo	2,25
46	2305-01-08-12	Q. Larga - Q. Corral	3,72
47	2305-01-06-18	Q. La Vidalia	2,10

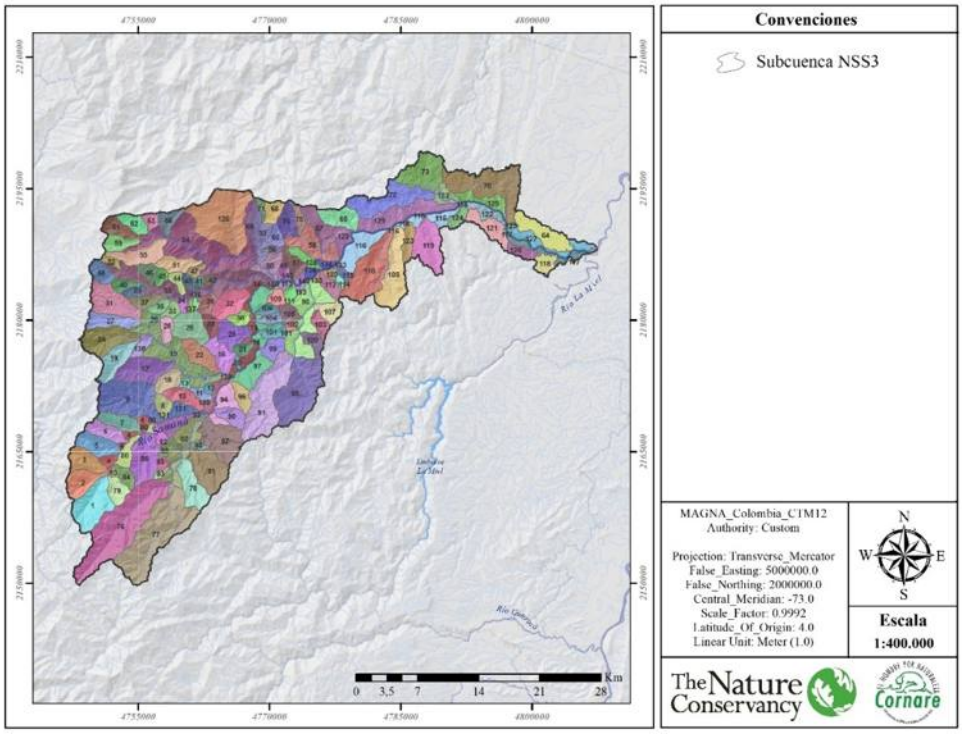
Número y delimitación Subcuenca NSS-3	Código Subcuenca NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km^2)
48	2305-01-08-16	Río Negrito Parte Alta	5,49
49	2305-01-09-04	Q. Las Margaritas	1,36
50	2305-01-13-02	Río Paloma Parte Baja	6,58
51	2305-01-06-16	Q. La Plata	6,87
52	2305-01-08-14	Cñda. Honda	1,83
53	2305-01-04-01	Río Pozo	8,57
54	2305-01-06-01	Río La Paloma Parte Media	38,55
55	2305-01-06-14	Q. San Pablo	11,09
56	2305-01-04-02	Q. Villanueva	1,69
57	2305-01-09-02	Q. Claras	5,49
58	2305-01-02-01	Q. Chamberi Parte Baja	11,91
59	2305-01-06-12	Q. La Vibora	5,47
60	2305-01-04-04	Q. Agua Linda	3,43
61	2305-01-06-10	Q. Las Estancias	6,45
62	2305-01-06-08	Río La Paloma Parte Alta	5,25
63	2305-01-06-06	Q. El Jardín	2,71
64	2305-01-01-02	Q. La Edesma	12,65
65	2305-01-05-06	Q. Agua Bonita	9,14
66	2305-01-06-04	Q. El Popal	4,80
67	2305-01-02-02	Q. Mesones	9,20
68	2305-01-04-06	Q. El Risco	4,55
69	2305-01-04-10	Q. El Rosario	5,21
70	2305-01-03-02	Q. El Mulato	27,69
71	2305-01-04-08	Q. Dos Quebradas	1,67
72	2305-01-05-04	Río San Lorenzo Parte Alta	19,72
73	2305-01-05-02	Q. San Francisco	16,02
74	2305-01-02-06	Río El Tigre	6,65
75	2305-01-02-04	Q. Chamberi Parte Alta	3,20
76	2305-01-16-02	Río Dulce	45,96
77	2305-01-18-04	Q. Negra	42,96
78	2305-01-21-12	Q. La Palma	11,83
79	2305-01-14-16	Q. Borrascosa	5,72
80	2305-01-14-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	6,12
81	2305-01-21-14	Q. El Rosario	15,94
82	2305-01-21-03	Río Dulce	15,18
83	2305-01-21-10	Q. El Anime	1,28
84	2305-01-14-18	Q. Alejandría	3,92
85	2305-01-21-08		1,40
86	2305-01-14-20	Q. Granizales	15,06
87	2305-01-19-06	Q. Las Mercedes	16,64
88	2305-01-21-16	Q. Cartagena	1,42
89	2305-01-21-06		3,24
90	2305-01-19-08	Q. La Rica	5,68
91	2305-01-20-02	Q. Riachuello	29,74
92	2305-01-14-22		2,51
93	2305-01-21-01	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)	5,84
94	2305-01-19-01	Directos al Río Samaná Sur 19 (mi)	7,89
95	2305-01-22-02	Río Claro	29,11
96	2305-01-19-10		4,91
97	2305-01-15-01	Directos al Río Samaná Sur 15 (mi)	17,80
98	2305-01-09-03	Río Hondo	21,76
99	2305-01-15-18	Q. Las Mulatas	5,20
100	2305-01-09-14	Q. El Arenillo	4,37
101	2305-01-15-20	Q. Chorro Rico	4,28
102	2305-01-09-10		1,20
103	2305-01-09-16	Q. Abejorro	4,07
104	2305-01-15-22	Q. El Congreso	2,91
105	2305-01-09-08		4,14
106	2305-01-15-24	Q. La Mulata	2,41
107	2305-01-09-18	Q. El Congal	5,56
108	2305-01-05-10	Q. La Laguna	19,55
109	2305-01-15-26		3,01

Número y delimitación Subcuenca NSS-3	Código Subcuenca NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km^2)
110	2305-01-05-08	Q. La Concha	23,46
111	2305-01-09-06		2,26
112	2305-01-07-04	Q. La Ciega	4,31
113	2305-01-09-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	2,54
114	2305-01-07-06		1,30
115	2305-01-07-08		1,77
116	2305-01-05-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	18,31
117	2305-01-01-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	5,96
118	2305-01-01-06		4,60
119	2305-01-05-14	Q. San Antonio	15,62
120	2305-01-01-04		4,00
121	2305-01-03-04	Q. El Rosario	8,84
122	2305-01-03-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	5,07
123	2305-01-05-12	Q. San Roque	4,80
124	2305-01-05-16	Q. La Concha	3,55
125	2305-01-03-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	7,35
126	2305-01-06-02	Río San Julián	35,06
127	2305-01-01-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	9,63
128	2305-01-07-02	Q. El Porvenir	3,79
129	2305-01-05-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	23,49
130	2305-01-19-01	Directos al Río Samaná Sur 19 (md)	4,00
131	2305-01-21-01	Directos al Río Samaná Sur 21 (md)	4,37
132	2305-01-05-03	Río San Lorenzo Parte Baja	4,60
133	2305-01-07-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	2,63
134	2305-01-07-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	3,49
135	2305-01-11-01	Río Negrito Parte Baja	0,16
136	2305-01-08-32	Q. La Betulia	0,85
137	2305-01-08-30	Q. Sector Cuesta Media	0,96
138	2305-01-12-03	Río San Andrés Parte Baja	3,67
139	2305-01-17-01	Río San Pedro Parte Baja	0,46
140	2305-01-09-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	2,31

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 417 se observa las subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Sur de acuerdo con las características de la tabla anterior.

Figura 459. Delimitación Subcuencas NSS-3 de la Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

Capítulo 20. Esquema metodológico

En el actual capítulo se presenta el proceso metodológico para la definición y/o priorización de los objetos de conservación, servicios ecosistémicos, instrumentos de ordenamiento y las categorías de administración de acuerdo con la oportunidad de manejo basada en los resultados del Índice de Sostenibilidad bajo el escenario 3; con el fin de armonizarlos para definir una propuesta de administración de los recursos naturales en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

20.1 Objetos o valores de conservación

Para la priorización de los objetos de conservación se parte de la información presentada en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), en donde se realiza una recopilación de biodiversidad a partir de la revisión de estudios técnicos y científicos que contenían como foco las cuencas de estudio. El objetivo de esta revisión fue identificar la flora y la fauna que coexisten en cada una de estas cuencas, así como las áreas que prestan beneficios tanto a las especies como a los seres humanos (servicios ecosistémicos). Con esto, se busca tener una visión general del territorio y una focalización de las especies o áreas prioritarias que se resaltan en los estudios. La información presentada es el resultado de los estudios realizados por las universidades, los estudios de impacto ambiental de los proyectos hidroeléctricos licenciados, los POMCAS de ambas cuencas, los monitoreos hidrobiológicos y los ejercicios a nivel nacional como la información recopilada por SiB Colombia (*SiB Colombia*, 2021) y Global Biodiversity Facility Information (*GBIF.Org*, 2021).

Con la información recopilada descrita anteriormente, se procede a priorizar áreas o especies que potencialmente pueden ser objeto o valor de conservación siguiendo los lineamientos definidos por Montenegro-Muñoz et al. (2019). Para efecto de este estudio, se toman como criterios de selección aspectos biológicos por el grado de amenaza ya sea crítico, en peligro, vulnerable, casi amenaza y preocupación menor; aspectos socioculturales y estéticos.

Por otra parte, la priorización de los tramos de río se realiza acorde a la priorización de los objetos de conservación, es decir, la información recolectada en la base de datos obtiene información de los puntos geográficos en donde se encuentra el registro. Por lo tanto, es posible identificar el tramo de río a nivel NSS-3 de acuerdo con la ubicación del objeto o valor de conservación priorizado, con el fin de fomentar y contribuir con la conservación de los objetos de conservación con la protección y sostenimientos de los ecosistemas de su área de influencia y los servicios ecosistémicos que prestan. En concordancia con lo anterior, para la selección de los objetos de conservación priorizados se definió un umbral a partir del cual se puede considerar que una especie, área o tramo de río es un objeto o valor de conservación. Como se observa en la Tabla 237, la máxima puntuación que puede obtener una especie, área o tramo de río es de 100 puntos. En ese sentido, se plantea un umbral de 60 puntos para la priorización de los objetos de conservación. En este aspecto, todas las especies, área o tramos de ríos que posean una valoración igual o superior a 60 puntos, serán considerados como objetos de conservación y por ende tramos de río.

En la Tabla 214 se presentan los criterios para la priorización de los objetos de conservación de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Es de señalar que la puntuación de los aspectos biológicos se considera mutuamente excluyentes entre los atributos, por lo que la máxima puntuación que es posible obtener en este aspecto es de 40 puntos. Los aspectos socio culturales

por su parte se consideran acumulativos, por lo que la máxima puntuación en este aspecto es de 30 puntos.

Tabla 214. Priorización de los objetos de conservación en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

Criterio	Ítem	Atributo	Valoración
Aspecto Biológico 40%	Grado de Amenaza 20%	CR	20
		EN	15
		VU	10
		NT	5
		LC	5
	Endemismos 20%	Endémico	20
		No Endémico	10
		Migratoria	5
Aspecto Sociocultural 30%		Alimentación Humana y Otros	10
		Alimentación Humana	5
		Alimento Fauna	5
		Medicinal	3
		Madera	3
		Ornamental	2
		Mascotas	2
Aspecto Estético 30%		Ecoturismo - Asociado a paisajes culturales y míticos	30

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC adaptada de Montenegro-Muñoz et al. (2019)

20.2 Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos tienen que ver con el conjunto de propiedades ambientales que se derivan de estructuras y procesos, los cuales se organizan desde un punto de vista antropocéntrico, para ser útiles y necesarios para el bienestar humano. A partir de esto, se dice que los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Desde un el punto de vista económico, pueden entenderse como "flujos de valor para las sociedades humanas como resultado del estado y cantidad del capital natural"(Wallis et al., 2011; Müller et al., 2015).

De acuerdo con lo descrito en el Producto 2 "Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de los Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico" (TNC, 2021), los servicios ecosistémicos se consideran como *los "beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad".* En este sentido, para la definición de los servicios ecosistémicos para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur se toman los resultados de las modelaciones matemáticas desarrollas en INVEST y la información recolecta en las salidas de campo y en los talleres desarrollados con las comunidades, información que fue presentada en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b). En la Tabla 215 se los servicios ecosistémicos considerados para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Tabla 215. Abreviaturas de los servicios ecosistémicos para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

Sigla	Servicio Ecosistémico	Sigla	Servicio Ecosistémico
RHA	Rendimiento Hídrico Anual	**VRC**	Recreación y Turismo
RHE	Rendimiento Hídrico Estacional	**PCA**	Producción de Cultivos: Aguacate
PES	Proporción de Entrega de Sedimentos	**PCCafé**	Producción de Cultivos: Café
PENF	Proporción de Entrega de Nutrientes: Fósforo	**PCCaña**	Producción de Cultivos: Caña de Azúcar

Sigla	Servicio Ecosistémico	Sigla	Servicio Ecosistémico
PENN	Proporción de Entrega de Nutrientes: Nitrógeno	**PCM**	Producción de Cultivos: Maíz
AC	Almacenamiento de Carbono	**PCAP**	Producción de Cultivos: Aceite de Palma
CH	Calidad del Hábitat	**PCCacao**	Producción de Cultivos: Cacao

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 216 se presenta los rangos correspondientes a las categorías bajo, medio y alto de los servicios ecosistémicos para la cuenca del río Samaná Norte. Cabe resaltar que en los servicios ecosistémicos de Proporción de Entrega de Sedimentos (PES) y Proporción de Entrega de Nutrientes de Fósforo y Nitrógeno (PENF y PENN) entre menor sea la categoría, es decir, bajo y/o medio la oferta de dichos servicios ecosistémicos es mejor. En el caso de PES, debido a que entre más alto sean los aportes de sedimentos es mayor la degradación de los suelos asociados a las actividades agropecuarias en zonas de cultivos y pastos contribuyendo a la pérdida de la fertilidad de los suelos y desertificación; y en cuanto a los PENF PENN, entre más altos sean los aportes de fósforo y nitrógeno afecta la oferta del servicio ecosistémico, debido a la influencia de los cultivos en los usos de diferentes pesticidas y fertilizantes que contribuyen a la contaminación de las fuentes hídricas.

Tabla 216. Categorización de los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Norte

Categoría	RHA (mm/año)	RHE (mm/año)	PES (ton/año)	PENF (kg/año)	PENN (kg/año)	AC ((ton/año)
Bajo	3045,8893	1100,8412	16,4105	0,0373	0,0705	0,8659
Medio	3969,6445	2702,0647	196,9257	0,1281	0,1598	3,0456
Alto	5170,5264	5103,8999	1394,8904	0,2969	0,3209	7,6140
Categoría	**CH (Ad)**	**VRC (Ad)**	**PCA (ton/año)**	**PCCafé (ton/año)**	**PCM (ton/año)**	**PCCaña (ton/año)**
Bajo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0101	0,0000	0,0000
Medio	0,9922	0,5342	0,0481	0,0352	0,0017	0,5684
Alto	1,0000	1,7692	0,3609	0,0583	0,0020	4,8125

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 217 se presenta los rangos correspondientes a las categorías bajo, medio y alto de los servicios ecosistémicos para la cuenca del río Samaná Sur, teniendo en cuenta los comentarios anteriores de PES, PENF y PENN.

Tabla 217. Categorización de los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Samaná Sur

Categoría	RHA (mm/año)	RHE (mm/año)	PES (ton/año)	PENF (kg/año)	PENN (kg/año)	AC ((ton/año)
Bajo	3318,8958	1127,5358	10,4838	0,0521	0,1048	0,8659
Medio	4434,3814	2858,1723	43,6824	0,1815	0,2399	3,0456
Alto	6391,7431	6686,5498	445,5603	0,4582	0,5140	7,6140
Categoría	**CH (Ad)**	**VRC (Ad)**	**PCA (ton/año)**	**PCCafé (ton/año)**	**PCM (ton/año)**	**PCCaña(ton/año)**
Bajo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0060	0,0000	0,0000
Medio	0,9922	0,1538	0,2723	0,0253	1,6814	3,9472
Alto	1,0000	0,4615	0,2756	0,0551	1,7014	4,3954

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

20.3 Instrumentos de ordenamiento

La importancia de la planificación y ordenamiento del territorio con la sostenibilidad está estrechamente relacionada con la capacidad de carga del territorio, el cual puede entenderse como el desarrollo acorde con los rasgos ambientales del medio donde se plantean cambios en el uso del suelo. Esos rasgos ambientales incluyen cuestiones del medio físico, pero también aspectos socioeconómicos y culturales (Elorrieta, 2019).

De acuerdo con Gómez & Villarino (2011), se identifican 3 conceptos clave para la aplicación de la sostenibilidad en la acción y el cometido de las políticas del ordenamiento territorial. En primer lugar, la utilización racional del territorio y gestión responsable de los recursos naturales, implicando como principio general la conservación de los procesos ecológicos esenciales, de tal forma que se consiga mantener a largo plazo el potencial de utilización del suelo y los recursos que contiene. En segundo lugar, la calidad ambiental, vinculada al objetivo de mejorar la calidad de los vectores ambientales (aire, agua y suelo), y la conservación de los ecosistemas y de los procesos ecológicos esenciales, del paisaje, del patrimonio cultural. Finalmente, en tercer lugar, la calidad de la gestión pública y la coordinación administrativa, tomando como punto de partida la planificación integrada y la coordinación intersectorial e interterritorial entre los diferentes entes administrativos, destacando los que se deben producir entre entes del mismo nivel competencial (intercambio de información y cooperación activa).

Acorde con lo anterior, para el ejercicio de armonización acorde a la sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur se toman en cuenta los determinantes ambientales de mayor relevancia, relacionados con los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), los Planes de Manejo de Áreas Protegidas nacionales y regionales así como de ecosistemas estratégicos (páramos, humedales y reservas forestales y reservas forestales de ley 2 de 1959 presentes en ambas cuencas). En cuanto a los POMCA se lleva a cabo la armonización con los formulados para las cuencas del río Samaná Norte y del río Samaná Sur y que coinciden con el horizonte de planificación del PGAR de Cornare y se encuentran articulados con algunas de las líneas estratégicas para su respectiva gestión. En relación con los Planes de Manejo de Áreas Protegidas Nacionales y Regionales y de otros ecosistemas estratégicos como páramos, humedales, la armonización está orientada a la conservación y protección de los ecosistemas y por ende los servicios ecosistémicos.

Adicionalmente, se toman en cuenta los estudios de gestión del riesgo de los centros poblados en jurisdicción de ambas cuencas a partir del indicador de gestión del riesgo de desastres por capacidades (IGRD) que proporciona cartografía a nivel municipal de en donde se mide el riesgo ante eventos hidrometeorológicos y las capacidades de las entidades territoriales para gestionarlo. La dimensión de gestión de riesgo de desastre de este indicador tiene en cuenta tanto el estado de los instrumentos de gestión del riesgo a nivel municipal (consejos de gestión del riesgo, plan municipal de gestión del riesgo y estrategia de manejo de respuesta) como la inversión per cápita realizada por dichas entidades en conocimiento y reducción entre 2012 – 2015 (DNP, 2018). De igual manera se realiza una articulación con los conceptos del plan integral de cambio climático en el plan de acción de Cornare en la zona de estudio y el indicador de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IVRCC) que consolida cartográficamente los resultados a nivel municipal (IDEAM et al., 2017). Como parte de los análisis de cambio climático realizados en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, Cornare (2020) en los proyectos definidos en el Plan de Acción 2020-2023 se articula con el Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia (PICCA), el cual consiste en una propuesta de una herramienta guía para dar respuesta a los desafíos del cambio climático en el territorio y de la coordinación de las acciones territoriales e intersectoriales de mitigación y adaptación, reconociendo las particularidades de las nueve subregiones del departamento; a partir de la integración de los Planes Regionales de Cambio Climático (PRCC) desarrollados para los diferentes municipios. De esta forma, en el Plan de Acción 2020-2023 se planifica una serie de

proyectos y actividades a partir de unos antecedentes de esfuerzos y estrategias para mitigar y combatir el cambio climático en su área de jurisdicción, establecidos en programa 1 de la línea estratégica de cambio climático y gestión del riesgo que tiene como objetivo fomentar medidas y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático enmarcadas dentro del Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia (PICCA), tendientes a reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), así como de adaptaciones a los impactos del cambio climático y establecer un sistema de monitoreo y reporte que permita la contabilidad de las medidas y conducir a la región hacia la neutralidad de carbono (Cornare, 2020).

20.4 Definición de oportunidades de manejo basados en el índice de sostenibilidad integrado

Tomando como base los diagramas 2D presentados en el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a), se plantean tres categorías de oportunidad de manejo.

- **Oportunidad de manejo - 1:** esta categoría se le asigna a la unidad NSS-3 cuyo índice de sostenibilidad se encuentra en valores superiores o iguales 0,5 condicionado a que la unidad NSS-2 que la contiene presente valores del índice de sostenibilidad integrado superiores o iguales a 0,5.
- **Oportunidad de manejo - 2:** esta categoría se le asigna a la unidad NSS-3 cuyo índice de sostenibilidad integrado se encuentra en valores inferiores 0,5 condicionado a que la unidad NSS-2 que la contiene presente valores del índice de sostenibilidad integrado superiores o iguales a 0,5.
- **Oportunidad de manejo - 3:** en esta categoría entran aquellas unidades NSS-3 que se encuentran contenidas en una unidad NSS-2 índice de sostenibilidad es inferior a 0,5.

En la Tabla 218 se presenta la síntesis de las categorías de oportunidades de manejo propuestas.

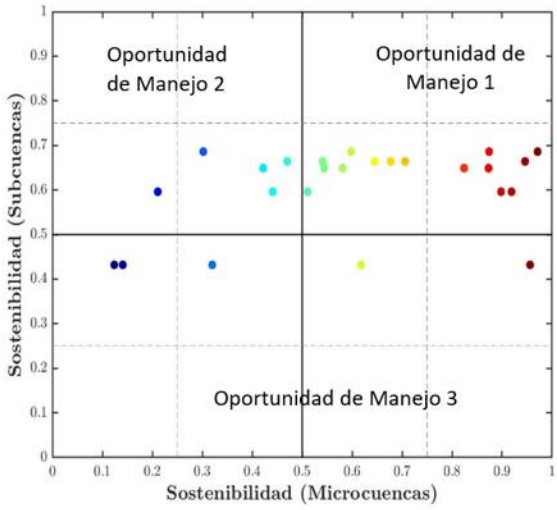
Tabla 218. Categorías de oportunidad de manejo

Rangos Nivel NSS-3	Rangos NSS-2	Oportunidad de manejo
0 – 0,5	0,0 – 0,5	Oportunidad de manejo - 3
0,5 – 1,0	0,0 – 0,5	
0 – 0,5	0,5 – 1,0	Oportunidad de manejo - 2
0,5 – 1,0	0,5 – 1,0	Oportunidad de manejo - 1

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Esquemáticamente, las categorías pueden representar en los diferentes cuadrantes del diagrama 2D, tal como se presenta en la Figura 460.

Figura 460. Diagrama de dispersión 2D de sostenibilidad multiescala



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC adaptada de Riato et al. (2020)

Tomando en cuenta que los diagramas 2D fueron construidos para los 8 escenarios de análisis definidos en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), la determinación de las diferentes categorías de oportunidad de manejo se realiza haciendo uso de los resultados del índice de sostenibilidad obtenidos para el escenario 3. De acuerdo con lo descrito Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), el escenario integra los proyectos que se encuentran actualmente en operación, construcción y con licencia ambiental vigente, por lo que se considera como el escenario que establece la condición prospectiva base de ambas cuencas. Esto sabiendo que la licencia ambiental lleva implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios por el tiempo de vida útil del proyecto, obra o actividad (MADS, 2010).

Siguiendo este esquema, es posible priorizar cuales son las subcuencas candidatas para realizar intervenciones de manera prioritaria, de acuerdo con la oportunidad de manejo para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. La oportunidad de manejo 1 resalta la importancia de la administración de los recursos para la protección de los ecosistemas siendo áreas estratégicas para la conservación de los servicios ecosistémicos y objetos de conservación prioritarios, asimismo, cabe resaltar que en esta categoría es importante tener en cuenta las dinámicas identificadas en el diagnóstico y en las verificaciones en campo del retorno de la población en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur como también de las poblaciones y/o comunidades que habitan éstas áreas y realizan actividades para su supervivencia como la implementación de huertas y sistemas agropecuarios que con la articulación de actividades sostenibles mitigan el deterioro de las cuencas.

Por otro lado, las subcuencas en la oportunidad de manejo 2 corresponden a la intervención de áreas con deterioro en las condiciones ambientales, problemáticas sociales y económicas con el fin de fomentar y mejorar la sostenibilidad de ambas cuencas. A su vez, la oportunidad de manejo 3 hace referencia a áreas en donde se pueden establecer actividades económicas enfocadas a la sostenibilidad

20.5 Propuesta de administración armonizada

A partir de la definición de los objetos de conservación y tramos de río priorizados, servicios ecosistémicos, oportunidad de manejo resultado del análisis multiescalar del índice de sostenibilidad a nivel de subcuenca NSS-2 y subcuenca NSS-3 y los determinantes ambientales de mayor jerarquía, se realiza la armonización de dichos resultados e instrumentos con el fin de identificar áreas a nivel de subcuenca NSS-3 que requieren una administración "especial" de los recursos naturales.

Inicialmente, se realiza la armonización de la oportunidad de manejo bajo el escenario 3 de ambas cuencas con los Planes de Ordenamiento y Manejo de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, lo que permite identificar áreas a nivel NSS-3 en conflicto de acuerdo con la planificación ambiental territorial y las categorías de oportunidad de manejo para la sostenibilidad de ambas cuencas. En la Tabla 219 se presenta los rangos del área en porcentaje de las subcuencas NSS-3 para las categorías del nivel de conflicto

Tabla 219. Categorización del nivel de conflicto entre la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

Categoría	Rango	
Nulo	0%	
Muy bajo	0%	20%
Bajo	20%	40%
Medio	40%	60%
Alto	60%	80%
Muy Alto	80%	100%

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Tabla 220 se presenta el nivel de conflicto de acuerdo con el cruce de las categorías de ordenamiento del POMCA y las categorías de oportunidad de manejo 1, 2 y 3 bajo la influencia de proyectos hidroeléctricos en operación, construcción, con licencia ambiental y concesión de aguas en ambas cuencas.

Tabla 220. Definición del nivel de conflicto de acuerdo con las categorías de la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

Categorías oportunidad de manejo escenario 3	Categorías de ordenamiento POMCA	Nivel de conflicto
Oportunidad de manejo 1	Conservación	Nulo
	Restauración y Uso Múltiple	Medio
		Alto
		Muy Alto
Oportunidad de manejo 2	Restauración	Nulo
	Conservación y Uso Múltiple	Medio
		Alto
		Muy Alto
Oportunidad de manejo 3	Uso Múltiple	Nulo
	Conservación y Restauración	Medio
		Alto
		Muy Alto

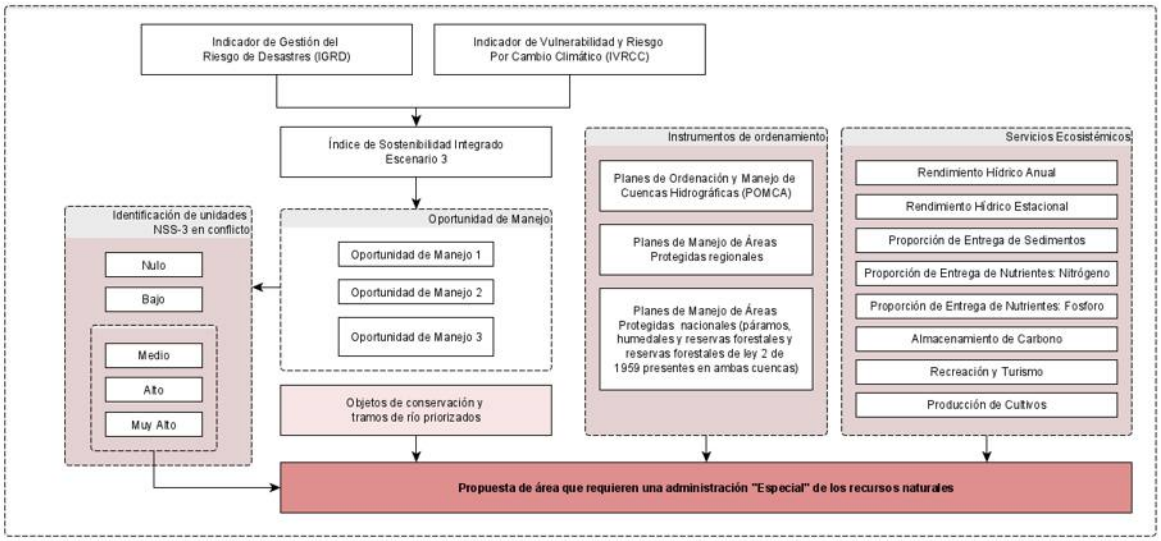
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Cabe resaltar que las subcuencas NSS-3 que presenten nivel de conflicto medio, alto y muy alto que hacen parte de la categoría de uso y manejo sostenible en la oportunidad de manejo del escenario 3 frente a la categoría de ordenamiento de conservación y protección del POMCA, no se tienen en cuenta para la propuesta de áreas que requieran una administración “especial” de los recursos naturales en ambas cuencas, debido a que en la planificación ambiental del territorio prevalece la conservación acorde a la sostenibilidad prospectiva de ambas cuencas.

De acuerdo con los resultados de la armonización de la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA de ambas cuencas, se procede a identificar las áreas o subcuencas NSS-3 críticas con un nivel de conflicto medio, alto y muy alto; la participación de objetos de conservación y tramos de río priorizados y las características de cada uno de los servicios ecosistémicos; con el fin de reconocer áreas que requieran una administración “especial” de los recursos naturales en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

En la Figura 461 se presenta el esquema para la propuesta de áreas que requieren una administración “especial” de los recursos naturales para ambas cuencas.

Figura 461. Propuesta de áreas que requieren una administración “especial” de los recursos naturales para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

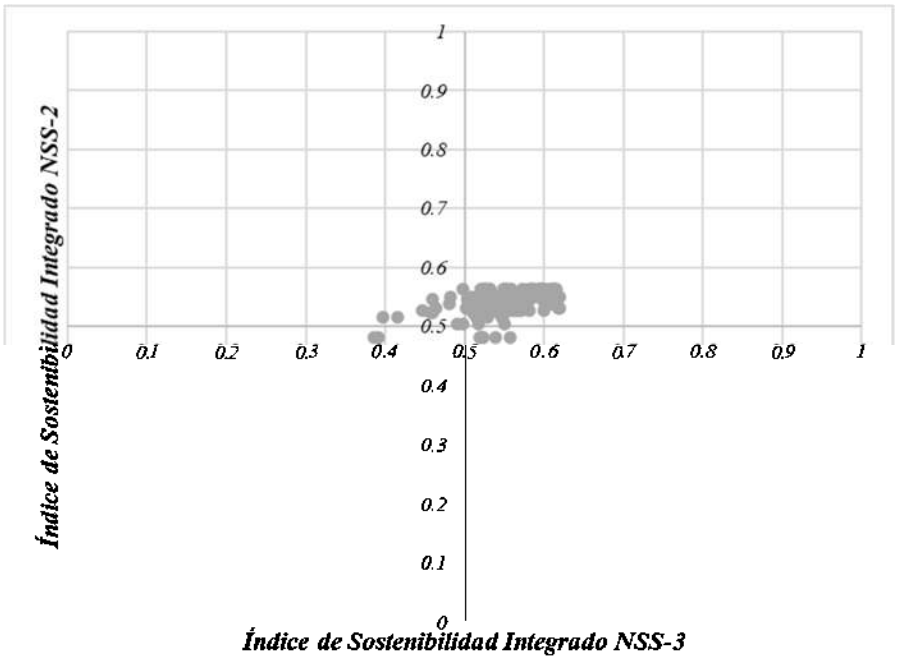
Capítulo 21. Oportunidades de manejo basadas en el índice de sostenibilidad integrado

Como se hizo mención en el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a), los diagramas de sostenibilidad multiescalar constituyen una poderosa herramienta para la toma de decisiones en términos de sostenibilidad, pues, permite identificar que unidades en un nivel NSS-3 podrían intervenirse de acuerdo con sus valores de sostenibilidad y como estas contribuirían al mejoramiento de la sostenibilidad en unidades NSS-2. Tomando en cuenta las categorías definidas en el numeral 20.4, en el actual capítulo se presentan las categorías de administración basadas en los diagramas de sostenibilidad multiescalar. En el Anexo - Fase II - 1.0 se disponen los archivos espaciales de las categorías de oportunidad de manejo basadas en el índice de sostenibilidad integrado.

21.1 Cuenca del río Samaná Norte

En el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a) pueden consultarse los diagramas de sostenibilidad multiescalar para los 8 escenarios de análisis considerados en la cuenca del río Samaná Norte. Sin embargo, para efectos de la categorización de oportunidad de manejo, en la Figura 462 se presenta el diagrama de sostenibilidad multiescalar para el escenario 3.

Figura 462. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Norte

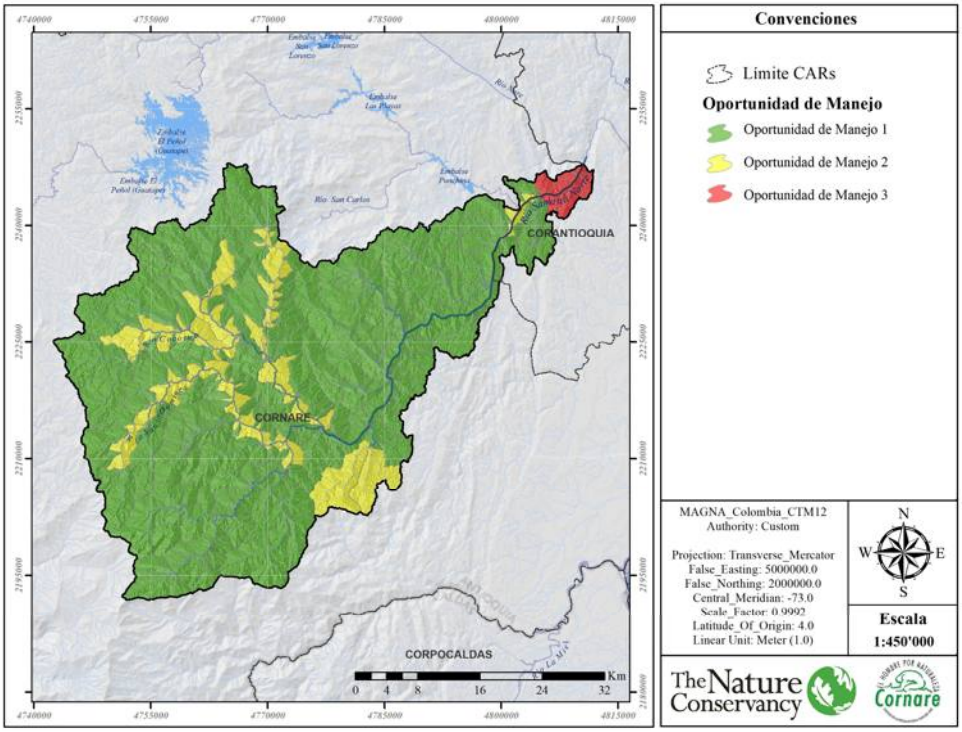


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Tomando como base la Figura 460, las unidades NSS-3 en categoría de como oportunidad de manejo 1 se concentran en el cuadrante superior derecho, siendo alrededor del 91% del total del as unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Norte. En el cuadrante superior izquierdo

se agrupan aquellas unidades con oportunidad de manejo 2, con una participación del 3% del total de las unidades NSS-3 de la cuenca. Por último, en los dos cuadrantes inferiores se sitúan las unidades NSS-3 con oportunidad de manejo 3, siendo el 6% de todas las unidades de la cuenca. La distribución espacial de las unidades en las diferentes categorías de oportunidad manejo, se presentan en Figura 463.

Figura 463. Propuesta de manejo de la cuenca del río Samaná Norte en el escenario 3



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

A nivel general, se observa que la distribución espacial de las oportunidades de manejo es coherente con la zonificación propuesta en el POMCA y presentada en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b). Por otra parte, se evidencia además que las unidades en oportunidad de manejo 2 corresponden a aquellas que componen los cauces del río Calderas, Cocorná, Santo Domingo, Santa Bárbara, Chuscal, Dormilón y Samaná Norte. La característica común entre todas es el hecho de que su interior albergan proyectos hidroeléctricos. En oportunidad de manejo 3 se encuentran las unidades NSS-3 que componen la subcuenca del río tafetanes y el río San Matías, esto debido al impacto que generan los proyectos hidroeléctricos situados en su interior.

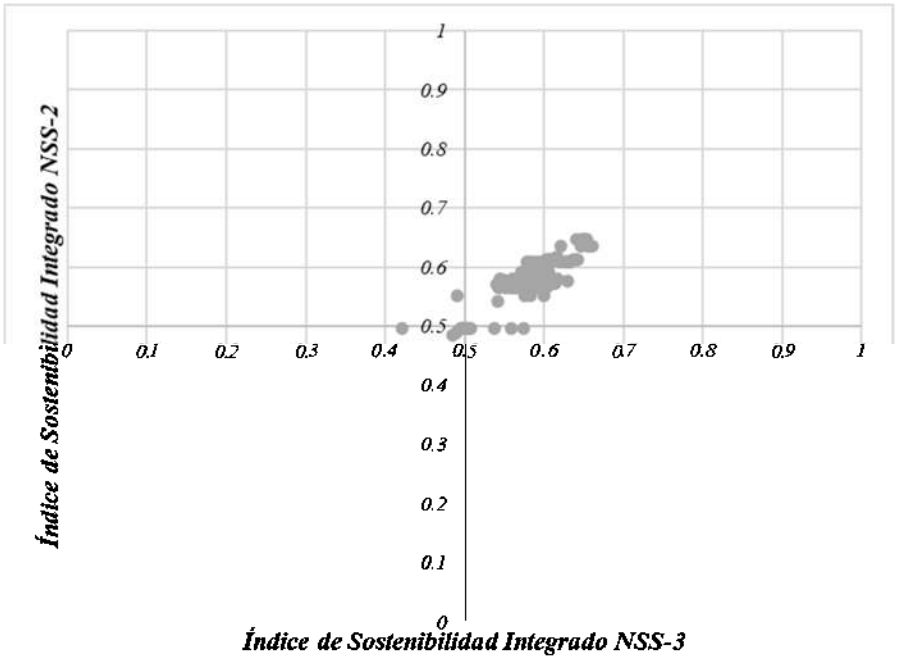
Es muy importante tener presente que el esquema propuesto para definir las categorías de oportunidad de manejo de una unidad NSS-3, se basa en la condición del índice de sostenibilidad integrado de la unidad NSS-3 y de la unidad NSS-2 que la contiene. Por ejemplo, si una unidad NSS-3 cuenta con un índice de sostenibilidad elevado pero la unidad NSS-2 que la contiene presenta un índice de sostenibilidad bajo, esta no entraría en una oportunidad de manejo 1, sino en una oportunidad de manejo 2. La logia que impera en la categorización es la de mantener la sinergia en

términos de la condición de sostenibilidad en dicha unidad NSS-3 con sus unidades vecinas, por lo que brindar una noción de las acciones que estarían más acorde a dicha condición.

21.2 Cuenca del río Samaná Sur

En el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a) pueden consultarse los diagramas de sostenibilidad multiescalar para los 8 escenario de análisis considerados en la cuenca del río Samaná Sur. Sin embargo, para efectos de la categorización de oportunidad de manejo, en la Figura 464 se presenta el diagrama de sostenibilidad multiescalar para el escenario 3.

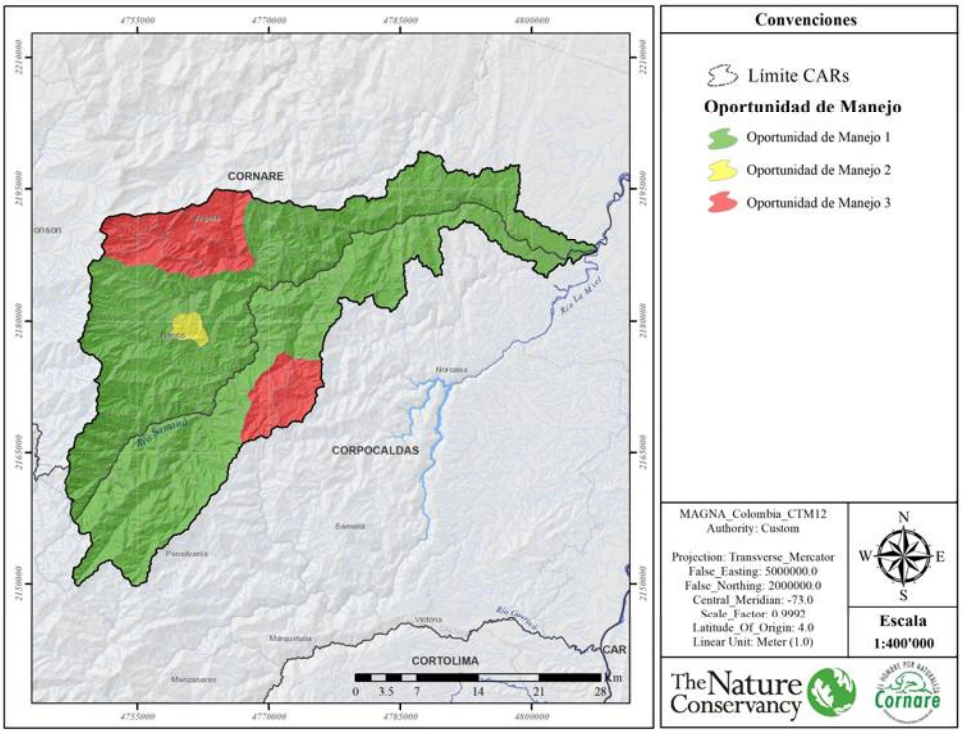
Figura 464. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para el escenario 3 de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC.

Tomando como base la Figura 460, las unidades NSS-3 en categoría de conservación como oportunidad de manejo 1 se concentran en el cuadrante superior derecho, siendo alrededor del 90.7% del total de las unidades NSS-3 que componen la cuenca del río Samaná Sur. En el cuadrante superior izquierdo se agrupan aquellas unidades en oportunidad de manejo 2, con una participación del 0,7% del total de las unidades NSS-3 de la cuenca. Por último, en los dos cuadrantes inferiores se sitúan las unidades NSS-3 en categoría de oportunidad de manejo de uso y manejo sostenible, siendo el 8,6% de todas las unidades de la cuenca. La distribución espacial de las unidades en las diferentes categorías de oportunidad de manejo, se presentan en Figura 465.

Figura 465. Propuesta de manejo de la cuenca del río Samaná Sur en el escenario 3



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

A nivel general, se observa que la distribución espacial de las oportunidades de manejo es coherente con la zonificación propuesta en el POMCA y presentada en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b). Por otra parte, se evidencia que solamente una unidad se encuentra en oportunidad de manejo 2, la cual corresponde a la quebrada del El Espíritu Santo Parte Alta. En oportunidad de manejo 3 se encuentran las unidades NSS-3 que componen la subcuenca del río Paloma, río Claro y quebrada Riachuello, esto debido al impacto que generan los proyectos hidroeléctricos situados en su interior.

Capítulo 22. Objetos de conservación y servicios ecosistémicos

En el actual numeral se presentan los objetos de conservación priorizados para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, así como también la prestación de los servicios ecosistémicos de las unidades NSS-3 de ambas cuencas (ver Anexo - Fase II - 2.0 y Anexo - Fase II - 3.0).

22.1 Objetos de conservación

De acuerdo con lo descrito en el Producto 2 "Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de los Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico" (TNC, 2021), un objeto de conservación "*aquellas especies en peligro de extinción, raras o únicas, de interés cultural o comercial para las comunidades, y a las áreas o tramos de río que cuentan con altos valores biológicos, ecológicos, sociales o culturales que garantizan el sustento y permanencia de dichas especies, así como también la provisión de servicios ecosistémicos*". En este sentido, a continuación, se presentan los objetos de conservación priorizados para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

✓ *Samaná Norte*

De acuerdo con la evaluación de los aspectos biológicos, socioculturales y estéticos de la biodiversidad reportada y registrada en la cuenca del río Samaná Norte, se tiene como resultado 73 especies objeto de conservación priorizados que se concentran en 14 tramos de río, los cuales presentan características de estado de amenaza crítico (CR) y en peligro (EN) ya sea endémicas o nativas (ver Tabla 221).

Tabla 221. Objetos de conservación y tramos de río priorizados en la cuenca del río Samaná Norte

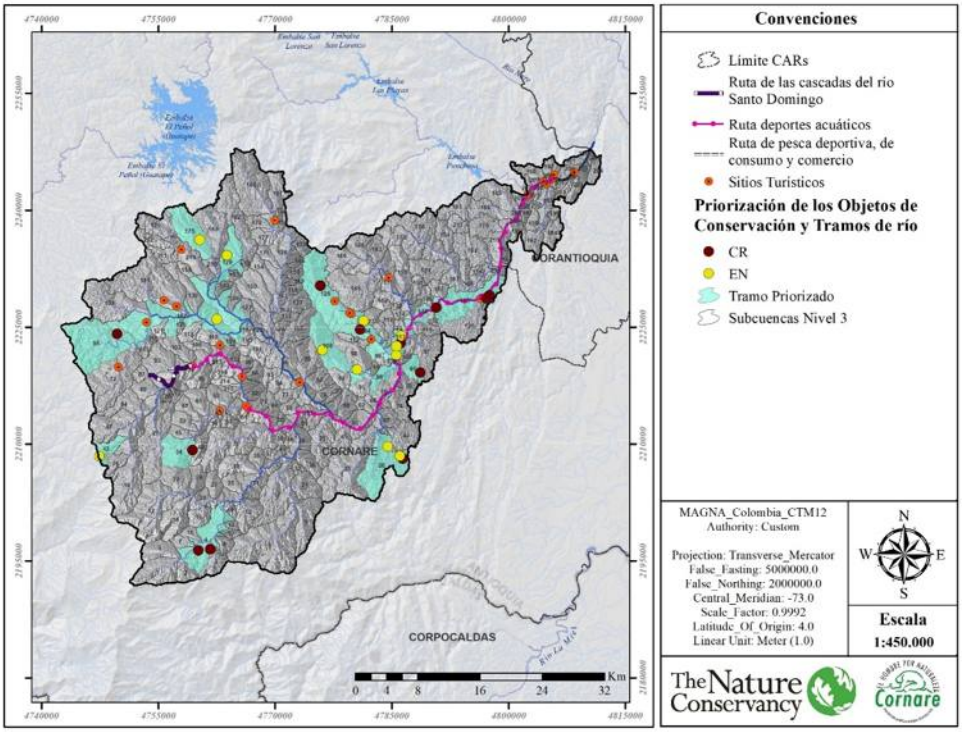
	Reino	Especie	Grado de Amenaza	Endemismo	Tramo de río
1	*Plantae*	*Cavendishia longirachis*	EN	Endémica	Q. Romasón
2	*Plantae*	*Miconia ecuadorensis*	CR	Nativa	Río Melcocho
3	*Plantae*	*Miconia ecuadorensis*	CR	Nativa	Río Melcocho
4	*Plantae*	*Miconia ecuadorensis*	CR	Nativa	Río Melcocho
5	*Animalia*	*Strengeriana antioquensis*	CR	Nativa	Río San Lorenzo
6	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
7	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
8	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
9	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
10	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
11	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
12	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
13	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
14	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
15	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
16	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
17	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
18	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
19	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
20	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
21	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
22	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
23	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
24	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
25	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta

	Reino	Especie	Grado de Amenaza	Endemismo	Tramo de río
26	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
27	*Plantae*	*Ceroxylon sasaimae*	CR	Nativa	Río Dormilón Parte Alta
28	*Plantae*	*Aiphanes argos*	CR	Nativa	Río Samaná Norte
29	*Plantae*	*Aiphanes argos*	CR	Nativa	Río Samaná Norte
30	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
31	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
32	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
33	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
34	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
35	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
36	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
37	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
38	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
39	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
40	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
41	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
42	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
43	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
44	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
45	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
46	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
47	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
48	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
49	*Animalia*	*Atelopus sonsonensis*	CR	Endémica	Río Verde Los Montes Parte Baja
50	*Plantae*	*Cremastosperma magdalenae*	EN	Endémica	Q. La Tebaida
51	*Plantae*	*Cremastosperma magdalenae*	EN	Endémica	Río Samaná Norte
52	*Plantae*	*Cremastosperma magdalenae*	EN	Endémica	Río Samaná Norte
53	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Q. San Pedro
54	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Q. San Pedro
55	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Q. San Pedro
56	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Q. La Tebaida Parte Alta
57	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Q. La Tebaida Parte Alta
58	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Río Cocorná
59	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Río Tafetanes
60	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Río Tafetanes
61	*Plantae*	*Cybianthus cogolloi*	EN	Endémica	Q. Santa Barbara Parte Alta
62	*Animalia*	*Hyloxalus ramosi*	EN	Endémica	Río Dormilón
63	*Plantae*	*Iryanthera megistocarpa*	CR	Nativa	Q. San Pedro
64	*Plantae*	*Iryanthera megistocarpa*	CR	Nativa	Q. La Salada
65	*Plantae*	*Iryanthera megistocarpa*	CR	Nativa	Río Dormilón
66	*Plantae*	*Iryanthera megistocarpa*	CR	Nativa	Río Samaná Norte
67	*Plantae*	*Iryanthera megistocarpa*	CR	Nativa	Río Samaná Norte
68	*Animalia*	*Phylloscartes lanyoni*	EN	Endémica	Q. San Pedro
69	*Plantae*	*Rhodostemonodaphne antioquensis*	EN	Endémica	Q. San Pedro
70	*Plantae*	*Rhodostemonodaphne antioquensis*	EN	Endémica	Q. San Pedro
71	*Plantae*	*Rhodostemonodaphne antioquensis*	EN	Endémica	Q. San Pedro
72	*Plantae*	*Rhodostemonodaphne antioquensis*	EN	Endémica	Q. San Pedro
73	*Plantae*	*Simira hirsuta*	EN	Endémica	Río Samaná Norte

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 466 se presenta la priorización de los objetos de conservación y tramos de río en la cuenca del río Samaná Norte. Asimismo, se toma en cuenta 24 puntos de sitios turísticos correspondiente a rutas de deportes acuáticos y cascadas, pesca deportiva, de consumo y comercio y sitios con atractivo turístico que se identificaron en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), en la cuenca como objetos de conservación debido a su importancia ecoturística y de valor paisajístico.

Figura 466. Objetos de conservación y tramos de río priorizados en la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

✓ *Samaná Sur*

De acuerdo con la evaluación de los aspectos biológicos, socioculturales y estéticos de la biodiversidad reportada y registrada en la cuenca del río Samaná Sur, se tiene como resultado 76 especies objeto de conservación priorizados que se concentran en 8 tramos de río, los cuales presentan características de estado de amenaza crítico (CR) y en peligro (EN) ya sea endémicas o nativas (ver Tabla 222).

Tabla 222. Objetos de conservación y tramos de río priorizados en la cuenca del río Samaná Sur

	Reino	Especie	Grado de Amenaza	Endemismo	Tramo de río
1	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
2	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
3	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
4	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
5	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
6	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)

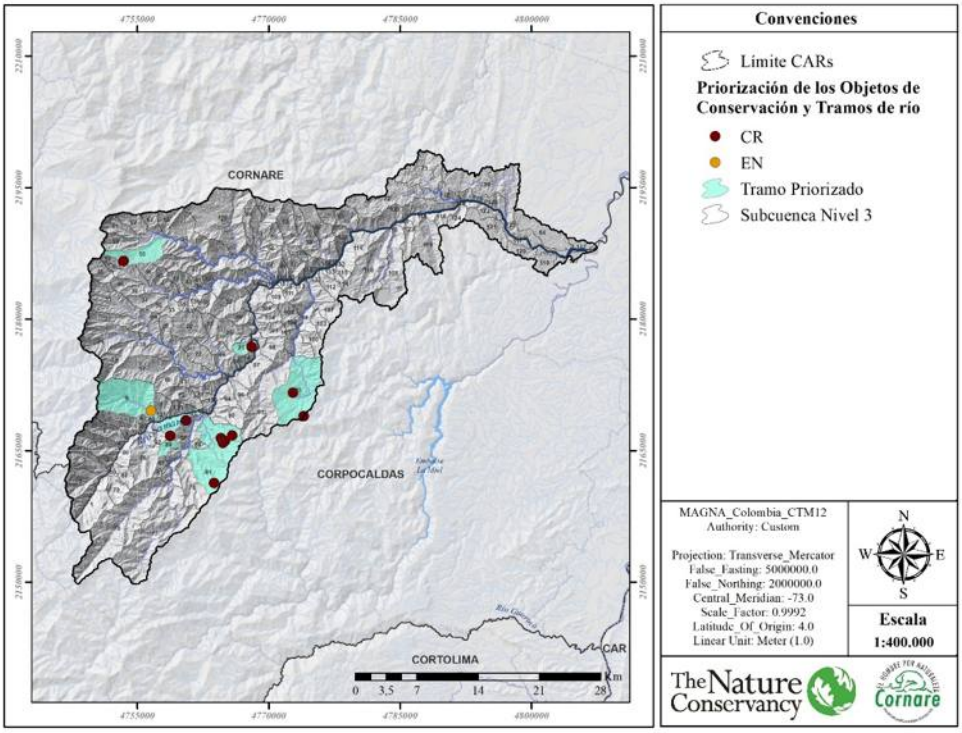
	Reino	Especie	Grado de Amenaza	Endemismo	Tramo de río
7	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
8	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
9	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
10	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
11	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
12	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
13	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
14	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
15	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
16	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
17	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
18	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
19	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
20	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
21	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
22	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
23	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
24	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
25	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
26	*Animalia*	*Hemiphractus johnsoni*	EN	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
27	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
28	*Animalia*	*Pristimantis torrenticola*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
29	*Animalia*	*Pristimantis torrenticola*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
30	*Animalia*	*Pristimantis torrenticola*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
31	*Animalia*	*Pristimantis torrenticola*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
32	*Animalia*	*Pristimantis torrenticola*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
33	*Animalia*	*Pristimantis torrenticola*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
34	*Animalia*	*Pristimantis tribulosus*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
35	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
36	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
37	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
38	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
39	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
40	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
41	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
42	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
43	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
44	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
45	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
46	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
47	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
48	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
49	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
50	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)
51	*Animalia*	*Pristimantis tribulosus*	CR	Endémica	Q. El Caney
52	*Animalia*	*Pristimantis tribulosus*	CR	Endémica	Q. El Rosario
53	*Animalia*	*Pristimantis torrenticola*	CR	Endémica	Q. Las Mercedes
54	*Animalia*	*Pristimantis torrenticola*	CR	Endémica	Q. Las Mercedes
55	*Animalia*	*Ateles hybridus*	CR	Nativa	Q. Las Mercedes
56	*Animalia*	*Ateles hybridus*	CR	Nativa	Q. Las Mercedes
57	*Animalia*	*Ateles hybridus*	CR	Nativa	Q. Las Mercedes
58	*Animalia*	*Pristimantis bernali*	CR	Endémica	Q. San Pablo
59	*Animalia*	*Pristimantis bernali*	CR	Endémica	Q. San Pablo
60	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Río Claro
61	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Río Claro
62	*Animalia*	*Pristimantis veletis*	CR	Endémica	Río Claro
63	*Animalia*	*Pristimantis actinolaimus*	EN	Endémica	Río Venus
64	*Animalia*	*Pristimantis parectatus*	EN	Endémica	
65	*Animalia*	*Pristimantis parectatus*	EN	Endémica	
66	*Animalia*	*Pristimantis parectatus*	EN	Endémica	
67	*Animalia*	*Pristimantis parectatus*	EN	Endémica	
68	*Animalia*	*Pristimantis parectatus*	EN	Endémica	

	Reino	Especie	Grado de Amenaza	Endemismo	Tramo de río
69	*Animalia*	*Pristimantis parectatus*	EN	Endémica	
70	*Animalia*	*Pristimantis parectatus*	EN	Endémica	
71	*Animalia*	*Pristimantis parectatus*	EN	Endémica	
72	*Animalia*	*Centrolene geckoideum*	CR	Nativa	
73	*Animalia*	*Centrolene geckoideum*	CR	Nativa	
74	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	
75	*Animalia*	*Pristimantis lichenoides*	CR	Endémica	
76	*Animalia*	*Pristimantis tribulosus*	CR	Endémica	

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 467 se presenta la priorización de los objetos de conservación y tramos de río en la cuenca del río Samaná Sur.

Figura 467. Objetos de conservación y tramos de río priorizados en la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

✓ *Análisis de los Objetos de Conservación*

Los atributos que en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b) permitieron seleccionar las especies objeto de conservación, fueron: el estatus de amenaza de extinción, en especial las categorías peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerable (VU), especies endémicas, migradoras y las que presentan algún tipo de uso y valoración por parte de las comunidades de la región.

De acuerdo con la información recopilada sobre el estado de amenaza de conservación, el IUCN Red List of Threatened Species (Calderón, 1998) registra la planta Casearia quinduensis como una especie extinta, esta planta fue referenciada en el POMCA a pesar de que la especie fue registrada en un inventario realizado en el parque Arví en límites con el municipio de Medellín, área por fuera

de la cuenca Samaná Norte, pero hace parte de las cabeceras de la cuenca del río Nare de la cual hace parte el río Samaná Norte (Higuita & Álavarez, 2015). Es necesario que se indague sobre el real estatus de amenaza de esta especie, lo cual se debe realizar por medio de los censos poblacionales que permitan validar o realizar el debido correctivo en las bases de datos locales y a nivel internacional con el IUCN; esto permitirá proponer estrategias que permitan seguir recuperando una especie que se daba por extinta, comenzando por campañas de ciencia participativa que permitan buscar individuos en la cuenca Samaná Norte, luego de tener clara su distribución en la cuenca, se debe realizar divulgación en medios científicos y comunitarios regionales sobre la importancia de conservar una especie que se daba por extinta, y por último, evaluar la idoneidad de realizar repoblamientos. En cuanto a los animales, también es importante realizar censos poblacionales que permitan dilucidar el estado de conservación de la biodiversidad presente en la cuenca, en especial de las especies en categorías de amenaza peligro crítico (CR) como el cangrejo de agua dulce (*Strengeriana antioquensis*), el pez capaz (*Pimelodus grosskopfii*), la rana arlequín (*Atelopus sonsonensis*), el pajuí de pico azul (*Crax alberti*), el loro orejiamarillo (*Ognorhynchus icterotis*), el mono lanudo (*Lagothrix lugens*) y el mono araña (*Lagothrix lugens*) que se encuentran en peligro crítico (CR). Para mayor continuidad y cobertura de los estudios poblacionales, es necesario vincular a la academia, autoridades ambientales y comunidades humanas que habitan y hacen uso de la cuenca, lo cual se puede plantear por medio de los diálogos de saberes, inventarios y monitoreos participativos.

Como se mencionó en el estudio de diagnóstico, no todas las especies documentadas en el POMCA, y estudios ambientales de licenciamientos de proyectos presentan distribución actual en la cuenca, tal es el caso de la Danta (*Tapirus terrestres*) especie vulnerable (VU) que no aparece en reportes científicos ni tampoco ha sido avistada por las comunidades que participan en el proyecto de conservación basado en comunidades que adelanta TNC en algunas veredas de la cuenca. Es importante evaluar esta información, ya que se puede estar ante una extinción local de la Danta en la cuenca Samaná Norte, lo cual genera la necesidad de indagar y tratar de conocer las causas que llevaron a esta posible extinción local, y esto servir de insumo para tomar acciones en otros territorios donde aún exista esta esta especie, y en lo posible comenzar procesos que permitan restaurar el hábitat adecuado para la Danta, con el propósito de realizar repoblamientos con individuos de la misma cuenca o cuencas aledañas.

En cuanto a la distribución de las especies en categorías de amenaza, es importante recordar que no se cuenta con datos en todas la cuencas nivel 3, para lo cual se debe plantear una metodología de inventarios y monitoreos que permitan abarcar la mayor representatividad posible de la unidades de análisis, el cual debe responder a preguntas de distribución, evolución y estado poblacional de las especies en la cuenca Samaná Norte; esto se debe analizar en periodos de tiempo que permitan analizar, verificar y corregir las propuesta de manejo de los recursos naturales, y además, servir de insumo y complemento para los requerimientos de los estudios de impacto ambiental, ya que muchos de estos son realizados con objetivos muy específicos, en zonas de interés de los proyectos, con poca periodicidad y cuestionados por el bajo rigor científico con el que se realizan estos estudios. Es importante vincular a todos los actores del territorio en estos inventarios y monitoreos, realizando convenios con universidades, administraciones gubernamentales en todas sus jerarquías, grupos y colectivos ambientales, escuelas y colegios, y demás actores interesados en el uso sostenible de los recursos naturales. Es importante acotar que Cornare viene adelantando

este tipo de trabajos, pero según la información analizada en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), pero la información y estudios se concentran en áreas de fácil acceso, existencia de proyectos hidroeléctricos y en zonas declaradas como áreas protegidas.

Otras especies objeto de conservación fueron las endémicas, siendo en su mayoría especies de distribución única en Colombia, en especial para la cuenca del gran río de La Magdalena. Estas especies por ser de hábitats restringidos, merecen ser estudiadas a nivel poblacional y buscar su similitud con los demás reportes en el país y la cuenca, esto se debe realizar por medio de estudios genéticos y de taxonomía integrativa, que permita dilucidar si el estatus de endemismo corresponde a nivel nacional, regional o local estricto, lo cual también permitirá conocer si son varias poblaciones dentro de una especie con distribución restringida, o la posibilidad que sean especies diferentes; esto con el objetivo principal de conocer la biodiversidad, pero también por la necesidad de plantear estrategias de conservación adecuadas para la cuenca Samaná Norte que permitan el uso sostenible de los recursos naturales sin la afectación de las especies de distribución y hábitats restringidos. Es importante aclarar que los resultados obtenidos en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b) para la distribución de las especies endémicas, obedece a registros verificables en las bases de datos, colecciones biológicas y artículos científicos, y no a un proceso de inventario y monitoreo de estas especies, por lo cual es muy posible que estos registros aumenten con los trabajos que se deben realizar en esas unidades de análisis de cuenca nivel 3 donde no hay estudios que integren todos los grupos taxonómicos de la biodiversidad.

En la cuenca Samaná Norte se pueden encontrar cerca del 58% de las especies de peces endémicos reportados con distribución en la cuenca del río Magdalena – Cauca (233 especies, 158 endémicas) (García et al., 2020). Indicativo que la cuenca Samaná Norte es de gran importancia para generar estrategias de conservación en el Magdalena medio, ya que las especies que se distribuyen en esta cuenca tienen características biológicas únicas para llevar a cabo su historia natural de vida, las cuales se encuentran en hábitats muy específicos, y con su protección se preservarían todos los servicios ecosistémicos que generan los peces en la región del oriente de Antioquia, que cada vez son más amenazados por las actividades económicas (Valderrama et al., 2020). En este sentido es importante evaluar los repoblamientos de peces que se realizan en la cuenca por parte de las autoridades ambientales, indagando sobre la posible afectación de las poblaciones naturales y la disponibilidad de hábitat para esos individuos de repoblamiento.

Vale la pena resaltar dos especies de grandes mamíferos para los cuales se encontró distribución reciente en la cuenca reportada por Cornare, que son el puma (*Puma concolor*) en preocupación menor con poblaciones en decrecimiento (LC) y el jaguar (*Panthera onca*) casi amenazado con las poblaciones decreciendo (NT). Esto es un gran ejemplo de los excelentes resultados de la ciencia participativa, ya que gracias al uso de tecnologías como las cámaras trampa, las cuales son prestadas a las comunidades que hace parte de los programas de conservación y resolución de conflictos ambientales por parte de Cornare, se ha permitido visibilizar y socializar la importancia ecosistémica de la presencia de estos grandes felinos. Además, estos reportes se deben asociar a la intenciones de la Fundación Panthera (ONG internacional) para crear un corredor biológico para el jaguar, reiterando la importancia de conservar los bosques de las cuencas del Magdalena Medio, tratando de unir esos corredores propuestos por diferentes entidades mediante estrategias que ya se han adelantado como las propuestas en el proyecto Huella Viva, donde se recomiendan metodologías de ahuyentamiento, encierro de animales domésticos, ganadería regenerativa y otros métodos que

Cornare también ha venido implementando. Lo ideal es conectar esos territorios por donde actualmente se desplazan estos grandes felinos.

En cuanto a los inventarios participativos, un ejemplo de su eficacia y necesidad es lo ocurrido con el lagarto espinoso *Morunasaurus groi* que fue encontrado por un campesino de la vereda Santa Rita del municipio de San Carlos en un bosque ribera de la quebrada Los Pomos afluente del río San Miguel, y reportado durante un inventario participativo del convenio 247-2020 realizado entre Cornare y la gobernación de Antioquia. Este lagarto que se encuentra en peligro (EN) para el cual no se contaba con nuevos registros comprobables para Colombia desde 1985, permitiendo ampliar su distribución para la cuenca del río Magdalena con evidencias(Vásquez Restrepo, 2021), pues aunque en la base de datos de Global Biodiversity Information Facility (GBIF.Org, 2021) existen otros reportes para Colombia, son de observaciones sin evidencias y errores en georreferenciación (Corredor et al., 1985; Vásquez Restrepo, 2021). Vale la pena aclarar que la publicación del registro de este lagarto espinoso fue realizada luego de la elaboración del Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), siendo un claro ejemplo de la necesidad de estar revisando y actualizando constantemente las bases de datos que sirven para la toma de decisiones por parte de las autoridades ambientales.

La migración de peces es considerada un atributo ecológico clave para los ecosistemas acuáticos de la Cuenca Samaná Norte, esto se debe a la necesidad fisiológica que tienen los peces de remontar los ríos para su reproducción, esta se han tratado de describir con los estudios realizados por empresas consultoras para los proyectos hidroeléctricos y definen las metodologías según los requerimientos ambientales que en la mayoría de los casos se enfocan hacia las áreas de influencias directa, aislando esa zona del sistema hídrico sin una correcta distribución y metodologías de muestreo, en lo que refiere a la periodicidad, la distribución de los puntos de muestreo y a la identificación del ictioplancton. En el caso de los recorridos realizados por los peces, el uso de marcas externas para el estudio de las migraciones de peces presenta la ventaja de que son económicas, fáciles y rápidas para sujetar al pez, también permiten individualizar los peces, fáciles de detectar y permiten ser reportadas por cualquier persona ya que no se necesita de equipos de detección (Thorsteinsson, 2002); pero también tiene grandes desventajas como la subestimación de los movimientos que realizan los peces, los cuales se ven influenciados por los bajos reportes de recaptura, llevando a inferir los patrones migratorios con la información de los peces recapturados y no se tienen en cuenta los peces faltantes que: pudieron haber muerto, perdido la marca, o migrado más allá de los límites de muestreo, o que simplemente no fueron reportados por los pescadores (Lucas & Baras, 2001) recomiendan aprovechar las ventajas de la información genómica y morfológica, como en los trabajos de genética en poblaciones de las especies donde se puede encontrar estructuración genética en las poblaciones de peces que migran en la cuenca del río Magdalena como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (Fontalvo et al., 2018), deduciendo áreas de vida para la vizcaína (*Curimata mivartii*) de 350 Km (Landinez García & Márquez, 2018), proponiéndola como una especie de migración mediana (MM). Los proyectos hidroeléctricos de Palagua, Porvenir II y Guayacanes, tras su construcción bloquearían estas rutas migratorias, dado que estos se encuentran ubicados en el cauce principal del río Samaná Norte.

En el documento presentado por parte de The Nature Conservancy (TNC) a la Autoridad de Licencias Ambientales (ANLA) sobre el piloto de evaluación de impactos acumulativos del sector hidroeléctrico sobre la cueca Magdalena, se comenta que debido a la fragmentación de la red fluvial

por 35 proyectos hidroeléctricos en operación, el área de distribución de los peces de interés comercial se redujo en un 8%, siendo notable la pérdida de hábitats para estas especies por la entrada en operación de Betania, El Quimbo y Sogamoso. En términos de riqueza de especies esto implica que los kilómetros de ríos que tenían una riqueza baja y media disminuyeron, generándose un empobrecimiento en el número de especies en diferentes tramos de la cuenca alta y media principalmente, sino que también se ocasionó la pérdida de especies comerciales y migratorias en una parte importante de la red fluvial (The Nature Conservancy, 2017a). Es necesario ajustar los modelos con la ubicación adecuada de las barreras naturales de distribución de las especies migratorias y de interés pesquero, con el fin poder tener resultados más precisos en estos modelos.

Se debe tener en cuenta que las cuencas Samaná Norte y Samaná escurren por la vertiente oriental de la cordillera central de los andes, siendo cuencas vecinas con una gran similitud en la diversidad de especies biológicas. Las diferencias que se encontraron durante el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b) corresponden a la disponibilidad de información para cada grupo biológico, lo cual plantea la necesidad de realizar en ambas cuencas inventarios en las zonas donde no se cuenta con información disponible, siguiendo los mismos criterios de que se proponen para la cuenca del Samaná Norte donde se vinculen todos los actores en el territorio y la divulgación sea realice en todos los gremios sociales, dejando en lo posible evidencias comprobables de los registros y estudios que se realicen, con base en estos inventarios en todos los grupos biológicos en las unidades de análisis nivel 3 de cuenca, se deben proponer las estrategias de conservación, ya que los registros históricos no reflejan en el estado actual de la biodiversidad de la cuenca, los cual se puede realizar por medios de los monitoreos participativos brindado la herramientas y capacidades adecuadas a las comunidades rurales que permitan brindar insumos a las comunidades científicas para su validación y divulgación, lo cual permitirá a las autoridades ambientales tomar decisiones más acertadas con información en constante actualización.

La cuenca del río Samaná Sur, aunque presenta una menor extensión en comparación con la cuenca Samaná Norte, posee una menor cobertura de información biológica en las unidades de análisis de nivel subsiguiente 3. Lo anterior, refleja la necesidad de aunar esfuerzos para complementar la información a nivel de especies y poblaciones, siguiendo metodologías que permitan dilucidar la correcta identificación de las especies, permitiendo así que se puedan asignar de mejor manera las categorías adecuadas de estado de conservación y endemismo. Estas diferencias en la distribución de registros y especies, se debe la cercanía de los lugares donde se realizan los inventarios con la antigua vía Medellín Bogotá, al acceso a sitios turísticos de naturaleza, y a trabajos más específicos como los realizados en el parque Nacional Natural de la Selva Florencia, la zona del páramo de Sonsón y los estudios que se han adelantado por parte de ISAGEN. Estos trabajos son generados con objetivos diferentes, lo cual puede ser un inconveniente en el momento de realizar análisis de distribución y de sostenibilidad de los recursos naturales de la cuenca debido los muestreos se realizan en polígonos muy específicos y no a los patrones de distribución de las especies. En el caso de los peces por ejemplo, en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b) se documentó ampliamente para ambas cuencas la necesidad de seguir en los inventarios un gradiente altitudinal de las especies, abarcando la mayor representatividad de los diferentes pisos térmicos que permita dilucidar estos recambios de especies, no solo en el cauce principal de ambos ambas cuencas, también en sus afluentes.

También es importante tener en cuenta que ambas cuencas hacen parte de un sistema mayor que es el gran río de La Magdalena, y que las decisiones que se tomen estén en la vía de la conservación y usos sostenibles de esta gran cuenca, teniendo en cuenta que ya otros afluentes han recibido impactos muy fuertes, tal es el caso de los proyectos hidroeléctricos del río Nare y Guatapé en el caso de la cuenca Samaná Norte, y el río La Miel y río Manso en la cuenca Samaná Sur, lo cual suma a una serie de impactos acumulados que se incrementaría aún más con la cantidad de proyectos que se tienen presupuestados en ambas cuencas. En el caso de la cuenca del río Samaná Sur, no fue posible describir hasta donde pueden subir por los afluentes los peces migratorios, lo cual se debe realizar mediante las metodologías propuestas para la cuenca del río Samaná Norte, y la vez se debe estandarizar junto a las demás autoridades ambientales del país, una metodología que permita describir los recorridos migratorios de los peces a nivel nacional en la cuenca del río Magdalena, ya que como se ha mencionado antes, la mayoría de estudios que tratan de explicar estos recorridos son con objetivos muy específicos como las áreas de interés de los generadores hidroeléctricos, y no obedecen a un plan nacional que proteja las rutas migratorias de los peces, que son las especies que sostienen las pesquerías en toda la cuenca.

Las actividades socioeconómicas como la ganadería y agricultura extensiva, minería, pesca, extracción de madera, turismo, entre otras, son actividades que sumadas a los vertimientos domésticos e industriales de los asentamientos humanos que se registran en las cuencas ejercen un efecto acumulativo en la calidad, diversidad de hábitat y en el recurso agua, poniendo en un mayor riesgo la dinámica natural del río y con ello la pérdida de la biota natural asociada al ecosistema (Gutiérrez Moreno & De la Parra Guerra, 2020). En este sentido es importante que las autoridades ambientales sigan fomentando mediante campañas educativas y de divulgación, la necesidad de realizar estas actividades en armonía con la naturaleza, para lo cual se debe contar con el conocimiento de las comunidades acerca de los métodos tradicionales y actuales para el desarrollo de estas actividades económicas, que permitan disminuir la presión sobre estos recursos naturales, y a su vez colaboren con el conocimiento de la biodiversidad como en el caso de la actividad turística del avistamiento de aves, lo cual, en asocio con la comunidad científica ha permitido inventariar año tras año la diversidad de aves a nivel mundial y local con las actividades desarrolladas durante el Global big day. Esta es una propuesta que evidencia año tras año el real estado de la diversidad de aves en ambas cuencas, lo cual se puede complementar con diseños metodológicos que permitan ir a esas unidades de análisis nivel 3 donde aún no se cuenta con registros o la información esta desactualizada.

En la cuenca del Magdalena se ha evidenciado que la sobrepesca de las especies nativas comerciales particularmente durante su migración, lo cual ha provocado descenso de sus poblaciones, sin tener un control sobre el ordenamiento pesquero y el cumplimiento de las regulaciones (Hernández et al., 2020) (Valderrama et al., 2020). Estas actividades influyen en las poblaciones de peces que se distribuyen en las cuencas Samaná Norte y Samaná Sur, y por ende en las actividades socioeconómicas y culturales alrededor de las especies que son utilizadas como recurso pesquero. Se ha reportado que en algunos casos las especies nativas no cumplen con las demandas e intereses socioeconómicos para el sostenimiento de las pesquerías, donde el uso y cultivo de especies no nativas se convierten en un renglón económico en la región del Magdalena , como es el caso de las tilapias, cachamas, carpa, y truchas, en el caso de las especies de consumo alimenticio, pero también existe un mercado de especies ornamentales provenientes de otras cuencas y países, en especial en

el municipio de Cocorná. A raíz de estos cultivos de especies introducidas, se han registrado individuos de estas especies en estado silvestre, lo cual debe tener mayor control por las autoridades ambientales, exigiendo diseños que eviten la fuga de estas especies a los cuerpos a agua naturales; otro tema relacionado con estas especies, es la introducción por parte de pescadores deportivos de las especies de pavones provenientes de la cuenca amazónica en los embalses del país y del oriente de Antioquia, lo cual ha generado un sentimiento de conservación hacia estas especies por parte de pescadores deportivos y prestadores de servicios turísticos, los cuales generan campañas de protección de estas especies por motivos personales y económicos que nada tiene que ver con la conservación de especies endémicas y nativas de la cuenca del río Magdalena. En este sentido, la AUNAP y las corporaciones ambientales deben fomentar campañas de educación que sensibilicen a las personas sobre los efectos adversos que provocan estas prácticas de traslocación e introducción de especies. Las actividades de introducción de especies no nativas aún no tienen un control efectivo, es posible que en los sistemas de granjas se lleve a cabo con toda la reglamentación, pero en los sistemas naturales muchas veces se desconocen las interacciones de los ejemplares de las especies introducidas en el ecosistema (Lasso et al., 2020).

En los afluentes de la cuenca alta y media de las cuencas Samaná Norte y Samaná Sur, los peces de tamaño pequeño de los géneros *Astroblepus, Trichomycterus* y *Hemibrycon* han sido identificados como recurso alimenticio tradicional que ha sido subvalorado, mientras que en la parte media de la cuenca se consideran a la sabaleta (*Brycon henni*) (para la cuenca del Samaná Sur no se encontraron registros de *Brycon henni*) y el muleto (*Geophagus steindachneri*) como las principales especies utilizadas como recurso alimenticio. Estas especies por no ser parte importante en los renglones de la economía son subestimadas en la consolidación de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, siendo especies que han suministrado fuentes de alimento a las comunidades rurales más alejadas, lo cual debe ser valorado y tenido en cuenta en los programas de conservación y uso sostenible de los recursos naturales, y de nueva una estrategia interesante, serían los inventarios y monitoreos participativos.

En la parte baja de la cuenca se registran 14 especies que presentan valor como recurso alimenticio y económico, entre las que se destacan las siguientes especies: la dorada (*Brycon moorei*), la paloma (*Brycon rubricauda*) la picuda (*Salminus affinis*), el pataló (*Ichthyoelephas longirostris*), el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el capaz (*Pimelodus grosskopfii*), el nicuro (*Pimelodus yuma*), el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*). En cuanto a la cantidad de especies que se usan como alimento, vale la pena resaltar que las comunidades de la cuenca Samaná Norte manifiestan que todas las especies son comestibles, aunque hay preferencias por las especies de mayor tamaño y de valor comercial. Para estas especies, es importante generar una estrategia que permita registrar los resultados de las pesquerías de ambas cuencas en el Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC), el cual es la herramienta principal de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) para generar la estadística pesquera nacional y el conjunto de indicadores pesqueros, biológicos y económicos que contribuyen al manejo y ordenación de los recursos pesqueros aprovechados en las aguas marinas y continentales de Colombia; ´durante la elaboración en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b) se evidencio la carencia de información de las cuencas en este sistema. Según datos del POMCA en la cuenca se cuenta con 2.900 estanques y una producción aproximada de 521 ton/año. Las principales especies cultivadas corresponden a tilapia, trucha y cachama. En algunos municipios existen asociaciones de

piscicultores que permiten una mayor formalización de la actividad económica, entre estas se encuentran: PROPEZ (Asociación de Piscicultores de Cocorná) y ASOPISAN (Asociación de piscicultores de San Carlos).

La actividad de extracción de oro en los ríos y quebradas es también recurrente en la cuenca del Samaná Norte, tanto artesanal como con el uso de dragas y motobombas. Aunque la extracción se realiza de forma artesanal, en algunas ocasiones trae consigo la mayor fuente intencional de desechos tóxicos al ecosistema por el uso indebido del mercurio (Cordy et al., 2011); la investigación y adopción de nuevas tecnologías para la extracción de oro amigables con los ecosistemas, esto se debe de realizar con la compañía de una administración estatal que promueva la minimización de los efectos hacia los ecosistemas acuáticos, su biota asociada y en la interacción con la sociedad.

En cuanto a los usos de la biodiversidad en ambas cuencas, se debe corroborar con las comunidades y actualizar esta información, pues a pesar de que los usos tradicionales van desapareciendo con la disminución de las coberturas vegetales y el deceso de las personas mayores, sin embargo, hay movimientos culturales en los pueblos que tratan de rescatar ese conocimiento, y con el uso de nuevas tecnologías hacer un aprovechamiento sostenible de esta diversidad de plantas.

En el caso de los hongos, es evidente la falta de inventarios debido a que las especies reportadas para la cuenca solo representa el 0,7% de especies de hongos del país (*SiB Colombia*, 2021), lo cual subestima a gran escala la diversidad de este grupo que es usado en otros países del mundo como fuente alimenticia y medicinal. Tanto los hongos como los insectos son esenciales en el ciclo de la descomposición de la materia orgánica, lo cual permite la disponibilidad de los nutrientes para plantas y otros animales. Estos grupos taxonómicos deben tenerse en cuenta en todos los planes de manejo de las cuencas, áreas protegidas y estratégicas, como también en los estudios de impacto ambiental.

22.2 Servicios ecosistémicos

De acuerdo con lo descrito en el Producto 2 “Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de los Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico” (TNC, 2021), los servicios ecosistémicos se consideran como *los “beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad”.* En este sentido, para la definición de los servicios ecosistémicos para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. En este sentido, a continuación, se presentan la prestación de los servicios ecosistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

- ✓ *Samaná Norte*

Rendimiento Hídrico Anual (RHA): La cuenca del río Samaná Norte frente al servicio ecosistémico de provisión de aguas presenta valores superiores a los 1.000 mm/año, llegando a ser en algunas zonas mayores a los 5.000 mm/año. Este gran aporte esta dado principalmente por la oferta atmosférica que presenta la cuenca del río Samaná Norte en términos de precipitaciones (ver Figura 468).

Rendimiento Hídrico Estacional (RHE): Se observa la regulación hídrica mediante el aporte al flujo base que presentan las diferentes áreas de la cuenca del río Samaná Norte que varían entre alto, medio y bajo (ver Figura 468).

Proporción de Entrega de Sedimentos (PES): Se observa que la cuenca en su gran mayoría presenta bajos aportes de sedimentos, siendo los mayores en zonas con coberturas asociadas a cultivos y pastos. De esta forma, la prestación del servicio ecosistémico es buena debido a que no se presenta áreas importantes con erosión del suelo el cual es un factor clave en el proceso de degradación de la tierra, pérdida de fertilidad del suelo y desertificación, y contribuye a reducir la productividad de la pesca en los cursos inferiores de los ríos (ver Figura 468).

Proporción Entrega de Nutrientes Fósforo y Nitrógeno (PENF y PENN): Las zonas con los mayores aportes de fósforo y nitrógeno (que de alguna manera pueden afectar la calidad del agua de fuentes hídricas) de la cuenca del río Samaná Norte, se encuentran asociados a zonas de cultivos (ver Figura 468).

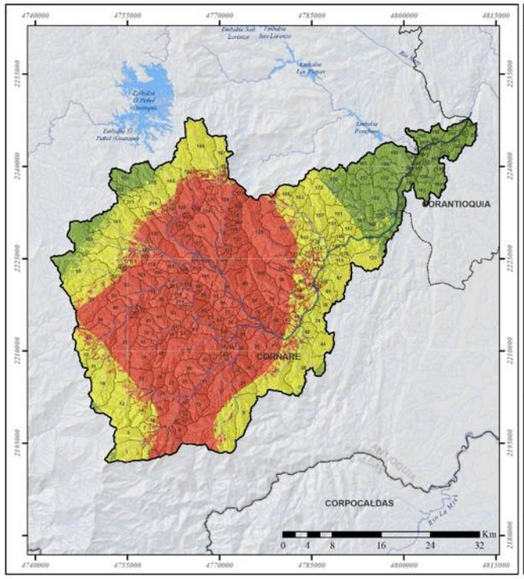
Almacenamiento de Carbono (AC): El servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono permiten evidenciar como las coberturas boscosas en la cuenca de los ríos Samaná Norte resultan ser grandes almacenadores de carbono, lo cual permite no solo reducir y equilibrar las concentraciones de gases de efecto invernadero, sino que también permiten la mitigación y adaptación al cambio climático (ver Figura 468).

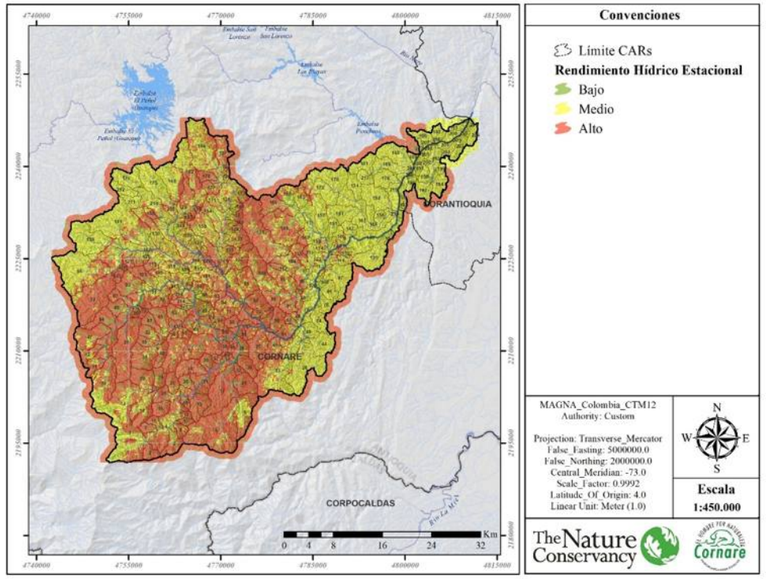
Calidad del Hábitat (CH): Se observa que gran parte del área de la cuenca presta un servicio ecosistémico de calidad del hábitat alto, lo que indica de manera espacialmente explicita las áreas más importantes para la conservación y el uso de biodiversidad y permite identificar oportunidades de restauración de ecosistemas en áreas degradadas, también permitiría generar una capa de hábitats de la cuenca del río Samaná Norte en la que se pueden observar sinergias y tradeoffs con otros servicios ecosistémicos de regulación y/o culturales (ver Figura 468).

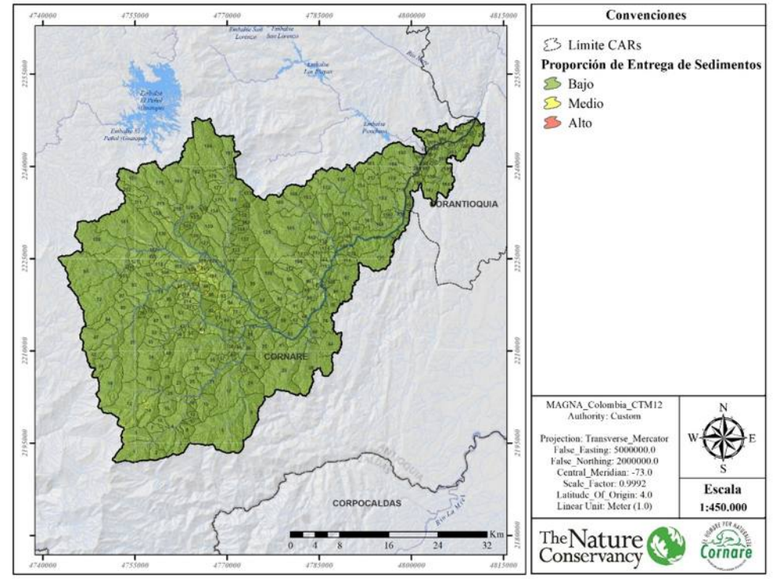
Visitas Recreación y Turismo (VRC): La mayor concentración de fotos usuario día corresponde con sitios turísticos tradicionales, bien conocidos por los habitantes de la cuenca y visitantes como por ejemplo el mirador de Cocorná. También la concentración y fotos puede estar influenciada por la accesibilidad al sitio y su proximidad con las principales vías de transporte (ver Figura 468).

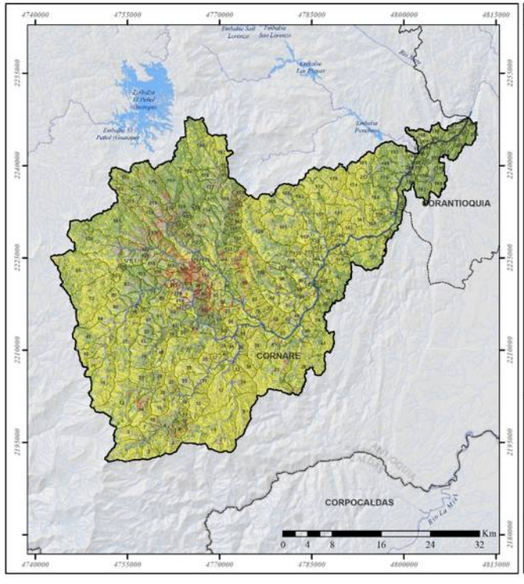
Producción de Cultivos de Aguacate (PCA), Café (PCCafé), Caña (PCCaña) y Maíz (PCM): Si bien la cuenca no es principalmente caracterizada por la producción de cultivos y tiene una extensión mayor en pasturas, se evidencia áreas potenciales de acuerdo con sus características topológicas e hidro climáticas para la producción de aguacate, café, caña y maíz (ver Figura 468).

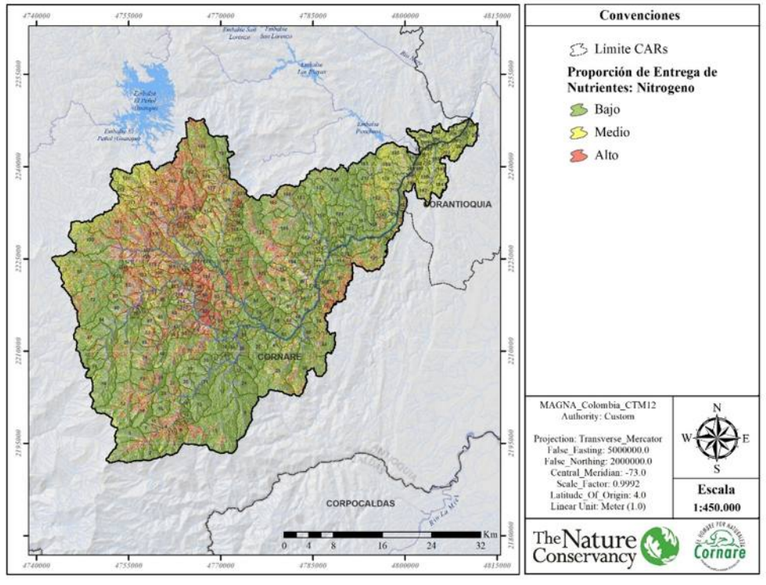
Figura 468. Servicios ecosistémicos de la cuenca del río Samaná Norte

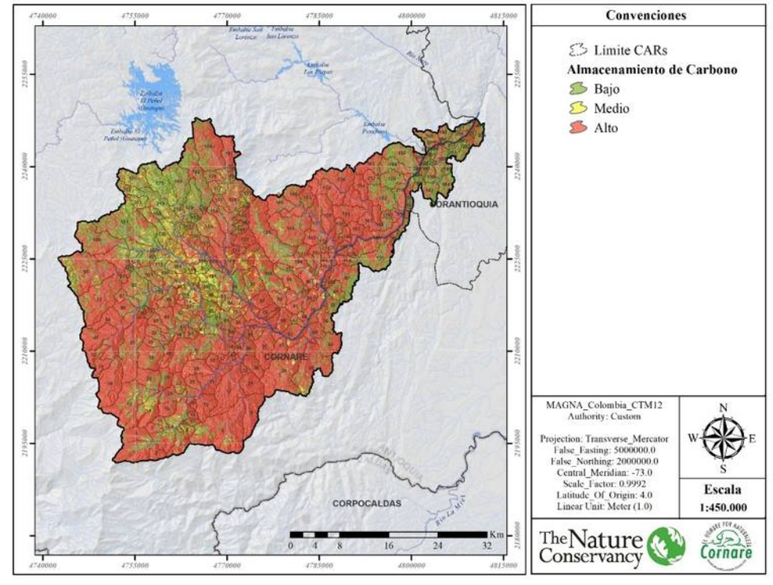


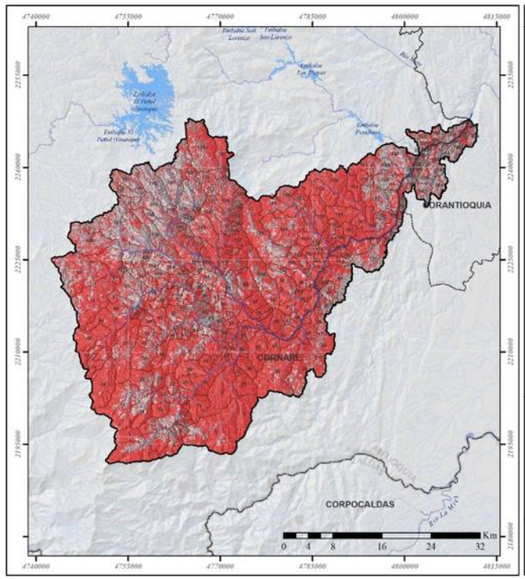












Convenciones

Límite CARs

Calidad del Hábitat

Alto

MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

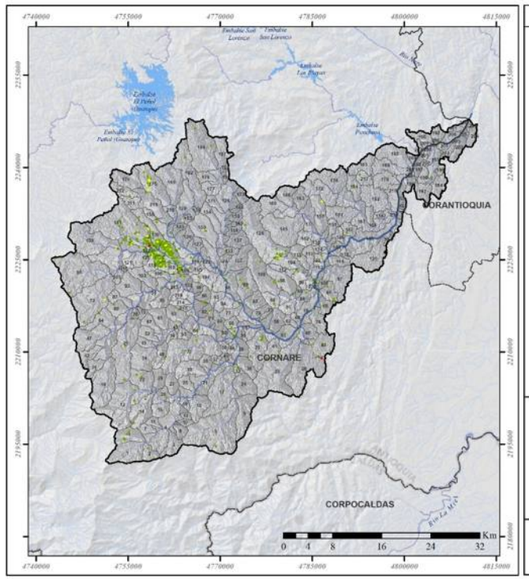
Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:450.000

The Nature Conservancy

Cornare



Convenciones

Límite CARs

Visitas_Recreación y Turismo

Bajo

Medio

Alto

MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

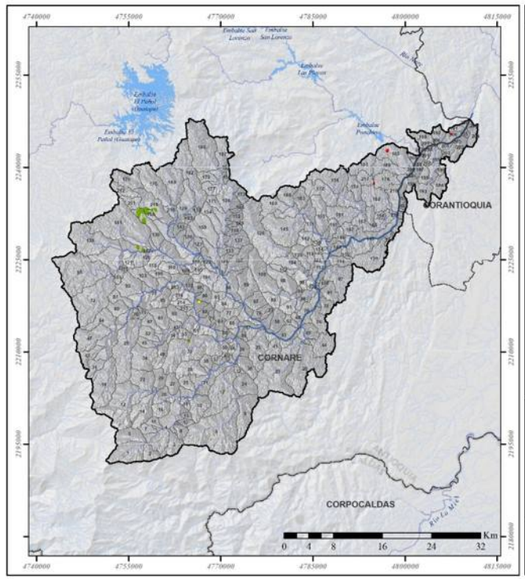
Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:450.000

The Nature Conservancy

Cornare



Convenciones

Límite CARs

Producción de Cultivos: Aguacate

Bajo

Medio

Alto

MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

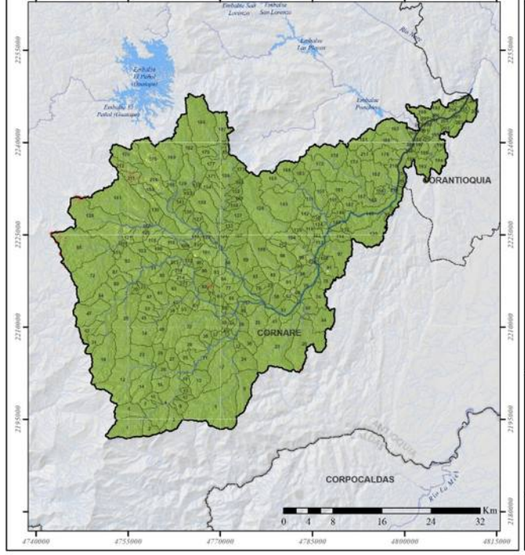
Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:450.000

The Nature Conservancy

Cornare



Convenciones

Límite CARs

Producción de Cultivos: Cafe

Bajo

Medio

Alto

MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

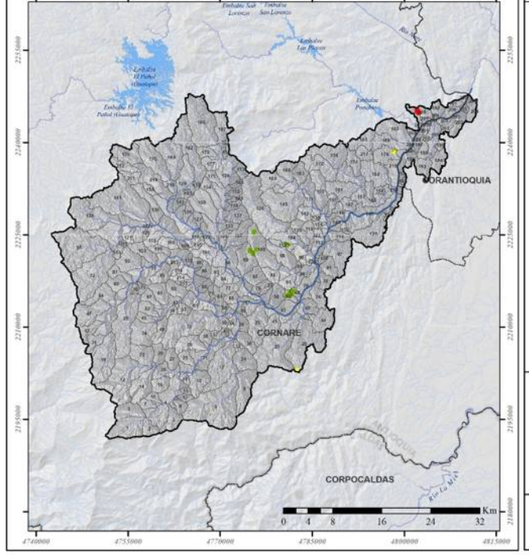
Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:450.000

The Nature Conservancy

Cornare



Convenciones

Límite CARs

Producción de Cultivos: Caña de Azúcar

Bajo

Medio

Alto

MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

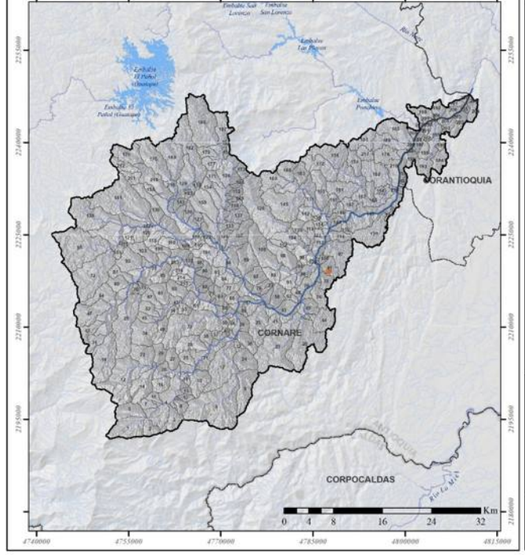
Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:450.000

The Nature Conservancy

Cornare



Convenciones

Límite CARs

Producción de Cultivos: Maiz

Bajo

Medio

Alto

MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:450.000

The Nature Conservancy

Cornare

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- ✓ *Samaná Sur*

Rendimiento Hídrico Anual (RHA): La cuenca del río Samaná Norte frente al servicio ecosistémico de provisión de aguas presenta valores superiores a los 1000 mm/año, llegando a ser en algunas zonas mayores a los 5000 mm/año. Este gran aporte esta dado principalmente por la oferta atmosférica que presenta la cuenca del río Samaná Sur en términos de precipitaciones (ver Figura 469).

Rendimiento Hídrico Estacional (RHE): Se observa la regulación hídrica mediante el aporte al flujo base que presentan las diferentes áreas de la cuenca del río Samaná Sur que varían entre alto, medio y bajo (ver Figura 469).

Proporción de Entrega de Sedimentos (PES): Se observa que la cuenca en su gran mayoría presenta bajos aportes de sedimentos, siendo los mayores en zonas con coberturas asociadas a cultivos y pastos. De esta forma, la prestación del servicio ecosistémico es buena debido a que no se presenta áreas importantes con erosión del suelo el cual es un factor clave en el proceso de degradación de la tierra, pérdida de fertilidad del suelo y desertificación, y contribuye a reducir la productividad de la pesca en los cursos inferiores de los ríos (ver Figura 469).

Proporción Entrega de Nutrientes Fósforo u Nitrógeno (PENF y PENN): Las zonas con los mayores aportes de fósforo y nitrógeno (que de alguna manera pueden afectar la calidad del agua de fuentes hídricas) de la cuenca del río Samaná Sur, se encuentran asociados a zonas de cultivos (ver Figura 469).

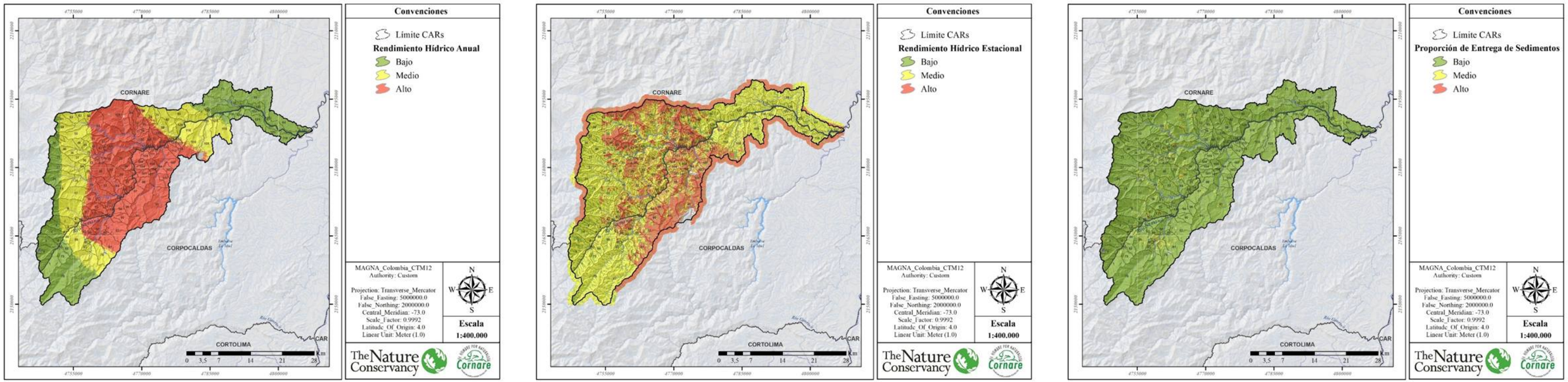
Almacenamiento de Carbono (AC): El servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono permite evidenciar como las coberturas boscosas en la cuenca de los ríos Samaná Sur resultan ser grandes almacenadores de carbono, lo cual permite no solo reducir y equilibrar las concentraciones de gases de efecto invernadero, sino que también permiten la mitigación y adaptación al cambio climático (ver Figura 469).

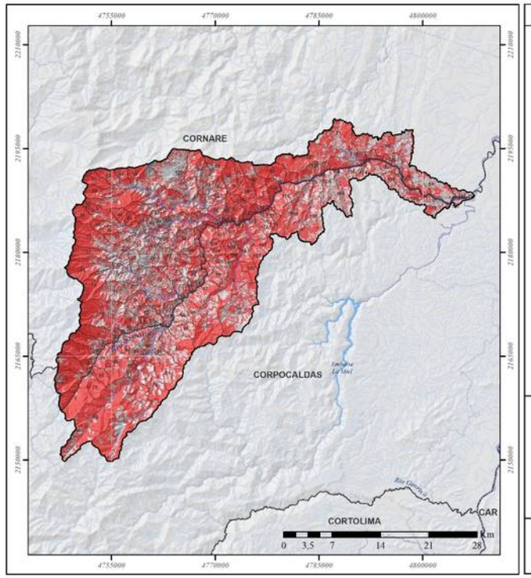
Calidad del Hábitat (CH): Se observa que gran parte del área de la cuenca presta un servicio ecosistémico de calidad del hábitat alto, lo que indica de manera espacialmente explicita las áreas más importantes para la conservación y el uso de biodiversidad y permite identificar oportunidades de restauración de ecosistemas en áreas degradadas, también permitiría generar una capa de hábitats de la cuenca del río Samaná Sur en la que se pueden observar sinergias y tradeoffs con otros servicios ecosistémicos de regulación y/o culturales (ver Figura 469).

Visitas Recreación y Turismo (VRC): La mayor concentración de fotos usuario día corresponde con sitios turísticos tradicionales, bien conocidos por los habitantes de la cuenca y visitantes como la belleza paisajística de la ruta de Sonsón a Argelia. También la concentración y fotos puede estar influenciada por la accesibilidad al sitio y su proximidad con las principales vías de transporte (ver Figura 469).

Producción de Cultivos de Aguacate (PCA), Café (PCCafé), Caña (PCCaña) y Maíz (PCM): Si bien la cuenca no es principalmente caracterizada por la producción de cultivos y tiene una extensión mayor en pasturas, se evidencia áreas potenciales de acuerdo con sus características topológicas e hidro climáticas para la producción de aguacate, café, caña, aceite de palma y cacao (ver Figura 469).

Figura 469. Servicios ecosistémicos de la cuenca del río Samaná Sur





Convenciones

Límite CARs

Calidad del Hábitat

Alto

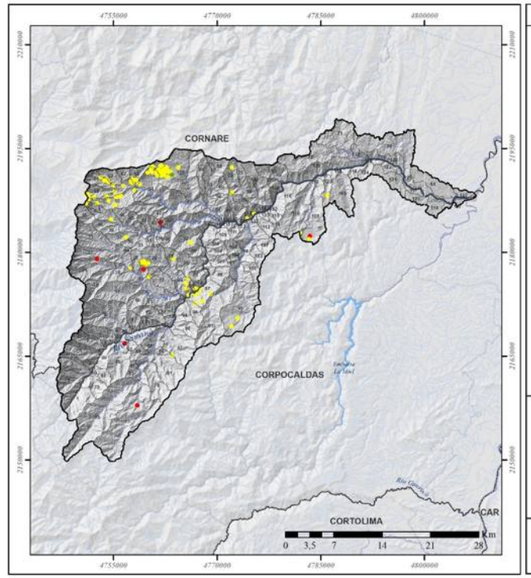
MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:400,000

The Nature Conservancy



Convenciones

Límite CARs

Visitas_Recreación y Turismo

Bajo
Medio
Alto

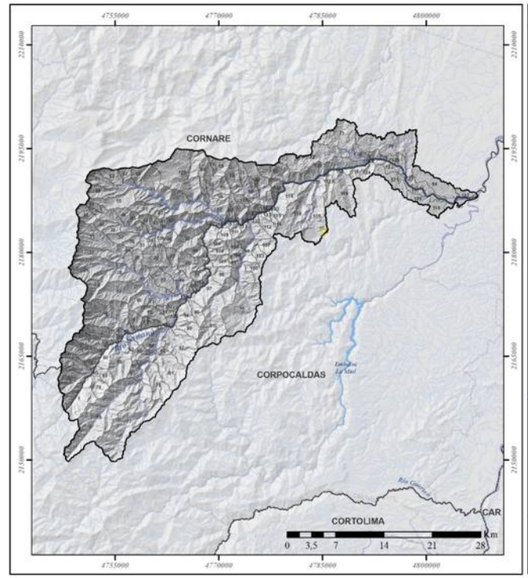
MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:400,000

The Nature Conservancy



Convenciones

Límite CARs

Producción de Cultivos: Aguacate

Bajo
Medio
Alto

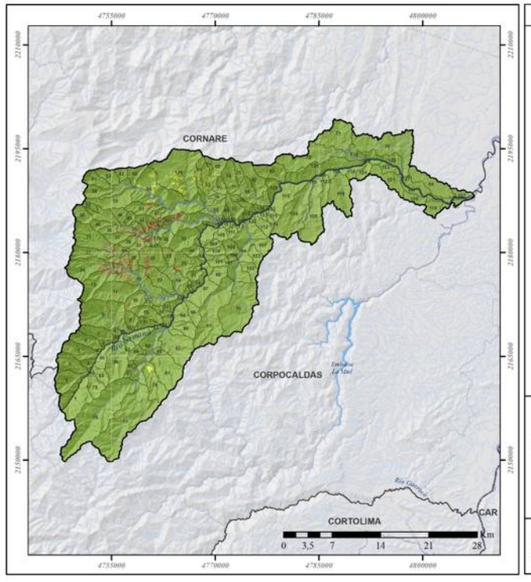
MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:400,000

The Nature Conservancy



Convenciones

Límite CARs

Producción de Cultivos: Café

Bajo
Medio
Alto

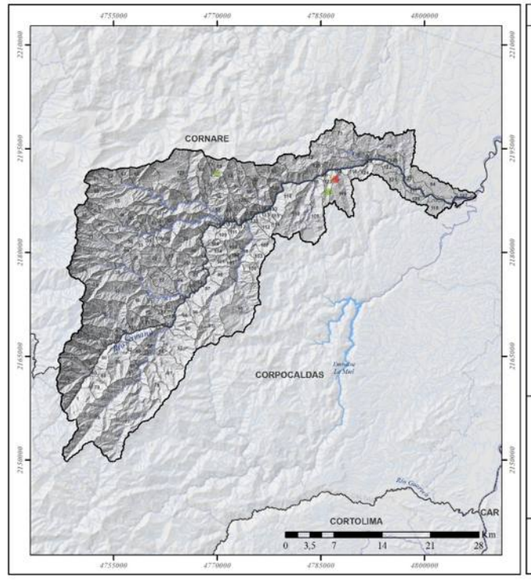
MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:400,000

The Nature Conservancy



Convenciones

Límite CARs

Producción de Cultivos: Caña

Bajo
Medio
Alto

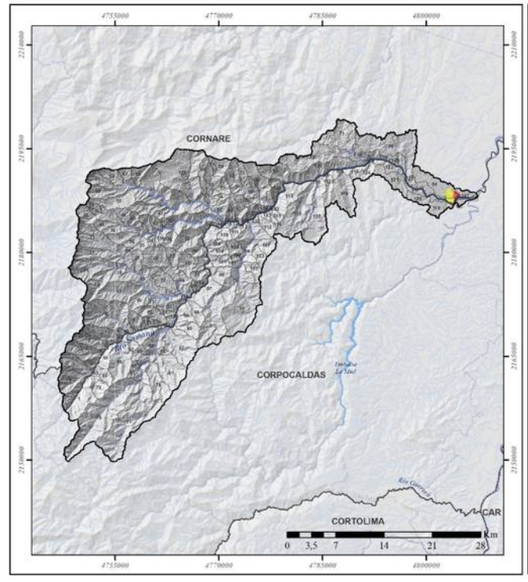
MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:400,000

The Nature Conservancy



Convenciones

Límite CARs

Producción de Cultivos: Aceite de Palma

Bajo
Medio
Alto

MAGNA_Colombia_CTM12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

N W E S

Escala 1:400,000

The Nature Conservancy

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Capítulo 23. Armonización de instrumentos de ordenamiento territorial, índice de sostenibilidad, objetos de conservación y servicios ecosistémicos

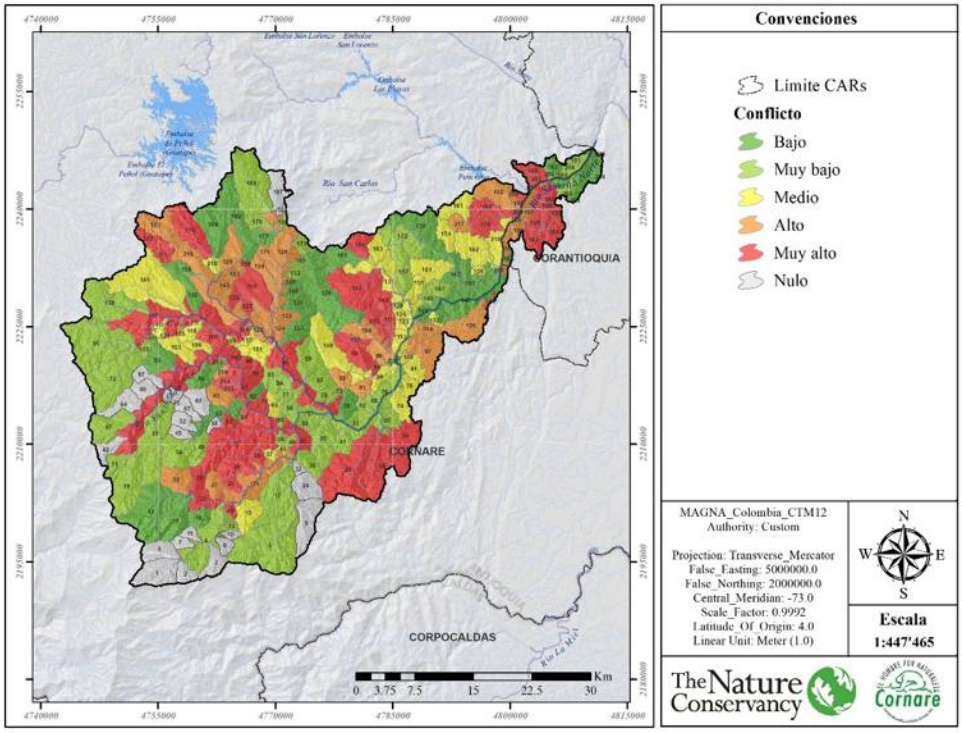
Tomando como insumos los objetos de conservación priorizados, los servicios ecosistémicos, las oportunidades de manejo resultado del análisis multiescalar del índice de sostenibilidad a nivel de subcuenca NSS-2 y subcuenca NSS-3 y los determinantes ambientales de mayor jerarquía, en el actual capítulo se presenta la identificación de áreas a nivel de subcuenca NSS-3 que requieren una administración "especial" de los recursos naturales (armonización), tanto para la cuenca del río Samaná Norte como la del río Samaná Sur. En el Anexo - Fase II - 4.0 pueden consultarse la memoria de cálculo de la armonización. Adicionalmente, en el Anexo - Fase II - 1.0 se disponen los archivos espaciales.

23.1 Cuenca del río Samaná Norte

23.1.1 Comparación de zonificaciones y áreas críticas

En total, para la cuenca del río Samaná Norte se identificaron 24 subcuencas NSS-3 en conflicto Nulo, 30 subcuencas NSS-3 en conflicto Bajo, 50 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Bajo, 32 subcuencas NSS-3 en conflicto Medio, 31 subcuencas NSS-3 en conflicto Alto y 53 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Alto (ver Figura 470). Es importante tener en cuenta que de las 53 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Alto, 17 prevalecen en la categoría de la conservación de acuerdo con el ordenamiento del POMCA.

Figura 470. Identificación áreas en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

23.1.2 Propuesta de armonización

En la Tabla 223 se presenta se detallan las unidades NSS-3 de la cuenca del río Samaná Norte que requieren una administración "especial" de los recursos naturales. Las celdas #N/A hacen referencia a aquellas unidades en las cuales no se encuentran objetos de conservación priorizados en las categorías de conflicto medio, alto y muy alto. Las X representan el estado de los servicios ecosistémicos en cada unidad NSS-3 ya sea bajo, medio y/o alto (ver Tabla 215 de las abreviaturas de los servicios ecosistémicos).

Tabla 223. Propuesta Áreas que requieren una administración "Especial" de los recursos naturales en la cuenca del río Samaná Norte.

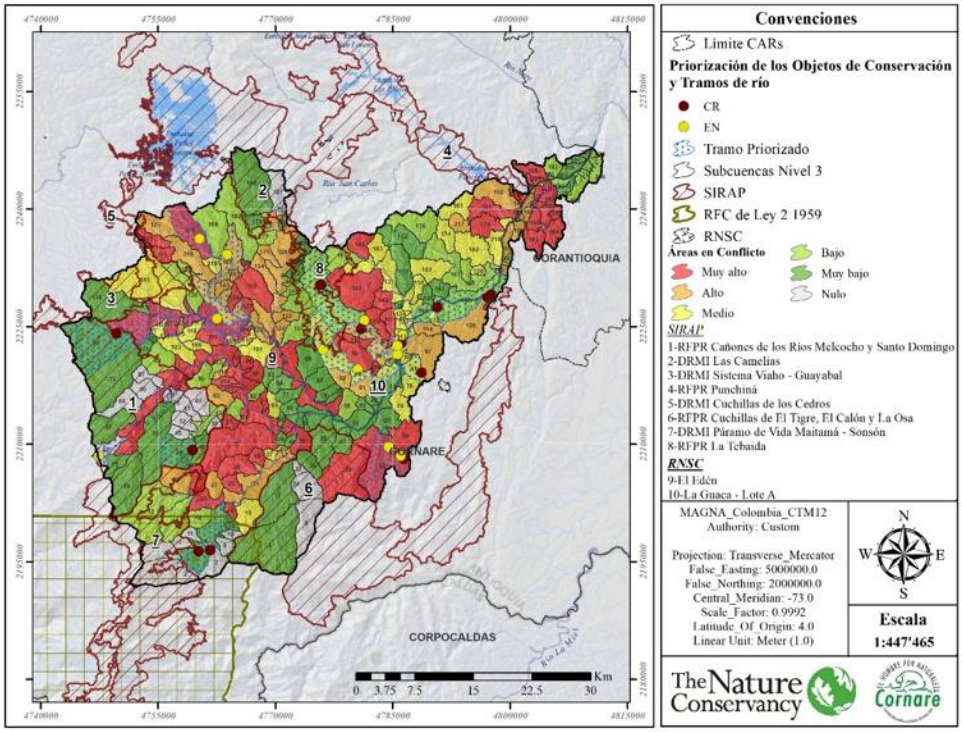
# NSS-3	Código NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km2)	Nivel de Conflicto	Objeto de Conservación y Tramo de río Priorizado	Servicios Ecosistémicos																																						
						RHA			RHE			PES			PENF			PENN			AC			CH			VRC			PCA			PCCafé			PCCaña			PCM		
						B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
15	2308-03-18-46	Q. La Leona	10,90	Medio	*#N/A*			X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X		X			X						X											
18	2308-03-18-44	Q. Playa Rica	2,29	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X		X			X						X											
20	2308-03-18-05	Río Verde de los Henáos Parte Baja	8,13	Muy alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X											
21	2308-03-18-03	Río Verde Parte Alta	21,03	Alto	*#N/A*			X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X		X			X						X											
22	2308-03-18-18	Q. La Torre	11,10	Alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X											
25	2308-03-18-12	Q. Los Andamios	4,45	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X		X			X						X											
27	2308-03-18-14	Q. Planes	5,99	Alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
29	2308-03-18-16	Q. Peñoles	6,00	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
30	2308-03-18-10	Q. La Miranda	10,73	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
33	2308-03-16-72	Q. Quebradona	34,69	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X			X		X	X										
37	2308-03-18-06	Q. El Campamento	1,98	Medio	*#N/A*			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
38	2308-03-18-08	Q. La Cristalina	3,69	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X			X	X		X	X		X		X			X						X											
39	2308-03-18-01	Río Verde Parte Media	7,20	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
40	2308-03-18-04	Q. Sector Santa Rosa	1,18	Medio	*#N/A*			X	X		X	X			X	X		X	X	X	X		X			X						X											
43	2308-03-16-03	Q. La Calera	11,25	Bajo	*#N/A*			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X											
51	2308-03-16-01	Río Santo Domingo	62,98	Muy alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X									
53	2308-03-17-01	Río Samaná Norte	12,30	Muy bajo	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
55	2308-03-16-68	Q. El Brasil	3,37	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X			X				X		X											
61	2308-03-16-70	Q. Negra	1,09	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X											
63	2308-03-16-52	Q. Las Brujas	6,90	Alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X	X										
69	2308-03-16-04	Q. San Isidro	4,30	Medio	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X		X									
71	2308-03-16-06	Q. Palo Santo	2,02	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X				X		X									
74	2308-03-15-04	Q. La Paja	7,72	Medio	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
76	2308-03-15-01	Río Samaná Norte Sector La Mesa	10,96	Muy bajo	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X				X											
78	2308-03-15-06	Q. El Portón	4,99	Medio	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X											
81	2308-03-08-10	Q. El Jagual	5,03	Alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X		X			X						X											
82	2308-03-16-08	Q. Dos Quebradas	3,06	Bajo	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X				X		X									
86	2308-03-08-01	Q. La Tebaida	10,19	Medio	*Cremastosperma magdalenae*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X											
88	2308-03-08-08	Q. La Arenosa	5,21	Alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X		X			X	X					X											
90	2308-03-16-10	Q. Las Aguadas	4,47	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X	X										
91	2308-03-15-08	Q. La Salada	6,58	Medio	*Iryanthera megistocarpa*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X							X	X	X		
94	2308-03-08-02	Q. Vallesol	1,56	Muy alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
96	2308-03-16-12	Q. La Quiebra	2,71	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
97	2308-03-11-04	Q. Aures	16,74	Alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X		X									
98	2308-03-08-04	Q. La Habana	11,36	Muy alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X											
99	2308-03-06-10	Q. Costa Rica	1,43	Alto	*#N/A*		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
100	2308-03-15-10	Q. Leticia	1,54	Medio	*#N/A*		X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
101	2308-03-19-16	Q. La Granja	8,79	Medio	*#N/A*			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X	X										
102	2308-03-16-14	Q. La Tolda	1,51	Muy alto	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
103	2308-03-16-18	Q. Macanal	8,36	Medio	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X						X											
104	2308-03-06-01	Río Dormilón	14,48	Alto	*Hyloxalus ramosi*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X				X											
106	2308-03-16-16	Q. Quebradona	4,04	Medio	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X	X										
108	2308-03-08-06	Q. La Tebaida Parte Alta	19,31	Medio	*Cybianthus cogolloi*		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X			X								
109	2308-03-14-24	Q. El Popal	1,13	Medio	*#N/A*			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X					X	X										

| # NSS-3 | Código NSS-3 | Nombre Subcuenca NSS-3 | Área (km2) | Nivel de Conflicto | Objeto de Conservación y Tramo de río Priorizado | Servicios Ecosistémicos | | |

| # NSS-3 | Código NSS-3 | Nombre Subcuenca NSS-3 | Área (km2) | Nivel de Conflicto | Objeto de Conservación y Tramo de río Priorizado | Servicios Ecosistémicos | | |

En la Figura 471 se presenta la visualización de la armonización de las unidades NSS-3 en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo del escenario 3, el POMCA, los objetos de conservación priorizados y las áreas protegidas y ecosistemas estratégicos de la cuenca del río Samaná Norte.

Figura 471. Armonización de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte (2017)

- ✓ *Planes municipales de gestión del riesgo de desastres (PMGRD) y el índice de sostenibilidad integrado (IIS)*

Para la armonización entre los PMGRD y el índice de sostenibilidad integrado, fue necesario considerar la estructura y funcionalidad de cada uno con el objetivo de identificar cuáles son las vías más efectivas para la articulación entre los objetivos del instrumento y las potencialidades y limitaciones del índice de sostenibilidad integrado. La armonización busca principalmente que los efectos esperados de la formulación y ejecución del PMGRD y de los otros planes que a su vez lo instrumentalizan, sean coherentes y acordes con la intencionalidad de buscar la sostenibilidad de la cuenca de cara a las categorías de manejo que el índice de sostenibilidad integrado sugiere.

A nivel de gestión, el índice de sostenibilidad integrado muestra un gran potencial para la administración del territorio pues integra múltiples indicadores que abarcar la dimensión económica, ambiental y social. No obstante, la información que brinda de manera particular a nivel de gestión del riesgo puede estar matizada por los demás indicadores. En este sentido, la categoría del índice de sostenibilidad integrado no permite determinar de manera precisa información relevante para la toma de decisiones en torno la gestión del riesgo. Sin embargo, la información

importante y a considerar, independientemente de la categoría del índice de sostenibilidad integrado, es la que detallan algunos indicadores. En consecuencia, es importante revisar a nivel detallado la espacialización de indicadores claves dentro del índice de sostenibilidad integrado que brindan información para la gestión integral del riesgo como el indicador de Gestión de Riesgo a desastres (IGRD) y el Indicador de Riesgo por Cambio Climático para la identificación del riesgo y las capacidades territoriales para enfrentarlo, así como indicadores como el Índice de Pobreza Multidimensional, Indicador de Pobreza al Ingreso e Indicador de Bienestar que se encuentran relacionados con la vulnerabilidad de la población expuesta.

Es importante considerar, por lo tanto, que de acuerdo a la Ley 1523 de 2012, en su artículo 1, que "La gestión del riesgo es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible". Adicionalmente, la gestión del riesgo tiene como objetivos el conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres.

El PMGRD determina la orientación para todos los actores municipales y supramunicipales en cuanto a las acciones que en materia de gestión del riesgo deben ejecutarse en el municipio y, por lo tanto, debe armonizarse con los planes de desarrollo, el ordenamiento territorial y obedecer a la planificación ambiental. Tal como lo indica (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres -UNGRD, 2016), el plan para la gestión del riesgo debe entenderse como un documento de largo plazo que servirá como insumo para que los planes de desarrollo, sectoriales, de ordenamiento territorial y ambiental, y de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas puedan a su vez identificar los escenarios de riesgo y seleccionar las medidas correctivas y prospectivas requeridas en función de la complejidad de dicho escenarios y el entendimiento correcto de la gestión del riesgo como estrategia de desarrollo sostenible.

Cómo se indicó en el diagnóstico del presente estudio los municipios de la jurisdicción de Cornare cuentan con el estudio "Identificación, evaluación, y mapificación de zonas de riesgo y caracterización, cuantificación e implementación de medidas y técnicas, gestión integral y capacitación a las comunidades en mitigación temprana del riesgo en los municipios de la jurisdicción de Cornare". Sin embargo, dichos estudios no constituyen como tal un Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, aunque dan recomendaciones en este sentido. También es necesario aclarar que el diagnóstico pudo determinar que, debido a la fecha de elaboración de estos estudios, año 2012, presentan zonificaciones de amenazas realizadas a partir de un enfoque geomorfológico basado en métodos heurísticos que difieren de los métodos estadísticos empleados en el POMCA y que corresponden a los actualmente recomendados. Igualmente, no se ajustan a los requerimientos establecidos en el Decreto 1077 de 2015, en lo que respecta a las metodologías a implementar en los estudios básicos de amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. Lo mencionado representa una oportunidad ya que se deben formular los PMGRD y pueden estos incorporar información relevante relacionada con el índice de sostenibilidad integrado.

En definitiva, es clave, dentro de la formulación de los PMGRD, incorporar la información de los indicadores que componen el índice de sostenibilidad integrado mencionados y relacionados con el

riesgo ya que aportan en el conocimiento de este en el territorio, permiten identificar, como en el caso del IGRD, cuáles son las capacidades territoriales (administrativas, económicas y sociales) y sus falencias para reducir el riesgo y que instrumentos son importantes para considerar dentro de la gestión integral de éste. Como recomendaciones generales para la armonización del índice de sostenibilidad integrado con los PMGRD se podrían mencionar:

- La zonificación propuesta por el índice de sostenibilidad integrando el IGRD sea parte de los determinantes ambientales formulados por Cornare que le permitan autoridad legal a la Corporación para promover que los resultados sean tenidos en cuenta en la formulación de los PMGRD.
- El PMGRD debe considerar proponer estrategias y actividades concernientes en fortalecer aquellos factores que el IGRD considera que presenta falencias en el municipio, por ejemplo: la vulnerabilidad para el caso del índice de riesgo y los factores.
- Estructuralmente, el índice de sostenibilidad integrado, especialmente los indicadores mencionados, deben ser parte y complemento del diagnóstico del riesgo en el territorio y estar soportado dentro de los Determinantes Ambientales de Ordenamiento Territorial ya que estos son de igual forma determinantes normativos de los instrumentos de ordenamiento territorial y, en consecuencia, de los PMGRD. Por lo tanto, lo que se defina como acciones a desarrollar en el PMGRD deben ser planteadas en los Planes de Desarrollo, es decir, el componente programático del PMGRD se ejecuta vía los instrumentos de desarrollo municipal como los planes mencionados.
- En relación con los instrumentos de ordenamiento territorial, se presenta una retroalimentación en doble vía con los PMGRD ya que los primeros aportan sobre el conocimiento detallado del riesgo y los segundos determinan lo que se debe hacer a largo plazo en la gestión integral del riesgo considerando los agentes amenazantes más relevantes en el territorio. Por lo tanto, los POT, al formularse considerando las potencialidades y restricciones ambientales del territorio vía la adopción de determinantes ambientales definidos por la corporación, aportan en el conocimiento del riesgo.
- El índice de sostenibilidad integrado al definir zonas en las que hay oportunidades de manejo a nivel detallado se constituye como un insumo importante para la zonificación ambiental de los próximos instrumentos de ordenamiento ambiental que debe desarrollar la corporación y por ende, deberán ser adoptados por todos los instrumentos de ordenamiento territorial cuando se cumpla su revisión de mediano y largo plazo. La información del índice de sostenibilidad integrado será clave para complementar la caracterización de riesgo a nivel de detalle que deben realizar tanto los instrumentos de ordenamiento ambiental (POMCA, PORH, Planes de Manejo de Áreas Protegidas, Planes de Acción de mediano y largo plazo de la Corporación, entre otros) como los de ordenamiento territorial y pasará, vía estos instrumentos, a los PMGRD, los cuales deberán considerar las principales falencias que defina el IGRD y la información del Indicador de Riesgo por Cambio Climático para definir el componente programático del PMGRD.
- Es importante que los determinantes ambientales de ordenamiento territorial al formular o al actualizar desarrollen la metodología, la guía o el instrumento técnico que permita que los instrumentos de ordenamiento territorial que realizan un caracterización detallada de

la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad incorporen la información del índice de sostenibilidad integrado, tanto la detallada por indicadores como la del índice integrado, de tal forma que dentro de la zonificación se evidencien las categorías de manejo adecuadas para mejorar la sostenibilidad en el territorio, además de indicar como utilizar la información de los indicadores detallados para la toma de decisiones en áreas en las que los riesgos afecten de forma importante la sostenibilidad. De la misma manera, se debe orientar desde las corporaciones a las alcaldías en la forma de incorporar las acciones que propone el componente programático del PMGRD en los Planes Municipales de Desarrollo.

- Definir de forma detallada las capacidades técnicas y financieras de los municipios y a partir de los factores relevantes considerados por el IGRD establecer acciones pertinentes para la realización de análisis de riesgos en el marco de la sostenibilidad.

Como se mencionó previamente, la armonización de los PMGRD con el índice de sostenibilidad integrado en el tema de cambio climático se debe realizar a través del indicador de Riesgo por Cambio Climático, el cual indica aquellas zonas de las cuencas en las que es necesario tener consideraciones especiales para definir categorías de manejo. Es de consideran el componente programático del Proyecto del Plan de Acción de Cornare (Cornare, 2020) , el cual, en términos de cambio climático ya se ha articulado con el Plan Integral de Cambio Climático para Antioquia -PICCA (Gobernación de Antioquia, 2020) . En este sentido la recomendación general considera que los PMGRD, así como los instrumentos de ordenamiento territorial deben:

- Desarrollar a escala local la implementación de medidas de mitigación, adaptación, monitoreo y gestión del riesgo frente a la variabilidad climática y cambio climático, como esfuerzo complementario al objetivo que plantea el Plan de Acción en esta línea. Los PMGRD deben desarrollar a nivel municipal estrategias para que se avance en la implementación de los sistemas de monitoreo, mientras que la adaptación y mitigación al cambio climático debe fortalecerse a escala local desde los instrumentos ejecutivos como aquellos relacionados con el ordenamiento territorial y con el desarrollo.

- El Plan de Acción busca que en términos de cambio climático se oriente a alcanzar metas de adaptación y mitigación de corto, mediano y largo plazo a través de su inclusión en los instrumentos de planificación como los POMCAS, POTs, PGAR, PMAP, al igual que en los escenarios e instancias de participación y articulación interinstitucional como: Consejos de Cuenca, Nodo Regional de Cambio Climático, Consejo Regional De Competitividad, Consejo Municipales De Gestión Del Riesgo, Comités Institucionales de Educación Ambiental Municipales CIDEAM, y cuantificar los Gases Efecto Invernadero GEI, fuera de eso, definir las acciones de reducción y compensación, por parte de los sectores públicos y privados de la región. Al considerar estas metas en complemento con lo encontrado en los indicadores del índice de sostenibilidad integrado se pueden determinar de forma adecuada estrategias y acciones dentro del PMGRD que al abordar de forma más integral la gestión del riesgo aporten a la sostenibilidad de la cuenca.

- También indica el Plan de Acción que se debe “Consolidar una actuación Corporativa consecuente y articulada con el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Desastres, en aplicación de la ley 1523 de 2012, que considere los efectos del cambio climático en la región y transforme las condiciones de preparación y respuesta; generando condiciones de

adaptación con municipios y comunidades más resilientes. Para ello los programas de gestión del riesgo fortalecerán tanto el conocimiento regional o local de esta problemática con origen en fenómenos naturales y acciones antrópicas como la capacidad de los municipios para la evaluación de amenazas y vulnerabilidades y la incorporación del riesgo a los planes de ordenamiento territorial y a los planes de gestión municipal. Así mismo, el acompañamiento permanente y fortalecimiento organizacional y operativo de los Consejos Municipales de Gestión del Riesgo, la capacitación permanente en prácticas de mitigación temprana y la asistencia técnica para la prevención, atención, mitigación y recuperación de situaciones de riesgo y desastres".

- Los PMGRD deben articularse con las líneas estratégicas del Plan de Acción, específicamente con la línea estratégica de Cambio Climático y Gestión del Riesgo y operativizarla en el territorio municipal cumpliendo lo definido en el numeral 1.

A continuación, se presenta una comparación entre los encontrado en el índice de sostenibilidad integrado a través del IGRD y los estudios de riesgo en los municipios de la jurisdicción de Cornare.

Tabla 224. Comparación entre el índice de sostenibilidad integrado y los estudios de riesgo en los municipios de la jurisdicción de Cornare para la cuenca Samaná Norte

Municipio	Departamento	Resumen IGRD	Coherencia entre los PMGRD y el Índice de Sostenibilidad desde la lectura del IGRD
CARMEN DE VIBORAL	ANTIOQUIA	En general el municipio presenta un IGRD estimado en 44,6 con un bajo valor de índice de riesgo. Aunque cerca del 60% del territorio se encuentra expuesto a amenazas de origen hidrometeorológico, con un 50% del área expuesta amenaza alta por movimientos en masa y un 24% a avenidas torrenciales, la vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional es baja (22%). En cuanto al índice de capacidades se considera que el municipio se encuentra en el grupo de municipios con mayores capacidades para la gestión del riesgo (G4) con Comité Municipal de Gestión de Riesgo de Desastre (CMGRD) creado, Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastre (PMGRD) adoptado y con herramientas para gestionar el riesgo.	Para el municipio se puede observar que el PMGRD es coherente en la identificación de los principales agentes amenazantes considerando la zonificación detallada de amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. Sin embargo, las áreas difieren debido al alcance de más detalle que tiene el PMGRD. Aunque el plan fue formulado 6 años antes de la estimación del IGRD muestra coherencia en proponer recomendaciones en la disminución de vulnerabilidad de la población frente a estas amenazas. En lo concerniente a capacidades financieras, socioeconómicas no presenta recomendaciones relevantes y por lo tanto no muestra un plan a futuro para estructurar una financiación de la gestión del riesgo en el corto, mediano y largo plazo, componente importante dentro del índice de capacidades, independientemente de que el municipio se encuentre en la categoría de alta capacidad.
GRANADA	ANTIOQUIA	Granada presenta un IGRD de 46,4 con un bajo valor de índice de riesgo correspondiente a 13,16 debido principalmente a que menos del 40% de su territorio se encuentra bajo amenaza hidrometeorológica afectado principalmente por avenidas torrenciales y movimientos en masa. Sin embargo, la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional, es media (33,9%). En cuanto al índice de capacidades se considera que el municipio se encuentra en el grupo de municipios con las mayores capacidades para la gestión del riesgo (G4) con inversiones en gestión del riesgo probadas, con CMGRD creado, con PMGRD adoptado y con herramientas para gestionar el riesgo.	En cuanto a la identificación y zonificación de amenazas se observa una clara diferencia entre los estudios de zonificación de riesgo realizados por la corporación y lo evidenciado en el índice, ya que los primeros se soportan en estudios de mayor detalle. El estudio zonifica las amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, difiriendo de la información que presenta el índice de sostenibilidad a través del IGRD que indica que el porcentaje del área municipal susceptible a inundaciones es 0%. Las recomendaciones a corto, largo y mediano plazo no profundizan en muchos aspectos que si considera el índice debido principalmente porque no es un PMGRD sino una zonificación y por lo tanto no es coherente en cuanto a estrategias frente a mejorar las capacidades de forma integral en componentes como lo financiero y lo socioeconómico.
PUERTO NARE	ANTIOQUIA	El municipio de Puerto Nare posee un IGRD de 52 con un índice de riesgo estimado en 21,26 en donde destaca que un poco más del área municipal se encuentra bajo influencia de amenazas de inundaciones, movimientos en masa y avenidas torrenciales, siendo esta última amenaza la que predomina sobre las demás. Sin embargo, también es evidente una alta vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional, la cual corresponde a un 57%. En cuanto al índice de capacidades se considera que el municipio se encuentra en el grupo de municipios con altas capacidades para la gestión de riesgo (G3) con capacidades financieras, socioeconómicas, con inversiones en gestión del riesgo probadas. Sin embargo, no es evidente un CMGRD creado, con PMGRD adoptado y con herramientas para gestionar el riesgo.	El PMGRD de Puerto Nare Formulado en el 2012 no presenta coherencia con los principios y componentes evaluados por el IGRD (considerando que este último fue formulado posteriormente). Desde el punto de vista de identificación de riesgos el primero menciona los riesgos por inundación y vendavales, mientras que el segundo, aunque coincide con el riesgo por inundación indica que la amenaza que puede generar riesgos una parte importante del municipio son las avenidas torrenciales. En cuanto a factores financieros, socio económicos y de gestión del riesgo, la lógica del plan se encuentra enfocada en prevenir y en formular escenarios de ocurrencia de los eventos, pero no se observan propuestas en el mejoramiento de las capacidades financieras, socioeconómicas.
SAN CARLOS	ANTIOQUIA	El IGRD de San Carlos corresponde a un valor de 45,7 con un índice de riesgo bajo (10,45) y un índice de capacidades alto (28,89) perteneciendo por lo tanto al grupo de municipios con altas	En cuanto a la identificación y zonificación de amenazas se observa una clara diferencia entre los estudios de zonificación de riesgo realizados por la corporación y lo evidenciado en el índice, ya que los primeros se soportan en estudios de mayor

Municipio	Departamento	Resumen IGRD	Coherencia entre los PMGRD y el Índice de Sostenibilidad desde la lectura del IGRD
		capacidades. En general la exposición frente a amenazas de origen hidrometeorológico (principalmente amenaza alta por movimientos en masa y amenaza por avenidas torrenciales) se presenta en cerca del 30% del territorio y la vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional, es de un 35,7%. Las principales falencias en capacidades se encuentran precisamente en el componente de gestión del riesgo donde se destaca que para el año 2018, fecha en la que se construyó el IGRD no se reportaba un CMGRD y el PMGRD se encontraba formulado, pero no adoptado.	detalle. El estudio zonifica las amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, difiriendo de la información que presenta el índice de sostenibilidad a través del IGRD que indica que el porcentaje del área municipal susceptible a inundaciones es 0% mientras que el estudio indica que el 6% del territorio presenta amenaza baja y el 3% amenaza alta y muy alta. Las recomendaciones a corto, largo y mediano plazo no profundizan en muchos aspectos que si considera el índice debido principalmente porque no es un PMGRD sino una zonificación y por lo tanto no es coherente en cuanto a estrategias frente a mejorar las capacidades de forma integral en componentes como lo financiero y lo socioeconómico, sino que su enfoque se encuentra en los componentes del riesgo y que también considera el IGRD: área expuesta a amenazas y vulnerabilidad de la población expuesta.
SAN FRANCISCO	ANTIOQUIA	El IGRD de San Francisco se encuentra en un valor de 55,3 valor compuesto por un índice de riesgo de 26,90 y un índice de capacidades de 25,25 perteneciendo al grupo de municipios con altas capacidades (G3). Las amenazas a las que se enfrenta el 49% del territorio municipal corresponden a aquellas relacionadas con la ocurrencia de movimientos en masa y de avenidas torrenciales, siendo la primera la de mayor extensión territorial. Se considera que la vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional, es alta ya que corresponde al 54,9%. Las principales falencias en términos de capacidades son financieras mientras que en gestión del riesgo presentan inversiones en este ítem, pero no evidencian un CMGRD en operación, aunque si posee un PMGRD y adoptado.	Para el municipio de San francisco el estudio realizado por Cornare zonifica las amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. En general no es posible comparar las áreas ya que el IGRD no zonifica a nivel submunicipal, sin embargo, el estudio de Cornare considera que difiriendo de la información que presenta el índice de sostenibilidad a través del IGRD que indica que el porcentaje del área municipal susceptible a inundaciones es 0% mientras que el estudio indica que los ríos Claro y Chumurro en sus partes bajas son susceptibles a este tipo de eventos, al igual que en el extremo occidental del municipio en los ríos Santo Domingo y Caunzal y la desembocadura de la quebrada La Balsora y en algunos segmentos del rio Calderas y sus afluentes. Las recomendaciones a corto, largo y mediano plazo no profundizan en muchos aspectos que si considera el índice debido principalmente porque no es un PMGRD sino una zonificación y por lo tanto no es coherente en cuanto a estrategias frente a mejorar las capacidades de forma integral en componentes como lo financiero y lo socioeconómico., sino que su enfoque se encuentra en los componentes del riesgo y que también considera el IGRD: área expuesta a amenazas y vulnerabilidad de la población expuesta.
SAN LUIS	ANTIOQUIA	El municipio de San Luis presenta un IGRD de 50, afectado principalmente por un índice de gestión del riesgo de 16,40 en donde se destaca un 46,7% del área territorial enfrentada a amenazas por movimientos en masa y, mayoritariamente, avenidas torrenciales. De la misma manera el municipio presenta una vulnerabilidad de la población expuesta no despreciable de 46,7%. En cuanto a las capacidades el índice en este sentido presenta un valor de 22,89 y se encuentra dentro del grupo de municipios con altas capacidades (G3) con debilidades en el componente financiero y no evidencian un CMGRD en operación, aunque si posee un PMGRD y adoptado.	Debido a sus diferencias en escala la información de la evaluación realizada por Cornare difiere de la utilizada por el índice de sostenibilidad y de la información que éste utilizó a partir del IGRD. Un ejemplo de esto es que el IGRD indica que el área del municipio afectada por inundaciones es 0% mientras que el estudio zonifica estas áreas, aunque es un valor bajo cercano al 8% para zonas con amenaza baja y 2% con amenaza alta y muy alta por inundación. Esta diferencia se puede también observar en la amenaza frente a movimientos en masa y avenidas torrenciales. Las recomendaciones a corto, largo y mediano plazo no profundizan en muchos aspectos que si considera el índice debido principalmente porque no es un PMGRD sino una zonificación y por lo tanto no es coherente en cuanto a estrategias frente a mejorar las capacidades de forma integral en componentes como lo financiero y lo socioeconómico, sino que su enfoque se encuentra en los componentes del riesgo y que también considera el IGRD: área expuesta a amenazas y vulnerabilidad de la población expuesta.

Municipio	Departamento	Resumen IGRD	Coherencia entre los PMGRD y el Índice de Sostenibilidad desde la lectura del IGRD
SANTUARIO	ANTIOQUIA	El municipio presenta un IGRD estimado en 39, el más bajo de toda la cuenca, con un bajo valor de índice de riesgo ya que sólo 13,1% del municipio se encuentra expuesto a amenazas de origen hidrometeorológico (principalmente frente a movimientos en masa). Adicionalmente, la vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional es baja (26,3%). En cuanto al índice de capacidades se considera que el municipio es el de mayores capacidades dentro de la cuenca, con Comité Municipal de Gestión de Riesgo de Desastre (CMGRD) creado, Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastre (PMGRD) adoptado, con herramientas para gestionar el riesgo y con inversiones probadas en este sentido.	Debido a sus diferencias en escala la información de la evaluación realizada por Cornare difiere de la utilizada por el índice de sostenibilidad y de la información que éste utilizó a partir del IGRD. En general los valores del área afectada por las diversas amenazas no son coherentes entre el estudio y el índice. Las recomendaciones a corto, largo y mediano plazo no profundizan en muchos aspectos que si considera el índice debido principalmente porque no es un PMGRD sino una zonificación y por lo tanto no es coherente en cuanto a estrategias frente a mejorar las capacidades de forma integral en componentes como lo financiero y lo socioeconómico, sino que su enfoque se encuentra en los componentes del riesgo y que también considera el IGRD: área expuesta a amenazas y vulnerabilidad de la población expuesta.
SONSÓN	ANTIOQUIA	Sonsón posee un IGRD de 55,4 con un índice de riesgo estimado en 28,05, uno de los más altos de la cuenca en el que se destaca que cerca del 58% del área municipal se encuentra expuesta a algún tipo de amenaza hidrometeorológica predominando casi que en proporciones iguales los movimientos en masa y las avenidas torrenciales. De igual forma, posee una alta vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo al Índice de Pobreza Multidimensional, la cual corresponde a un 48,1%. En cuanto al índice de capacidades se considera que el municipio se encuentra en el grupo de municipios con altas capacidades para la gestión de riesgo (G3) pero con falencias en operativizar esta gestión ya que no se reporta un CMGRD creado, aunque el PMGRD ya se adoptó.	Debido a sus diferencias en escala la información de la evaluación realizada por Cornare difiere de la utilizada por el índice de sostenibilidad y de la información que éste utilizó a partir del IGRD. En general los valores del área afectada por las diversas amenazas no son coherentes entre el estudio y el índice. Las recomendaciones a corto, largo y mediano plazo no profundizan en muchos aspectos que si considera el índice debido principalmente porque no es un PMGRD sino una zonificación y por lo tanto no es coherente en cuanto a estrategias frente a mejorar las capacidades de forma integral en componentes como lo financiero y lo socioeconómico, sino que su enfoque se encuentra en los componentes del riesgo y que también considera el IGRD: área expuesta a amenazas y vulnerabilidad de la población expuesta.

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

- ✓ *Instrumentos de ordenamiento territorial (Planes, Esquemas y Planes Básicos de Ordenamiento Territorial) y el índice de sostenibilidad integrado (IIS)*

Los instrumentos de Ordenamiento Territorial a nivel municipal obedecen, en la dimensión ambiental, a la incorporación de los determinantes para el ordenamiento territorial establecidos en (Ley 388 de 1997: Ley de Desarrollo Territorial, 1997) (determinantes ambientales, patrimoniales, infraestructuras básicas y hechos metropolitanos), y la cual, en su artículo 5, define al ordenamiento territorial como "…el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo".

De igual forma, debido a la problemática de ocupación del suelo rural, entra en vigencia el decreto 3600 del año 2007 (Ministerio de Medio Ambiente, 2007), que reglamenta de forma parcial las leyes 99 de 1993 y 388 de 1997, en lo relacionado con los determinantes de ordenamiento del suelo rural y el desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelos.

"En la elaboración y adopción de sus planes de ordenamiento territorial los municipios y distritos deben tener en cuenta las siguientes determinantes, que constituyen normas de superior jerarquía, en sus propios ámbitos de competencia, de acuerdo con la Constitución y las leyes:

Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales, así:

- Las directrices, normas y reglamentos expedidos en ejercicio de sus respectivas facultades legales, por las entidades del Sistema Nacional Ambiental, en los aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio, de acuerdo con la Ley 99 de 1993 y el Código de Recursos Naturales, tales como las limitaciones derivadas del estatuto de zonificación de uso adecuado del territorio y las regulaciones nacionales sobre uso del suelo en lo concerniente exclusivamente a sus aspectos ambientales.

- Las regulaciones sobre conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, en las zonas marinas y costeras; las disposiciones producidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción, en cuanto a la reserva, alindamiento, administración o sustracción de los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional; las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas expedidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción; y las directrices y normas expedidas por las autoridades ambientales para la conservación de las áreas de especial importancia ecosistémica.

- Las disposiciones que reglamentan el uso y funcionamiento de las áreas que integran el sistema de parques nacionales naturales y las reservas forestales nacionales.

- Las políticas, directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales".

En cuanto al decreto 3600 de 2007, se define en su artículo 4, de forma más detallada que en la Ley, la manera en que se deben espacializar las áreas de importancia para la protección estableciendo las categorías de protección en suelo rural:

- Áreas de conservación y protección ambiental. Incluye las áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental de acuerdo con la legislación vigente y las que hacen parte de la estructura ecológica principal, para lo cual en el componente rural del plan de ordenamiento se deben señalar las medidas para garantizar su conservación y protección. Dentro de esta categoría, se incluyen las establecidas por la legislación vigente, tales como:
    - Las áreas del sistema nacional de áreas protegidas.
    - Las áreas de reserva forestal.
    - Las áreas de manejo especial.
    - Las áreas de especial importancia ecosistémica, tales como páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, rondas hidráulicas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos, lagunas, ciénagas, manglares y reservas de flora y fauna".
- Se subraya la Estructura Ecológica Principal como concepto introducido por primera vez en la legislación colombiana para soportar la conservación de áreas de importancia ecosistémica obedeciendo a dos principios fundamentales: 1) conservación y protección de los servicios ecosistémicos y; 2) Biodiversidad. El Decreto 3600 de 2007 define a la Estructura Ecológica como el "Conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones".

En consideración con lo expuesto, se establece que los determinantes ambientales de ordenamiento territorial y la zonificación ambiental que estos proponen, soportados en la estructura ecológica proyectada, constituyen la ruta más expedita y soportada legalmente para articular los instrumentos de ordenamiento territorial al índice de sostenibilidad integrado bajo diferentes escenarios. Este último se puede posicionar como un indicador fuerte para diagnosticar y proponer categorías de manejo de áreas dentro del territorio que generen acciones para lograr la sostenibilidad integral.

De igual forma, en este numeral, se presenta una forma de articular el índice de sostenibilidad integrado para ser incorporado dentro de la prospectiva y zonificación ambiental de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), determinando oportunidades de manejo dependiendo del nivel de conflicto que se presenta entre la zonificación ambiental del POMCA y el índice de sostenibilidad integrado. Este es un paso importante para armonizar no sólo los POMCA sino otro tipo de determinantes ambientales para el ordenamiento territorial, sin embargo, esta ruta implica modificaciones a los acuerdos existentes que reglamentan los determinantes actuales. En este sentido, es necesario trascender hacia propuestas metodológicas que permitan incorporar el índice de sostenibilidad integrado como insumo relevante en la identificación, delimitación y caracterización de zonas de importancia ambiental, social y económica para la sostenibilidad integral.

En general se pueden establecer las siguientes recomendaciones para que el índice de sostenibilidad integrado sirva como insumo en la definición de determinantes ambientales de ordenamiento territorial considerando los principales componentes de los instrumentos de ordenamiento territorial:

- Determinar una estrategia para la modificación del modelo de ocupación del territorio en las revisiones de mediano plazo del instrumento de ordenamiento territorial, de la clasificación del suelo y de áreas de reserva de los sistemas estructurantes cuando la información actualizada del índice de sostenibilidad integrado indique la necesidad de actuar en áreas específicas para mantener o mejorar la sostenibilidad integral del territorio.
- Al ser el modelo de ocupación la materialización espacial de la visión que tienen los habitantes del municipio sobre su territorio, lo que quieren de él y como quieren vivir en él, y que por lógica debe ser concertado entre todos los actores, el índice de sostenibilidad integrado se convierte en un insumo importante a nivel técnico para soportar, por parte de la población, la aceptación o el rechazo de diferentes proyectos que se establezcan en el territorio y que pueden o no ser consecuentes con la visión concertada y que son impuestos en otros niveles territoriales como por ejemplo proyectos hidroeléctricos y mineros de importancia nacional.
- Se sugiere que los determinantes ambientales enriquecidos por el análisis del índice de sostenibilidad integrado incorporen áreas que no hayan sido identificadas como importantes para la sostenibilidad integral del territorio pero que a la luz de nuevos análisis sea necesario intervenir con categorías de manejo especial con el fin de preservar las condiciones actuales o mejorarlas para asegurar los servicios ecosistémicos, la conservación de la biodiversidad y la calidad ambiental y de vida de la población que habita en estas zonas.
- El índice de sostenibilidad integrado, desde los determinantes ambientales que lo incorporan y a su vez lo reglamentan pueden aportar en una concepción más sostenible para el modelo de ocupación del territorio. En este sentido, la sostenibilidad integral del territorio será incorporada con mayor soporte técnico y de forma más integral determinando las áreas de reserva para: la conservación y protección del ambiente y los recursos naturales, vías, servicios públicos, espacio público natural, equipamientos, vivienda y patrimonio. Esta zonificación permitirá relocalizar, restringir y/o potenciar usos y actividades, definir acciones de intervención para impulsar la sostenibilidad integral y que quedarían formuladas en el programa de ejecución del POT.
- El índice de sostenibilidad integrado como insumo en la definición de determinantes ambientales de ordenamiento territorial puede apoyar la formulación prospectiva de normas que condicionen las disposiciones y exigencias para la ubicación de nuevos bienes económicos, sociales o ambientales en zonas importantes para la sostenibilidad integral del territorio y que con estas intervenciones estaría bajo amenaza.
- Utilizar el índice de sostenibilidad integrado como uno de los insumos relevantes que permitan determinar las áreas a nivel de cuenca, humedal o área protegida y en las que se pretendan realizar nuevas actuaciones urbanísticas (Artículo 8 de la ley 388 de 1997) pero que desde el índice se evidencie que estas deben ser clasificadas en una categoría especial

de manejo por su importancia en la sostenibilidad integral del territorio. Estas categorías de manejo pueden determinar si la urbanización presenta limitaciones para mitigar las condiciones de amenaza a los recursos naturales o si, por el contrario, pueden coexistir la conservación con un desarrollo urbanístico equilibrado y con restricciones priorizando la sostenibilidad ambiental (modificando cargas, unidades mínimas de actuación, etc.).

- De acuerdo con la importancia de cada zona para la sostenibilidad integral del territorio, determinada a partir del análisis del índice de sostenibilidad integrado e incorporada en los determinantes ambientales de ordenamiento territorial, se pueden definir instrumentos de gestión del suelo y la financiación de recursos para promover las categorías de manejo.

✓ *Planes de desarrollo municipal (PDM) y el índice de sostenibilidad integrado (índice de sostenibilidad integrado)*

Los Planes de Desarrollo Municipal (PDM), establecidos por la Ley 152 de 1994, orientan las acciones en el municipio y entidades territoriales con un énfasis específico en la administración, distribución y ejecución de recursos públicos para un periodo de gobierno. Un PDM se encuentra conformado por tres componentes:

- **Diagnóstico:** se determinan las necesidades específicas de la comunidad y del territorio que habitan, además de información relacionada en otros planes, que es necesaria e importante para el desarrollo del municipio.
- **Componente estratégico:** se identifican y se formulan estrategias que materializan en el territorio municipal la visión concertada y los compromisos que se establecieron con la comunidad y diferentes actores en el plan de gobierno.
- **Plan de inversiones:** define los recursos que permiten financiar el componente estratégico del plan de acuerdo con las finanzas municipales y los posibles recursos disponibles durante el periodo de gobierno.

Sin embargo, la intencionalidad general del plan de desarrollo es servir como instrumento para materializar los proyectos establecidos en el instrumento de ordenamiento territorial y en el PMGRD viabilizados a partir de inversiones en el territorio municipal.

Es esta en esta vía que los PDM pueden incorporar la información del índice de sostenibilidad integrado, al materializar lo que puede proponer el instrumento de ordenamiento territorial para la sostenibilidad integral del territorio y que este último articula desde los determinantes de ordenamiento territorial. En este sentido la ruta de armonización puede tener la siguiente secuencia:

- Uso del índice de sostenibilidad integrado como insumo en la definición de áreas de importancia estratégica para la sostenibilidad integral del territorio.
- Reglamentación de la zonificación ambiental y prospectiva definida a partir de la información que entrega el índice de sostenibilidad integrado, así como otra información, como determinantes ambientales del ordenamiento territorial junto con sus debidas categorías de manejo entre las que se encuentran las propuestas por los resultados del índice de sostenibilidad integrado.

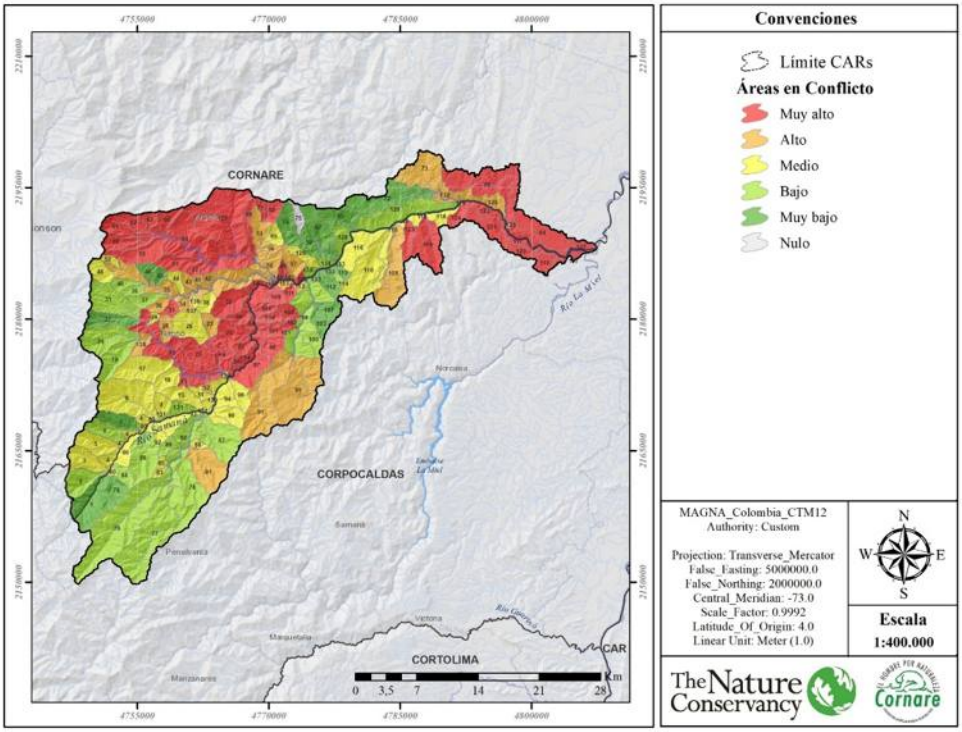
- Incorporación y adopción de los determinantes ambientales de ordenamiento territorial por parte de los instrumentos tal y como se recomendó previamente.
- Materialización de los programas, proyectos y metas del instrumento del ordenamiento territorial en el territorio municipal a través del componente estratégico y su viabilización desde el componente financiero.

23.2 Cuenca del río Samaná Sur

23.2.1 Comparación de zonificaciones y áreas críticas

En total, para la cuenca del río Samaná Sur se identificaron 1 unidad NSS-3 en conflicto Nulo, 22 unidades NSS-3 en conflicto Bajo, 16 unidades NSS-3 en conflicto Muy Bajo, 31 unidades NSS-3 en conflicto Medio, 24 unidades NSS-3 en conflicto Alto y 46 unidades NSS-3 en conflicto Muy Alto (ver Figura 472). Es importante tener en cuenta que de las 46 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Alto, 7 prevalecen en la categoría de la conservación de acuerdo con el ordenamiento del POMCA.

Figura 472. Identificación áreas en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

23.2.2 Propuesta de armonización

En la Tabla 225 se presenta se detallan las unidades NSS-3 de la cuenca del río Samaná Sur que requieren una administración “especial” de los recursos naturales. Las celdas #N/A hacen referencia a aquellas unidades en las cuales no se encuentran objetos de conservación priorizados en las

categorías de conflicto medio, alto y muy alto. Las X representan el estado de los servicios ecosistémicos en cada unidad NSS-3 ya sea bajo, medio y/o alto (ver Tabla 215 de las abreviaturas de los servicios ecosistémicos).

.

Tabla 225. Propuesta áreas que requieren una administración “Especial” de los Recursos Naturales en la Cuenca del río Samaná Sur

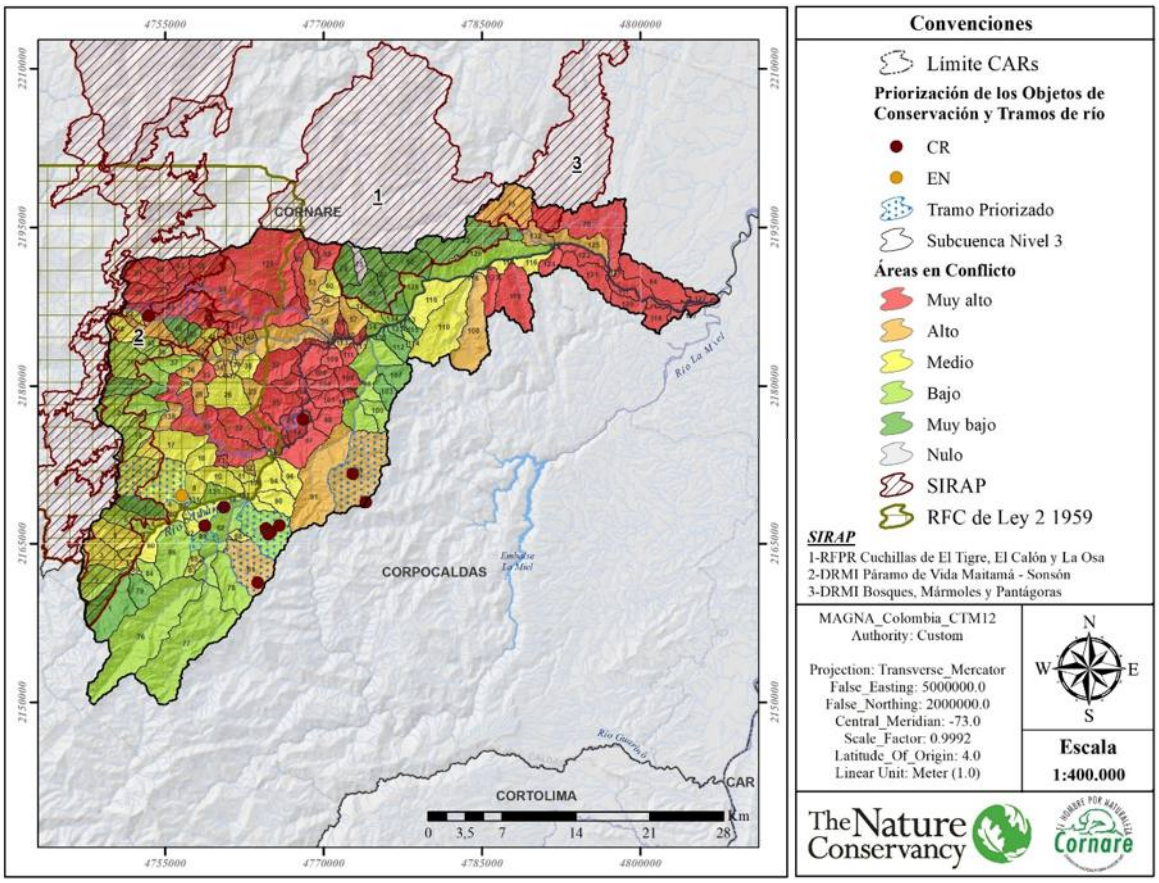
# NSS-3	Código NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km2)	Nivel de Conflicto	Objeto de Conservación y Tramo de río Priorizado	Servicios Ecosistémicos																																				
						RHA			RHE			PES			PENF			PENN			AC			CH			VRC			PCA			PCCafé			PCCaña			PCAP			PCCocao		
						B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
3	2305-01-14-10	Q. El Volcán	8,84	Medio	*#N/A*	x			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
4	2305-01-14-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	6,44	Medio	*#N/A*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x								x		
5	2305-01-14-08	Q. La Nútria	9,41	Medio	*#N/A*	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x								x		
8	2305-01-21-04	Q. El Bosque	4,01	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
9	2305-01-14-02	Río Venus	25,67	Medio	*Pristimantis actinolaimus*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x	x							x		
10	2305-01-21-02	Q. La Iguana	6,80	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
11	2305-01-19-04	Q. San Agustín	2,40	Medio	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
12	2305-01-19-02	Q. Santa Isabel	1,12	Alto	*#N/A*			x	x	x	x				x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
13	2305-01-12-18	Q. El Diamante	1,21	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x				x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
14	2305-01-15-01	Directos al Río Samaná Sur 15 (md)	10,00	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x									x		
15	2305-01-12-01	Río San Pedro Parte Media	25,69	Muy alto	*#N/A*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x				x		x							x		
16	2305-01-10-01	Q. Espíritu Santo Parte Baja	7,73	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x		x							x		
17	2305-01-12-14	Q. Damas	14,69	Medio	*#N/A*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
18	2305-01-12-16	Q. Larga	5,85	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
20	2305-01-15-10	Q. El Palmar	0,89	Muy alto	*#N/A*			x	x		x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
21	2305-01-15-08	Q. El Caney	2,70	Muy alto	*Pristimantis tribulosus*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
22	2305-01-10-06	Q. San José	8,80	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
23	2305-01-10-02	Q. La Pradera	3,91	Alto	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x		x							x		
25	2305-01-15-06	Q. Santa Rita	8,63	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x		x							x		
26	2305-01-10-04	Q. El Espíritu Santo Parte Alta	11,44	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x		x							x		
28	2305-01-12-02	Q. San Juan	3,80	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
29	2305-01-12-04	Q. El Sirpial - Q. El Queso	1,19	Medio	*#N/A*		x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
30	2305-01-15-04	Q. Santa Rosa	3,31	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
32	2305-01-15-02	Q. Santa Ulasia	10,02	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x		x							x		
33	2305-01-08-26	Q. San Juan	2,77	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
34	2305-01-08-28	Q. El Silencio -Q. La Sordera	1,26	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
35	2305-01-08-01	Río Negrito Parte Baja	28,94	Alto	*#N/A*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x	x	x							x		
36	2305-01-08-24	Q. Honda - Q. La Pala	2,95	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
38	2305-01-08-34	Q. La Arabia	3,62	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
41	2305-01-08-04	Q. Sector La Plata	1,15	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			x				x		x							x		
42	2305-01-08-02	Q. Sector El Recreo	1,15	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
43	2305-01-08-06	Q. San Agustín	2,46	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
44	2305-01-08-08	Q. San Antonio	2,90	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
47	2305-01-06-18	Q. La Vidalia	2,10	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
48	2305-01-08-16	Río Negrito Parte Alta	5,49	Medio	*#N/A*	x	x		x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
49	2305-01-09-04	Q. Las Margaritas	1,36	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
50	2305-01-13-02	Río Paloma Parte Baja	6,58	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x								x		
52	2305-01-08-14	Cñda. Honda	1,83	Medio	*#N/A*	x	x		x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x									x		
53	2305-01-04-01	Río Pozo	8,57	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x								x		
54	2305-01-06-01	Río La Paloma Parte Media	38,55	Muy alto	*#N/A*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x				x	x	x							x		
56	2305-01-04-02	Q. Villanueva	1,69	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x								x		
57	2305-01-09-02	Q. Claras	5,49	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
60	2305-01-04-04	Q. Agua Linda	3,43	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x								x		
64	2305-01-01-02	Q. La Edesma	12,65	Muy alto	*#N/A*	x			x	x		x	x	x	x	x		x	x		x	x	x			x							x					x				x		
68	2305-01-04-06	Q. El Risco	4,55	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x		x						x		
69	2305-01-04-10	Q. El Rosario	5,21	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x								x		
70	2305-01-03-02	Q. El Mulato	27,69	Muy alto	*#N/A*	x			x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
71	2305-01-04-08	Q. Dos Quebradas	1,67	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x	x								x		
73	2305-01-05-02	Q. San Francisco	16,02	Alto	*#N/A*	x			x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
80	2305-01-14-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	6,12	Medio	*#N/A*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
81	2305-01-21-14	Q. El Rosario	15,94	Alto	*Pristimantis tribulosus*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
83	2305-01-21-10	Q. El Anime	1,28	Medio	*#N/A*		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
85	2305-01-21-08		1,40	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
88	2305-01-21-16	Q. Cartagena	1,42	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
90	2305-01-19-08	Q. La Rica	5,68	Medio	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
91	2305-01-20-02	Q. Riachuello	29,74	Alto	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x	x	x

# NSS-3	Código NSS-3	Nombre Subcuenca NSS-3	Área (km2)	Nivel de Conflicto	Objeto de Conservación y Tramo de río Priorizado	Servicios Ecosistémicos																																				
						RHA			RHE			PES			PENF			PENN			AC			CH			VRC			PCA			PCCafé			PCCaña			PCAP			PCCocao		
						B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
92	2305-01-14-22		2,51	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x															x		
93	2305-01-21-01	Directos al Río Samaná Sur 21 (mi)	5,84	Medio	*Pristimantis lichenoides*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
94	2305-01-19-01	Directos al Río Samaná Sur 19 (mi)	7,89	Medio	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x	x	
95	2305-01-22-02	Río Claro	29,11	Alto	*Pristimantis veletis*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x	x	x							x		x
96	2305-01-19-10		4,91	Medio	*#N/A*			x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
97	2305-01-15-01	Directos al Río Samaná Sur 15 (mi)	17,80	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x									x		
99	2305-01-15-18	Q. Las Mulatas	5,20	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
101	2305-01-15-20	Q. Chorro Rico	4,28	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
102	2305-01-09-10		1,20	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
104	2305-01-15-22	Q. El Congreso	2,91	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
105	2305-01-09-08		4,14	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
106	2305-01-15-24	Q. La Mulata	2,41	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
108	2305-01-05-10	Q. La Laguna	19,55	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x	x	x	x		x							x		
109	2305-01-15-26		3,01	Muy alto	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
110	2305-01-05-08	Q. La Concha	23,46	Medio	*#N/A*	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
111	2305-01-09-06		2,26	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
113	2305-01-09-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	2,54	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
116	2305-01-05-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	18,31	Medio	*#N/A*	x	x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x			x							x			x	x					x		
117	2305-01-01-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	5,96	Muy alto	*#N/A*	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
118	2305-01-01-06		4,60	Muy alto	*#N/A*	x			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x		x			x							x									x		
119	2305-01-05-14	Q. San Antonio	15,62	Muy alto	*#N/A*	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x			x	x					x		
120	2305-01-01-04		4,00	Muy alto	*#N/A*	x			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x		x			x							x									x		
121	2305-01-03-04	Q. El Rosario	8,84	Muy alto	*#N/A*	x			x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x			x							x									x		
122	2305-01-03-01	Directos al Río Samaná Sur (mi)	5,07	Muy alto	*#N/A*	x			x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
123	2305-01-05-12	Q. San Roque	4,80	Muy alto	*#N/A*	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x					x				x	x				x		
124	2305-01-05-16	Q. La Concha	3,55	Muy alto	*#N/A*	x			x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
125	2305-01-03-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	7,35	Alto	*#N/A*	x			x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x			x							x									x		
126	2305-01-06-02	Río San Julián	35,06	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x				x	x								x		
127	2305-01-01-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	9,63	Muy alto	*#N/A*	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x							x							x		x		
128	2305-01-07-02	Q. El Porvenir	3,79	Medio	*#N/A*		x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
130	2305-01-19-01	Directos al Río Samaná Sur 19 (md)	4,00	Medio	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
132	2305-01-05-03	Río San Lorenzo Parte Baja	4,60	Alto	*#N/A*	x			x	x		x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
135	2305-01-11-01	Río Negrito Parte Baja	0,16	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
136	2305-01-08-32	Q. La Betulia	0,85	Medio	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x									x		
137	2305-01-08-30	Q. Sector Cuesta Media	0,96	Alto	*#N/A*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
138	2305-01-12-03	Río San Andrés Parte Baja	3,67	Alto	*#N/A*	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x							x		x							x		
139	2305-01-17-01	Río San Pedro Parte Baja	0,46	Medio	*#N/A*			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		
140	2305-01-09-01	Directos al Río Samaná Sur (md)	2,31	Muy alto	*#N/A*		x	x	x	x		x			x	x		x	x	x	x		x			x							x									x		

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 473 se presenta la visualización de la armonización de las unidades NSS-3 en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo del escenario 3, el POMCA, los objetos de conservación priorizados y las áreas protegidas y ecosistemas estratégicos de la cuenca del río Samaná Sur.

Figura 473. Armonización de la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Sur (2017)

En este apartado se remite al lector al numeral 23.1.2, pues el análisis de los instrumentos de ordenación aplica de la misma forma para ambas cuencas. De igual forma se hace una comparación entre los resultados encontrados en el índice de sostenibilidad integrado, haciendo uso del IGRD y los PMGRD de la cuenca del río Samaná Sur.

Tabla 226. Comparación entre el índice de sostenibilidad integrado y los estudios de riesgo en los municipios de la jurisdicción de Cornare para la cuenca Samaná Sur

Municipio	Departamento	Resumen IGRD	Coherencia entre los PMGRD* y el Índice de Sostenibilidad desde la lectura del IGRD
		SAMANA SUR	
SONSÓN	ANTIOQUIA	Sonsón posee un IGRD de 55,4 con un índice de riesgo estimado en 28,05, uno de los más altos de la cuenca en el que se destaca que cerca del 58% del área municipal se encuentra expuesta a algún tipo de amenaza hidrometeorológica predominando casi que en proporciones iguales los movimientos en masa y las avenidas torrenciales. De igual forma, posee una alta vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo al Índice de Pobreza Multidimensional, la cual corresponde a un 48,1%. En cuanto al índice de capacidades se considera que el municipio se encuentra en el grupo de municipios con altas capacidades para la gestión de riesgo (G3) pero con falencias en operativizar esta gestión ya que no se reporta un CMGRD creado, aunque el PMGRD ya se adoptó.	Debido a sus diferencias en escala la información de la evaluación realizada por Cornare difiere de la utilizada por el índice de sostenibilidad y de la información que éste utilizó a partir del IGRD. En general los valores del área afectada por las diversas amenazas no son coherentes entre el estudio y el índice. Las recomendaciones a corto, largo y mediano plazo no profundizan en muchos aspectos que si considera el índice debido principalmente porque no es un PMGRD sino una zonificación y por lo tanto no es coherente en cuanto a estrategias frente a mejorar las capacidades de forma integral en componentes como lo financiero y lo socioeconómico, sino que su enfoque se encuentra en los componentes del riesgo y que también considera el IGRD: área expuesta a amenazas y vulnerabilidad de la población expuesta.
ARGELIA	ANTIOQUIA	Argelia presenta un IGRD de 55,4 con un valor del índice de riesgo correspondiente a 26,81 con más de la mitad de su área (54%) susceptible frente a la ocurrencia de eventos de movimientos en masa y un 25% susceptible a las avenidas torrenciales. A esto se suma que la población expuesta y vulnerable, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional, es el 47,1%. El municipio se encuentra dentro del grupo de altas capacidades para la gestión del riesgo (G3). En cuanto al índice de capacidades se considera que el municipio se encuentra en el grupo de municipios con las mayores capacidades para la gestión del riesgo (G4) aunque posee fuertes falencias en el componente financiero y socioeconómico, sin embargo, presenta un CMGRD creado, un PMGRD adoptado y con herramientas para gestionar el riesgo.	Al igual que en los estudios realizados por Cornare para otros municipios de su jurisdicción se puede establecer que la diferencia de escalas de análisis entre estos y el IGRD no permiten una comparación generando incoherencia entre la información que presentan los estudios y el índice. El estudio de Cornare indica que en municipio de Argelia existen zonas de inundación mientras el IGRD no las considera. Sin embargo, los estudios son coherentes al determinar en ambos casos que las amenazas más relevantes para el municipio corresponden a las amenazas por movimientos en masa y por avenidas torrenciales. En lo concerniente a capacidades financieras, socioeconómicas no presenta recomendaciones relevantes y por lo tanto no muestra un plan a futuro para estructurar una financiación de la gestión del riesgo en el corto, mediano y largo plazo, componente importante dentro del índice de capacidades y, por lo tanto, para la sostenibilidad integral del territorio municipal.
NARIÑO	ANTIOQUIA	Nariño es el municipio de las dos cuencas con el IGRD más alto con un valor de 66,5. Aunque en términos de capacidades se encuentra dentro del grupo de municipios con altas capacidades para la gestión del riesgo (G3) el municipio presenta un alto índice de riesgo (46,53), principalmente porque casi que el 73,7% del territorio municipal se encuentra expuesto a la ocurrencia de eventos movimientos en masa y de avenidas torrenciales, algunas de ellas en las que se presentan los dos fenómenos. De igual manera la vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional, corresponde a un 63,1%. Las principales falencias en capacidades están presentes en el componente financiero y socioeconómico, sin embargo, presenta un CMGRD creado, un PMGRD adoptado y con herramientas para gestionar el riesgo.	El índice de sostenibilidad, especialmente el factor relacionado con riesgo y evaluado a partir del IGRD, no es comparable con el estudio realizado por Cornare debido a su alcance y a la escala de análisis de mayor detalle de este último con respecto al alcance general del primero a nivel municipal. Los resultados de ambos son coherentes en identificar que los movimientos en masa y las avenidas torrenciales constituyen los agentes amenazantes que más predominan en el territorio mientras que en cuanto a inundación el índice no lo considera como una amenaza en el territorio y el estudio si, aunque de menor grado y extensión que las otras dos.

Municipio	Departamento	Resumen IGRD	Coherencia entre los PMGRD* y el Índice de Sostenibilidad desde la lectura del IGRD
NORCASIA	CALDAS	El IGRD de Norcasia es de 50,3 valor compuesto por un índice de riesgo de 30,25 y un índice de capacidades de 50,55, el más alto de la cuenca y pertenece por lo tanto al grupo de municipios con las mayores capacidades (G4). Las amenazas a las que se enfrenta aproximadamente el 60% del territorio municipal corresponden a aquellas relacionadas con la ocurrencia de movimientos en masa y de avenidas torrenciales, siendo esta última la que afecta a casi la mitad del área municipal. Se considera que la vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional, es alta ya que corresponde al 51,3%. En cuanto a capacidades el municipio presenta fortalezas en términos financieros, pero especialmente en los aspectos socioeconómicos evaluados por el índice. También evidencian inversiones en gestión del riesgo, un CMGRD creado y un PMGRD formulado y adoptado.	El PMGRD del municipio de Norcasia data del año 2012. Se evidencia que existen coherencia entre la intencionalidad del plan con el índice de sostenibilidad, especialmente el IGRD, ya que el primero plantea como objetivo: "Contribuir al desarrollo social, económico y ambiental sostenible del Municipio de Norcasia, por medio de la reducción del riesgo asociado con fenómenos de origen natural, socio-natural, tecnológico y antrópico, así como con la prestación efectiva de los servicios de respuesta y recuperación en caso de desastre, en el marco de la gestión riesgo". Sin embargo, de acuerdo con su concepción los PMGRD están más enfocados, desde su prospectiva, en generar las condiciones adecuadas para la gestión de riesgos de desastres y reducir vulnerabilidad de la población expuesta que en trabajar en mitigar las causas de los desastres como tal.
PENSILVANIA	CALDAS	El municipio de Pensilvania presenta un IGRD de 59,2, afectado principalmente por un índice de gestión del riesgo de 33,94 en donde se destaca un 73,4% del área territorial enfrentada a amenazas por movimientos en masa y, mayoritariamente, a las avenidas torrenciales que afectan cerca del 55% de la superficie del municipio. La vulnerabilidad de la población expuesta es de 46,3%. En cuanto a las capacidades el índice en este sentido presenta un valor de 25,20 y se encuentra dentro del grupo de municipios con altas capacidades (G3) con debilidades en el componente financiero, pero presentan inversiones en gestión del riesgo, tienen creado el CMGRD y el PMGRD se encuentra formulado y adoptado.	El municipio posee una Estrategia Municipal para la Respuesta a Emergencias del año 2013. Debido a su alcance no posee una zonificación detallada de amenazas, pero si escenarios de riesgo. Por la escala, por su propósito y por la fecha de formulación no considera los mismos elementos que el IGRD para la gestión integral del riesgo.
SAMANÁ	CALDAS	El municipio presenta un IGRD estimado en 57,3, con un valor de índice de riesgo de 28,4 y con el 55,2% del área municipal expuesta a amenazas de origen hidrometeorológico (principalmente frente a movimientos en masa y avenidas torrenciales). Adicionalmente, la vulnerabilidad de la población expuesta, de acuerdo con el Índice de Pobreza Multidimensional, es de 52,1%. En cuanto al índice de capacidades se considera que el municipio es el de más bajas capacidades en las dos cuencas perteneciendo al grupo G2. En este sentido presenta falencias en el componente financiero, aunque el CMGRD se encuentra creado y el PMGRD se encuentra formulado y adoptado.	El PMGRD del municipio de Samaná fue formulado en año 2012. En cuanto a la identificación de la amenaza la coherencia entre el IGRD y el PMGRD se evidencia en la identificación de los movimientos en masa como los más relevantes, sin embargo, el primero también enfatiza en las avenidas torrenciales en cerca del 25% del territorio mientras que el segundo no las identifica. El PMGRD se encuentra más orientado a generar las condiciones adecuadas para la gestión de riesgos de desastres y reducir vulnerabilidad de la población expuesta que en trabajar en mitigar las causas de los desastres como tal.

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Capítulo 24. Marco normativo para la protección de los recursos naturales y el manejo de ecosistemas hídricos

En el actual capítulo se presentan los contextos internacionales, nacionales y regionales en torno a los marcos normativos para la protección de los recursos naturales y el manejo de los ecosistemas hídricos.

24.1 Contexto internacional

Las instituciones públicas con funciones de formulación de política y regulación en materia ambiental en los países de Latinoamérica se enfrentan al reto de diseñar instrumentos de gestión ambiental que puedan ser efectivos y económicamente eficientes en el logro de los objetivos y metas ambientales que se han propuesto cada uno de los países en sus diferentes ámbitos de gestión.

Particularmente, ante la percepción de que los esquemas regulatorios tradicionales (comando y control) y la insuficiencia de recursos financieros no han permitido responder adecuadamente a los procesos de deterioro ambiental, se requiere explorar opciones para financiar la ejecución de las acciones y proyectos inmersos en políticas ambientales que contribuyan a mantener o mejorar las condiciones del patrimonio natural de cada país.

A continuación, se presentarán algunos casos internacionales de gestión enfocada al recurso hídrico.

24.1.1 Gestión del recurso - México

Con la Ley General del equilibrio ecológico y la protección al ambiente de 1988, México reglamenta las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.
- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación.
- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente.
- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas.
- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.

- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.
- La garantía de la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.
- El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX - G de la Constitución.
- El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales en materia ambiental.
- El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan.

En relación con el marco institucional, dado que México es un estado federal, la misma ley establece que la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios ejercerán sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales. La distribución de competencias en materia de regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y la preservación de los recursos forestales y el suelo, estará determinada por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Como instrumentos de la política ambiental mexicana se establecen, la planeación ambiental y el ordenamiento ecológico incorporada dentro de la planeación nacional del desarrollo; los instrumentos económicos, la evaluación ambiental, las estratégicas de conservación y manejo de los ecosistemas dentro de las que se encuentran la declaratoria de áreas protegidas, tales como las reservas de la biosfera; los parques nacionales; los monumentos naturales; las áreas de protección de recursos naturales; las Áreas de protección de flora y fauna; los santuarios; los Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales; las zonas de conservación ecológica municipales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales y finalmente las áreas destinadas voluntariamente a la conservación.

Se resaltan las áreas de protección de recursos naturales, por ser aquellas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal, siempre que dichas áreas no queden comprendidas en otra de las categorías. Se consideran dentro de esta categoría las reservas y zonas forestales, las zonas de protección de ríos, lagos, lagunas, manantiales y demás cuerpos considerados aguas nacionales, particularmente cuando éstos se destinen al abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones.

En cuanto al aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos se consideran los siguientes criterios:

- Corresponde al Estado y a la sociedad la protección de los ecosistemas acuáticos y del equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico.
- El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que comprenden los ecosistemas acuáticos debe realizarse de manera que no se afecte su equilibrio ecológico.
- Para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos.
- La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos.

Los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y de los ecosistemas acuáticos, son considerados en:

- La formulación e integración del Programa Nacional Hidráulico.
- El otorgamiento de concesiones, permisos, y en general toda clase de autorizaciones para el aprovechamiento de recursos naturales o la realización de actividades que afecten o puedan afectar el ciclo hidrológico.
- El otorgamiento de autorizaciones para la desviación, extracción o derivación de aguas de propiedad nacional.
- El establecimiento de zonas reglamentadas, de veda o de reserva.
- Las suspensiones o revocaciones de permisos, autorizaciones, concesiones o asignaciones otorgados conforme a las disposiciones previstas en la Ley de Aguas Nacionales, en aquellos casos de obras o actividades que dañen los recursos hidráulicos nacionales o que afecten el equilibrio ecológico.
- La operación y administración de los sistemas de agua potable y alcantarillado que sirven a los centros de población e industrias.
- Las previsiones contenidas en el programa director para el desarrollo urbano del Distrito Federal respecto de la política de reuso de aguas.
- Las políticas y programas para la protección de especies acuáticas endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial.
- Las concesiones para la realización de actividades de acuacultura, en términos de lo previsto en la Ley de Pesca.
- La creación y administración de áreas o zonas de protección pesquera.
- Todas aquellas prácticas de diferentes sectores productivos que afecten la calidad del agua superficial y subterránea.

Las zonas de reserva de agua fueron reglamentadas en la Ley de Aguas Nacionales, como un instrumento de conservación que busca proteger los ecosistemas acuáticos más representativos, que coinciden con las áreas de gran biodiversidad, en las que no existen presiones por el agua, lo cual facilita su establecimiento. Esta figura busca asegurar el ciclo hidrológico de cual depende el capital natural y sus servicios ecosistémicos. En términos de conservación de la biodiversidad, la aplicación de esta figura garantiza la funcionalidad ecológica y en términos de cambio climático, es considerada como una medida de adaptación que contribuye a garantizar el ciclo hidrológico.

24.1.2 Gestión del recurso - España

La Constitución Española en su artículo 45 establece el reconocimiento constitucional del derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo. Al mismo tiempo define que los organismos públicos velarán por la utilización correcta de los recursos naturales con el fin de protegerlos, conservarlos, mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente. Las competencias se reparten entre el Estado, las Comunidades autónomas y los municipios. En la constitución se distribuye las competencias básicas teniendo en cuenta la separación de aspectos ejecutivos y normativos de la acción ambiental.

España tiene una estructura legislativa piramidal. La legislación medioambiental se clasifica en tres ámbitos:

- **La administración central:** tiene la responsabilidad de la legislación sobre la protección del medio ambiente en ámbitos como residuos, evaluaciones de impacto medioambiental, contaminación atmosférica, calidad de las aguas. Las comunidades autónomas podrán establecer en sus respectivos territorios niveles de protección complementarios o más altos en zonas que consideren oportunas.
- **La administración autonómica:** La actividad administrativa de gestión y ejecución de las actividades para la protección del medio ambiente pertenece a las comunidades autónomas, pueden aprobar disposiciones reglamentarias y leyes para la protección del medio ambiente, siempre y cuando se respete la legislación básica del estado.
- **La administración local:** en municipios de más de 5.000 habitantes se encarga de la legislación del abastecimiento y limpieza de las calles y todo lo relacionado con la recogida selectiva de residuos. Cuando tienen más de 50.000 habitantes también es la responsable de la prevención y extinción de incendios y protección del medio ambiente.

En el Estado español se puede adoptar diferentes normas:

- **Leyes:** son disposiciones de carácter general en las que se establecen unas directrices que recogen las cuestiones ambientales en la Legislación medioambiental. Deben ser aprobadas en el Parlamento y se desarrollan a través de los reglamentos. Pueden ser estatales (ordinarias u orgánicas) como autonómicas, dependerá del asunto y de las competencias que entran en juego.
- **Reglamentos:** locales, autonómicos o estatales. En cada administración los reglamentos se manifiestan de formas diferentes, dependerá de la jerarquía del órgano que los dicta y de la administración de la que proceden.

- **Real Decreto:** Los reales decretos son normas que aprueban los reglamentos que sirven para desarrollar las leyes estatales. Se aprueban en el consejo de ministros.
- **Órdenes Ministeriales:** son las disposiciones legales emitidas por el ministerio que le pertenezca la competencia de la materia que se quiere legislar.
- **Órdenes autonómicas:** son las disposiciones legales que son emitidas por los consejeros de las comunidades autónomas.

Las disposiciones reglamentarias locales son aprobadas por el pleno de la diputación o por el ayuntamiento. Pueden adoptar diferentes formas como planes de urbanismo, reglamentos locales y ordenanza. A continuación, se desarrollan algunos temas relevantes de la normativa medioambiental.

✓ *Aguas*

Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino. Se aplica al mar territorial, tanto en el Atlántico, Cantábrico. En la zona de pesca del Mediterráneo y a la plataforma continental. La Ley de protección del medio marino se aplica por ejemplo en su protección, controlando los vertidos de las aeronaves o buques para proteger a las especies amenazadas marinas y también para la declaración de zonas marinas protegidas. Para mantener un buen estado ambiental marino es necesaria una buena planificación de las actividades que se realizan en el mar. Para la elaboración y aplicación de estrategias marinas, para su conservación, las comunidades autónomas participarán en todas las fases.

Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, posteriormente modificado por el Real Decreto Ley 4/2007.

Se establecen medidas para la protección de las aguas continentales y del dominio público hidráulico.

Real Decreto 258/1989, de 10 de marzo, por el que se establece la normativa general sobre vertidos de sustancias peligrosas desde tierra al mar.

Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. En esta ley se recoge las medidas para la restauración y protección del dominio público marino-terrestre. Se garantiza el uso público del mar teniendo en cuenta un control del nivel de calidad de las riberas del mar y de las aguas.

✓ *Áreas protegidas*

Orden ARM/2444/2008, de 12 de agosto, por la que se aprueba el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación.

Real Decreto 1421/2006, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.

Real Decreto 1803/1999, de 26 noviembre, por el que se aprueba el Plan Director de la Red de Parques Nacionales.

Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.

- ✓ *Biodiversidad*

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Esta Ley tiene en cuenta la importancia del mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, de la preservación del medio ambiente, de su diversidad genética y biológica, la belleza y singularidad de los ecosistemas naturales y la diversidad geológica y del paisaje.

- ✓ *Cambio climático y renovables*

Entre los años 2011/2012 se aprueba la asignación individual de gases de efecto invernadero a las instalaciones incluidas en el Plan Nacional de asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

Orden ITC/3366/2010, de 29 de diciembre, por la que se establece la metodología de cálculo del coste unitario de los derechos de emisión de CO2 asignados a las centrales de generación eléctrica.

Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar al régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo.

Ley 40/2010, de 29 de diciembre, de almacenamiento geológico de CO2. Esta ley tiene como objetivo incorporar al ordenamiento interno español las disposiciones contenidas en la Directiva 2009/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, adaptándolas a la realidad industrial, geológica y energética de España

- ✓ *Reservas fluviales*

El artículo 25 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, incluyó en el marco jurídico español el establecimiento de reservas hidrológicas por motivos ambientales. De acuerdo con este artículo, la competencia de la declaración de estas reservas en las cuencas intercomunitarias corresponde al Consejo de ministros, a propuesta del ministro de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, previo informe de las comunidades autónomas afectadas.

Como parte de estas reservas hidrológicas, el concepto de Reserva Natural Fluvial se originó a través de la Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, que introdujo la siguiente modificación del Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA):

El “cuatro del apartado 1.b.c” del artículo 42 queda redactado en los siguientes términos: «La asignación y reserva de recursos para usos y demandas actuales y futuros, así como para la conservación y recuperación del medio natural. A este efecto se determinarán: Los caudales ecológicos, entendiendo como tales los que mantiene como mínimo la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera. Las reservas naturales fluviales, con la finalidad de preservar, sin alteraciones, aquellos tramos de ríos con escasa o nula

intervención humana. Estas reservas se circunscribirán estrictamente a los bienes de dominio público hidráulico.

La Directiva Marco del Agua de la Unión Europea, establece que los Estados Miembros deben garantizar la calidad y comparabilidad de los métodos empleados para efectuar el seguimiento y evaluación del estado de las aguas.

En consecuencia, es necesario disponer de criterios homogéneos y básicos de diseño de los programas de seguimiento que permitan disponer de una visión general, coherente y completa del estado y calidad de las aguas, y que sean adoptados por todas las administraciones hidráulicas con objeto de garantizar un enfoque homogéneo, equitativo y comparable en toda España. Los programas de seguimiento son una herramienta básica para la gestión de las aguas, y deben proporcionar la información necesaria para evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y el grado de cumplimiento de los objetivos marcados.

Su diseño debe permitir, entre otros, conocer el estado de las aguas; identificar la salud de los ecosistemas acuáticos atendiendo a su sostenibilidad, riqueza y biodiversidad; determinar el grado de contaminación de las aguas; valorar las consecuencias de la emisión de contaminantes procedentes de fuentes de contaminación puntual y difusa; evitar o reducir el deterioro producido por la presencia de sustancias prioritarias; evaluar el efecto de las alteraciones hidromorfológicas; etc.

Para garantizar la comparabilidad entre los Estados miembros, los resultados del control biológico y las clasificaciones de sus sistemas de seguimiento deben compararse mediante una red de intercalibración.

España debe definir condiciones de referencia y límites de cambio de clase coherentes con los valores recogidos en otros países. Con este fin se deben publicar las condiciones de referencia y límites de clases de estado aplicables a las distintas masas de agua.

El artículo 3 del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, define como condición de referencia al valor del indicador correspondiente a niveles de presión antropogénicas nulas o muy bajas.

Dentro de los programas de seguimiento definidos por el mencionado Real Decreto, se encuentran los programas de control y vigilancia, cuyo objeto es obtener una visión general y completa del estado de las masas de agua, y que están integrados a su vez por dos subprogramas: el subprograma de seguimiento del estado general de las aguas, y el subprograma de referencia. Este último, es de singular relevancia en relación con el papel de las reservas naturales fluviales, pues permite evaluar tendencias a largo plazo en el estado de las masas de agua debidas a cambios en las condiciones naturales, así como establecer condiciones de referencia específicas para cada tipo de masa de agua.

El artículo 14 establece que el valor de las condiciones de referencia y límites de cambio de clase serán únicos para un mismo indicador en cada tipo y se revisarán a partir de los resultados obtenidos en el subprograma de referencia, o a partir de la revisión de los criterios empleados para su obtención en caso de no existir estaciones de referencia, aplicando los criterios de comparabilidad

de resultados biológicos establecidos en la Directiva Marco de Agua y, en particular, a los valores obtenidos en el ejercicio de intercalibración.

Esta revisión se realizará cada seis años, tres años antes del inicio del ciclo de planificación hidrológica, bajo la coordinación, en el caso de ríos, de la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

La relación entre el concepto de reservas naturales fluviales y la red de referencia vuelve a encontrarse en el Anexo I apartado A.2 del citado real decreto, que define el Subprograma de referencia. En él se establece que las estaciones de muestreo deberán ubicarse en masas de agua que no presenten alteraciones, o que presenten alteraciones de escasa importancia, que permitan que se den las condiciones normalmente asociadas al tipo de masa de agua en ausencia de presiones importantes. En aras de la homogeneidad y comparabilidad de los resultados, la Dirección General del Agua, en coordinación con las demarcaciones hidrográficas, establecerá los criterios y el procedimiento para la validación de las estaciones de referencia de acuerdo con los elementos de calidad y frecuencias de muestreo establecidos por el Real Decreto 817/2015.

La declaración de un tramo como reserva natural fluvial le dota de un rango legal mayor de protección a la hora de la conservación de su estado. Por otro lado, la declaración de un punto como red de referencia, proporciona a esa masa de agua una red específica de seguimiento de su estado. Por lo tanto, todos los trabajos que ayuden a coordinar estas dos categorías son esenciales, mediante:

- La declaración como reserva natural fluvial de los puntos más importantes de la red de referencia para mejorar la protección legal de ese punto.
- La declaración como reserva natural fluvial de ríos incluidos en aquellas tipologías de masas de agua que o bien no tengan aún red de referencia o que tengan muy pocos puntos, con vistas a su protección y recuperación ambiental, de forma que a medio plazo se pueda disponer de mejor información para establecer las condiciones de referencia de estas tipologías.

24.1.3 Gestión del recurso - Ecuador

La legislación ecuatoriana en materia ambiental se mantuvo dispersa durante décadas, con esfuerzos aislados para codificarla. Con la expedición del Código Orgánico del Ambiente, el Ecuador cuenta con una norma especializada y actualizada a las disposiciones constitucionales que propende la garantía de un medio ambiente sano y la defensa de los derechos de la naturaleza.

El Código Orgánico del Ambiente – CODA, expedido en el 2017 (entró en vigencia en 2018), establece un marco regulatorio que integra en un solo cuerpo normativo varias aristas del sector ambiente, entre ellas las políticas generales de biodiversidad, áreas protegidas, cambio climático, manejo forestal sostenible y ordenamiento territorial. En el Reglamento al CODA (2019), pueden resumirse en:

- Institucionalización del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental.

- Determinación de categorías para el ordenamiento territorial (incluidos ecosistemas frágiles) de obligatoria inclusión dentro de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial (PDOT) específicos.
- Desarrollo del concepto de manejo forestal sostenible (MFS) y de instrumentos específicos para su implementación a nivel territorial y de predio.
- Clarificación sobre el régimen de competencias ambientales a partir de los mandatos constitucional y del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

El libro Preliminar del CODA destaca por sus referencias a su objeto, ámbito de aplicación, fines y al derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El art. 6 se refiere a los derechos de la naturaleza, los cuales si bien es cierto están reconocidos a nivel constitucional, en esta normativa se suponía que se definiría su aplicación y contenido, no obstante, una crítica al cuerpo legal es precisamente lo somero en su tratamiento. Un aspecto para destacar es la obligación que se establece para que en todas las decisiones públicas (manifestación de la administración pública y providencias judiciales) o privadas, en relación con la conservación, uso y manejo del ambiente, se tengan presentes los principios ambientales.

El Libro I, regula el régimen institucional ambiental, a partir del concepto constitucional del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, SNDGA, el cual se encarga de integrar y articular a los distintos organismos del Estado con competencia ambiental. La idea de coordinación interinstitucional se basa en evitar la duplicación de actividades, por ello su competencia ambiental es la rectoría, planificación, regulación control y gestión del patrimonio natural, biodiversidad, calidad ambiental, cambio climático y zona marino, y marino costera.

Con el propósito de hacer efectivo al sistema, se tienen en cuenta los siguientes instrumentos: a) Educación ambiental; b) Investigación ambiental; c) Participación ciudadana; d) Sistema Único de Información Ambiental; e) Fondos Públicos; f) Sistema Nacional de Áreas Protegidas; g) Régimen Forestal Nacional; h) Sistema Único de Manejo Ambiental; i) Incentivos ambientales.

Dentro de los mecanismos para la conservación in situ, constan: el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, SNAP; las áreas especiales; y la gestión de los paisajes naturales. Integrándose en el SNAP los subsistemas estatales, autónomo descentralizado, comunitario y privado.

Además, es importante destacar los criterios que se toman para la declaratoria de áreas protegidas, entre las que se encuentra: un ecosistema representativo que contribuya a la conectividad ecosistémica; ecosistemas frágiles y amenazados (páramos, humedales, etc.); que existan especies amenazadas; que genere servicios ecosistémicos (recursos hídricos por ejemplo) (Cordero Camacho, 2008); y que contribuya a la protección de valores culturales o espirituales asociados a la biodiversidad (Martínez-Moscoso, 2017). Dentro de las categorías establecidas en el SNAP, constan: el parque nacional; el refugio de vida silvestre; la reserva de producción de fauna; el área nacional de recreación; y, la reserva marina.

Así también el CODA, se detiene para referirse al Patrimonio Forestal Nacional (Poveda Burgos, Suriaga Sánchez, & Rivera Barberán, 2015), el cual tiene como principios: la integridad territorial del Estado en materia forestal; la obligación de protección; la tutela jurídica administrativa; la obligación

de auxilio a la Autoridad Ambiental de las Fuerzas de Seguridad del Estado; los incentivos; el manejo forestal sostenible; y la regularización de la tierra. Resulta novedosa la regulación del manejo responsable de la fauna y arbolado urbano, donde los GAD municipales y metropolitanos juegan un papel decisivo con el fin de promocionar y garantizar el bienestar animal, así como para evitar el sufrimiento y el maltrato de estas especies.

Los artículos 12, 313 y 318 de la Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Se prescribe además, que el Estado a través de la Autoridad Única del Agua (hoy Ministerio de Ambiente y Agua), será responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación y que se requerirá autorización estatal para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la Ley.

En el artículo 411 dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua. la primera Disposición Transitoria de la Constitución de la República dispone que la Ley que regule los recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, incluirá los permisos de uso y aprovechamiento, actuales y futuros, ¡sus plazos, condiciones, mecanismos de revisión y auditoría para asegurar la formalización y la distribución equitativa de este patrimonio.

El dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales:

- Los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales.
- El agua subterránea.
- Los acuíferos a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos.
- Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes, manantial o naciente natural en el que brota a la superficie el agua subterránea o aquella que se recoge en su inicio de la escorrentía.
- Los álveos o cauces naturales de una corriente continua o discontinua que son los terrenos cubiertos por las aguas en las máximas crecidas ordinarias.
- Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales.

- Las riberas que son las fajas naturales de los cauces situadas por encima del nivel de aguas bajas.
- La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas y de sus desembocaduras.
- Los humedales marinos costeros y aguas costeras.
- Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar.

Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción. Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público, que se regulará de conformidad con el Reglamento y la Ley.

✓ *Áreas de protección hídrica*

El fundamento normativo de esta figura encuentra su origen en las siguientes disposiciones de la Constitución de la Republica de Ecuador y de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.

La Constitución de la República del Ecuador, del 2008, introduce una visión sobre el manejo del agua como ninguna otra Constitución del Ecuador lo hizo antes. Al ser una Constitución garantista, asume una serie de obligaciones respecto al manejo del recurso, su dotación a la población, su relación con la soberanía alimentaria, su sostenibilidad y, por supuesto, respecto a la obligación del Estado de prevenir su contaminación y lograr su saneamiento.

En este contexto, cobra relevancia contar con un régimen de calidad de agua que cumpla con el objetivo de prevenir la contaminación ambiental y de manejar los impactos en el agua.

Entre los deberes primordiales del Estado, la Constitución, en su art. 3, numerales 1 y 7, señala el de garantizar que su población tenga un goce efectivo del derecho al agua, así como el de proteger el patrimonio natural del país, lo cual implica que los habitantes y la sociedad en general pueden demandar, en cualquier tiempo, que el Estado cumpla con sus deberes y puedan requerir el cuidado del agua en todos los niveles. Así, el acceso al agua se configura en un derecho de gran jerarquía y el Estado se autoimpone la obligación de garantizarlo.

Sin duda, otro avance sin precedentes en marcos constitucionales es el derecho humano al agua, como un derecho fundamental e irrenunciable, constituyéndose en patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible e inembargable, y esencial para la vida, según lo dispone el artículo 12.

Como se puede mirar, esta calificación del derecho al agua y del agua misma como patrimonio estratégico, y no como recurso natural, es un giro importante. Al ser un derecho fundamental, el Estado debe interponer todas las acciones necesarias para lograr su preservación y su sostenibilidad, lo que implica su saneamiento, su uso racional y eficiente.

Por otra parte, el art. 313 de la Constitución, al tratar sobre los sectores estratégicos, servicios y empresas públicas, categoriza al agua dentro de los sectores estratégicos de decisión y control exclusivos del Estado, por su trascendencia económica, social, política y ambiental; y en el art. 318, en concordancia con el art. 12, vuelve a mencionar al agua como patrimonio nacional estratégico

de uso público, dominio inalienable, imprescriptible del Estado, como elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, al tiempo que prohíbe toda forma de privatización de la misma.

Adicionalmente, menciona que la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria, y que el servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego, serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias. La parte final del art. 318 establece la prelación en el uso del recurso hídrico, estableciendo que será para uso humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en ese orden.

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Registro Oficial N˚ 305.06 de agosto de 2014. Esta Ley se publicó en el Registro Oficial del 6 de agosto de 2014. Incorpora muchos aspectos importantes respecto a la gestión y administración del recurso hídrico. Este cuerpo legal, en su art. 15, incorpora la composición del Sistema Nacional Estratégico del Agua –SNEA- que "constituye el conjunto de procesos, entidades e instrumentos que permiten la interacción de los diferentes actores, sociales e institucionales para organizar y coordinar la gestión integral e integrada de los recursos hídricos". Así, se tiene que el Sistema Nacional Estratégico del Agua.

El dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales: las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes, manantial o naciente natural en el que brota a la superficie el agua subterránea o aquella que se recoge en su inicio de la escorrentía.

En cuanto a la protección, recuperación y conservación de fuentes., se establece una responsabilidad compartida entre el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios. El Estado, regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas.

Es fundamental resaltar que la naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

- La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares.
- El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad.
- La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico.
- La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación.
- La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

El Reglamento a la ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua Registro Oficial N˚483.20 de abril de 2015. En este reglamento se ratifica como del dominio hídrico público d) Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes

manantiales o nacientes naturales en los que brotan a la superficie las aguas subterráneas o aquéllas que se recogen en su inicio de la escorrentía.

Son formas de protección del dominio hídrico público y, singularmente, de las fuentes de agua, las servidumbres de uso público, las zonas de protección hídrica y las zonas de restricción.

La Autoridad Única del Agua emitirá los criterios técnicos para la delimitación de las servidumbres de uso público, zonas de restricción y zonas de protección hídrica, ésta última en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional.

La Secretaría del Agua, a través de las Autoridades de Demarcación Hidrográfica, llevará a cabo un programa sistemático de delimitación de fuentes de agua a cuyos efectos existirá la apropiada partida económica en los presupuestos anuales hasta que tal programa sea completado.

Los terrenos que se delimiten como fuente de agua se considerarán, si no lo fueran ya, de dominio hídrico público conforme a los criterios indicados en el artículo 10, literal d) de la Ley. Cuando la delimitación afecte a terrenos que en ese momento sean de propiedad privada, deberá llevarse a cabo la compensación adecuada a su titular. Todo ello si la ocupación del terreno por el privado ha sido legítima. En caso contrario, no habrá derecho a ningún tipo de compensación. La Secretaría del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional, emitirán los lineamientos para la elaboración de un programa de sostenibilidad de la fuente de agua, la ausencia de cumplimiento de un programa de sostenibilidad de la fuente de agua por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados será considerada como infracción administrativa. El programa incluirá también las actuaciones de sostenibilidad en relación con el área de influencia de la fuente de agua.

Para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de protección hídrica. Cualquier aprovechamiento que se pretenda desarrollar a una distancia del cauce, que se definirá reglamentariamente, deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua (hoy Ministerio de Ambiente y Agua), sin perjuicio de otras autorizaciones que procedan.

Un área de protección hídrica (APH) es una zona delimitada donde hay fuentes de agua que se consideran “como de interés público” para su mantenimiento, conservación y protección. La Ley de Recursos Hídricos en Ecuador dice que, para ser declaradas protegidas, estas fuentes de agua también deben abastecer el consumo humano o garantizar la seguridad y soberanía alimentaria. Es decir, deben servir para que todas las personas de la comunidad tengan acceso a suficientes alimentos para satisfacer sus necesidades.

Desde la Autoridad Única del Agua, se cuenta con el Manual de Procedimiento para la delimitación de áreas de protección hídrica, las cuales, por mandato de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, pasan a formar parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Se cuenta además con los Principios para integrar soluciones naturales en la gestión del agua que incluyen lineamientos que buscan orientar e implementar acciones de conservación en los ecosistemas y los servicios que proveen, cuyo cumplimiento y aplicación alcanza a las personas naturales o jurídicas, públicas, privadas, nacionales o extranjeras, que participen en la planificación hídrica en territorio y la gestión del agua dentro del territorio nacional.

✓ *Consejos de cuenca*

En Ecuador se ha regulado el Consejo de Cuenca como un órgano colegiado de carácter consultivo, liderado por la Autoridad Única del Agua e integrado por los representantes electos de las organizaciones de usuarios con la finalidad de participar en la formulación, planificación, evaluación y control de los recursos hídricos en la respectiva cuenca.

Es preciso indicar que, en estos Consejos también participarán las autoridades de los diferentes niveles de gobierno en el tema de su responsabilidad. Asimismo, estos Consejos de Cuenca son de dos clases: Consejos de Cuenca con ámbito de Unidad de Planificación Hidrográfica Local y Consejos de Cuenca con ámbito de Demarcación Hidrográfica.

El Consejo de Cuenca con ámbito de Unidad de Planificación Hidrográfica Local está compuesto de la siguiente manera:

- Un representante de las organizaciones de usuarios de los sectores productivos existentes en la Unidad de Planificación Hidrográfica Local.
- Un representante por la organización de Juntas de Agua Potable existentes en la Unidad de Planificación Hidrográfica Local.
- Un representante por la organización de Juntas de Riego existentes en la Unidad de Planificación Hidrográfica Local.
- Representantes de los gobiernos autónomos descentralizados existentes en la unidad de planificación hidrográfica local: un representante de los Gobiernos autónomos descentralizados provinciales un representante de los Gobiernos autónomos descentralizados municipales y un representante de los gobiernos parroquiales, en caso de que a estos últimos se les haya delegado competencia de agua.
- Un representante de las universidades y escuelas politécnicas existentes en la Unidad de Planificación Hidrológica Local.

Parte de sus funciones son:

- Participar en la formulación de directrices y orientaciones, así como en el seguimiento del Plan de Gestión Integral por Cuenca Hidrográfica.
- Generar propuestas de políticas públicas sectoriales relacionadas con los recursos hídricos, que serán presentadas al Consejo de Cuenca con ámbito de Demarcación Hidrográfica, a través de sus representantes.
- Pronunciarse ante la Secretaría del Agua en todos los temas que sean de su interés (se entiende como tales a todos los vinculados a la planificación y gestión del agua en su ámbito territorial y aquellos que se les solicite).
- Participar en los procesos de consulta que realice la Secretaría del Agua y proponer temas prioritarios para la gestión de la Unidad de Planificación Hidrográfica Local

El Consejo de Cuenca con ámbito de Demarcación Hidrográfica estará compuesto de la siguiente manera:

- Un representante del sector productivo electo entre los Consejos de la Unidad de Planificación Hidrográfica Local que conforman la Demarcación Hidrográfica 17 Asegurando una efectiva inclusión y participación del usuario poblacional en los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca.
- Un representante por las organizaciones de Juntas de Abastecimiento de Agua Potable electo entre los Consejos de la Unidad de Planificación Hidrográfica Local que conforman la Demarcación Hidrográfica.
- Un representante por las organizaciones de Juntas de Riego electo entre los Consejos de la Unidad de Planificación Hidrográfica Local que conforman la Demarcación Hidrográfica.
- Representantes de los gobiernos autónomos descentralizados electos entre los Consejos de la Unidad de Planificación Hidrográfica Local que conforman la Demarcación Hidrográfica: un representante de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales un representante de los gobiernos autónomos descentralizados municipales y un representante de los gobiernos parroquiales en caso de que a estos últimos se les haya delegado competencia de agua.
- Un representante de las universidades o escuelas politécnicas electo entre los Consejos de la Unidad de Planificación Hidrológica Local que conforman la Demarcación Hidrológica.
- Un delegado de la Secretaría de Riesgos.
- Un delegado de la Autoridad Ambiental Nacional.
- Un representante de la Secretaría del Agua.

Sus funciones son:

- Participar en la formulación de directrices y orientaciones, así como el seguimiento del Plan Nacional de Recursos Hídricos.
- Generar propuestas de políticas públicas sectoriales relacionadas con los recursos hídricos, que serán presentadas al Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua a través de sus representantes.
- Pronunciarse ante la Secretaría del Agua, en todos los temas que sean de su interés (se entiende como tales a todos los vinculados a la planificación y gestión del agua en su ámbito territorial y aquellos que les solicite).
- Participar en los procesos de consulta que realice la Secretaría del Agua y proponer temas prioritarios para la gestión de la Demarcación Hidrográfica.

24.1.4 Gestión del recurso - Bolivia

- ✓ *Gestión del agua por goteo o riego*

La Constitución Política del Estado promulgada en el mes de febrero del año 2009, otorga al recurso agua una figura social y estatal diferenciada, y en diferentes artículos indica que "el acceso al agua y alcantarillado constituyen derechos humanos, no son objeto de concesión ni privatización y están sujetos a régimen de licencias y registros, conforme a ley", sin embargo, cuando se refiere a los Derechos de las Naciones y Pueblos Indígenas Originarios Campesinos se afirma que estos tienen derecho "a la gestión territorial indígena autónoma, y al uso y aprovechamiento exclusivo de los recursos naturales renovables (como el agua) existentes en su territorio sin perjuicio de los derechos legítimamente adquiridos por terceros".

En la misma línea en la Constitución se afirma que "el agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad", además se señala que "los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros autorizaciones conforme a ley", asimismo indica que "el Estado reconocerá, respetará, y protegerá los usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de las organizaciones indígena originarias campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua".

Respecto a la gestión del agua dentro las cuencas hidrográficas, la Constitución contempla dicho aspecto, al señalar que "es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas", donde "el Estado regulará el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades", sin embargo, poco se ha avanzado a nivel de regantes dentro una determinada cuenca.

Por otro lado, se debe mencionar que la tutela para el sector de riego en el Gobierno pasó del Ministerio de Desarrollo Rural y Medio Ambiente (MDRAMA), ahora Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), al Ministerio de Agua ahora Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), que abarca los subsectores riego, cuencas y saneamiento básico, donde el riego pasó a depender del Viceministerio de Riego (VMR).

El PNDR está en el marco del Plan Nacional de Desarrollo (PND) y tiene como objetivo el desarrollo del riego para contribuir a lograr la soberanía alimentaria, generación de excedentes, creación de empleos, incremento del ingreso de las familias de organizaciones indígenas, originarias, campesinas, colonizadores, asociación de regantes y pequeños productores, así como reducción de la pobreza.

El Plan presenta cinco componentes:

- Derechos de agua y ordenamiento de recursos hídricos a partir del riego.
- Fortalecimiento del marco institucional subsectorial.
- Inversiones en infraestructura de riego y drenaje.
- Apoyo al desarrollo del riego para la producción agropecuaria y forestal.
- Servicio técnico, investigación, capacitación y desarrollo tecnológico.

Por tanto, el Estado pretende promover la ampliación de la cobertura de riego en combinación con procesos de adopción de tecnologías de manejo del agua y suelo, para estimular el programa de inversiones públicas en proyectos de riego.

También se establece en el PNDR el fomento a la inversión privada en riego tecnificado en alianza con los agricultores y el programa de asistencia técnica en riego, que desarrolla capacidades en entidades públicas y privadas, para ofrecer apoyo a pequeños y medianos productores en la adopción de tecnologías para la agricultura bajo riego.

El PNDR cubre un período de 25 años, hasta el año 2030, dividido en cinco quinquenios. En ese periodo se pretende alcanzar 180.000 registros y autorizaciones de derechos de uso y aprovechamiento de fuentes de agua para riego; un total de 450.000 hectáreas regadas; 200.000 familias de agricultores beneficiadas; 1.200 millones de dólares americanos de inversión. En tanto que en el primer quinquenio (del año 2007 al año 2011) se estima lograr: 500 registros y autorizaciones; 40.000 nuevas hectáreas regadas; 30.000 familias de agricultores beneficiadas; conformación de cinco directorios departamentales de cuencas y 50 directorios locales de cuencas; creación de la Escuela Nacional de Riego; creación de la Fundación Nacional de Riego (FUNRIEGO); y 222 millones de dólares americanos de inversión total ejecutados.

✓ *Ley de promoción del riego y los servicios de riego*

La Ley Nº 2876 de Promoción y Apoyo al Sector Riego del año 2004, reglamentada con los Decretos Supremos N°28817 (Marco Institucional), Nº28818 (Reconocimiento y Otorgación de Derechos de Uso y Aprovechamiento de Recursos Hídricos para el Riego) y Nº28819 (Gestión de Sistemas de Riego, Proyectos y Servidumbres) del año 2006 constituye un aporte a la normativa de este sector.

El principal elemento que presenta es el registro mediante el cual se reconoce el derecho de uso y aprovechamiento de las fuentes de agua con fines de riego a pueblos y organizaciones indígenas, originarias campesinas, colonizadores, ayllus, Organizaciones Económicas Campesinas, asociaciones de pequeños productores agropecuarios y forestales y otras formas de organización social comunitaria y los usos que realizan.

Sin embargo, también se introduce la figura de autorización que se otorga a todo tipo de persona jurídica o individual que no tenga registro, derecho de uso y aprovechamiento de fuente de agua con carácter temporal para riego en el sector agropecuario y forestal.

Por otro lado, la Ley 2878 otorga a la sociedad civil organizada la conformación del Servicio Nacional de Riego (SENARI), bajo la tutela del MMAyA, y que tiene la responsabilidad de regular, planificar y promover la gestión pública para el desarrollo de riego y la producción agropecuaria y forestal.

A nivel departamental se tienen los Servicios Departamentales de Riego (SEDERI). Los directorios de estas entidades están mayoritariamente conformados por representantes de agricultores que cuentan con riego (asociaciones de regantes), mientras que los no regantes y el Estado ocupan una representación minoritaria. Aún no se tiene una estructura clara sobre Servicios de Asesoramiento al Regante, se espera que una vez consolidados el SENARI y los SEDERI se trabaje en este aspecto.

24.1.5 Gestión del recurso - Holanda

En la actualidad, Holanda es un referente global en la gestión de recursos hídricos. Desde el siglo XIII y la creación de las Autoridades Regionales del Agua (tradicionalmente conocidas como "consejos" o "juntas" del agua), la gobernanza del agua holandesa ha tenido éxito en el reclamo de tierras ganadas al mar y en mantener el territorio a salvo de inundaciones, todo esto a través del desarrollo de un sofisticado sistema de infraestructura.

Este desempeño ha dependido en gran medida de instituciones centenarias, flexibles y en constante evolución, que han favorecido el desarrollo de una ingeniería de clase mundial y una relación "en terreno" con todos los stakeholders (el enfoque del "polder").

Las características de la gobernanza del agua holandesa se han ido adaptando en el transcurso del tiempo, en respuesta a cambiantes condiciones económicas, políticas y ambientales. En los últimos 50 años, la tendencia ha sido hacia la consolidación: de las Autoridades Regionales del Agua (pasaron de 2.650 a 24); ministerios (la creación del Ministerio de Infraestructura y Medio Ambiente en 2010); empresas público-privadas de agua potable (de 200 pasaron a 10), y municipalidades.

Los tipos de arreglos locales en la cadena de aguas residuales se han incrementado, junto a la adopción de sucesivos planes como instrumentos de nivel nacional para la planificación estratégica a largo plazo.

Otras reformas relevantes incluyen la modernización en 2006 del Rijkswaterstaat (la autoridad nacional del agua y agencia ejecutiva del Ministerio de Infraestructura y Medio Ambiente) y la integración del conjunto de leyes relativas al agua en 2009 (8 leyes se combinaron en la Ley Nacional del Agua).

La vigencia de un nuevo paradigma en torno a la "construcción con la naturaleza" (todo lo cual ha dado en llamarse "los Trabajos Delta del futuro"), junto a crecientes preocupaciones relativas al cambio climático y sus posibles consecuencias en la seguridad hídrica y el abastecimiento de agua potable, motivaron la adopción de la Ley Delta en 2012.

La ley estableció el programa Delta, el comisario Delta y el Fondo Delta, para avanzar en un enfoque adaptativo de gobernanza. Se trata de un plan estratégico de gestión para garantizar la seguridad, cantidad y calidad de agua disponible para los ciudadanos hasta el año 2100.

La gobernanza y el financiamiento holandeses en el sector del agua revisten características únicas, que incluyen una democracia funcionalmente descentralizada, un régimen impositivo específico y la recuperación de costos. Proveen una sólida base para algunas funciones de la gestión de recursos hídricos como el suministro de agua potable, la recolección y reciclaje de aguas residuales y la protección contra inundaciones. Holanda también ha sido ampliamente reconocida por la innovadora implementación de los conceptos de gestión integrada de recursos hídricos y gestión de cuencas fluviales, la gobernanza del programa Delta (que incluye el compromiso de los gobiernos

regionales) y el gran desempeño del suministro de agua potable en términos de calidad, confiabilidad y precio.

24.2 Contexto nacional

Para abordar el marco normativo relacionado con la gestión de los recursos naturales y el medio ambiente, se debe partir del marco constitucional colombiano y tres pilares fundamentales que son, por una parte el ordenamiento ambiental, entendido de acuerdo a los preceptos de la Ley 99 de 1993 como "la función atribuida al Estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación del uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación para garantizar su adecuada explotación y desarrollo sostenible"[12]; el ordenamiento territorial el cual es considerado como "una función del Estado, encaminada a organizar la estructura político – administrativa de la Nación y proyectar especialmente las políticas sociales, económicas y culturales de la sociedad, propendiendo por un nivel de vida adecuada para la población y la conservación del ambiente"[13]. En estos términos, el ordenamiento ambiental del territorio resulta ser un componente fundamental e ineludible del ordenamiento territorial, en la medida que la orientación de los procesos de uso y ocupación del territorio deberá ser evaluada considerando los impactos e implicaciones en los ecosistemas; consecuente con ello el punto de contacto entre el ordenamiento territorial y el ordenamiento ambiental del territorio es la planificación del uso del territorio y finalmente la gestión del riesgo, que de acuerdo a la Ley 1523 de 2012, la Gestión del riesgo de desastres es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

No obstante, se reconoce que el desarrollo de políticas públicas ambientales, legal y reglamentario que ha tenido el país en materia ambiental, configuran un marco amplio que impone a las autoridades ambientales regionales, el reto de promover una gestión ambiental eficaz en su territorio, entendiendo por ella, la que se logra mediante la implementación articulada de los distintos instrumentos regulatorios, económicos y de planificación y ordenación ambiental en un territorio determinado.

Si bien las políticas públicas, pueden seleccionar los instrumentos específicos para alcanzar los objetivos propuestos, lo cierto es que el contexto económico, político y social de una región, determina el éxito de los instrumentos y puede incluso, afectar su aplicabilidad. Por ello, la gestión ambiental no se limita a la aplicación sólo de un grupo de instrumentos, pues ello no garantiza una adecuada gestión, ni un control integral de los impactos ambientales que pueden afectar o degradar el medio ambiente y los ecosistemas de la región, por lo que las autoridades ambientales deben

12 Al respecto el Ministerio del Medio Ambiente indica en los Lineamientos para la Política de Ordenamiento Ambiental del Territorio que "*El ordenamiento ambiental del territorio se propone, ante todo, contribuir a garantizar la funcionalidad y sostenibilidad del sistema natural de soporte a la población y de los procesos sociales y económicos*", así mismo señala que "*El ordenamiento ambiental del territorio es, al tiempo una función del Estado, un instrumento de planificación y un escenario de análisis y concertación*".

13 Andrade, Ángela. Ordenamiento Ambiental Territorial y Gestión Ambiental. En Ministerio del Medio Ambiente – Cider. El Ordenamiento Ambiental del Territorio. Panel de Expertos. Memorias. Sasaima, agosto de 1996.

hacer una combinación de herramientas e instrumentos de cara a los objetivos específicos que en un situación o territorio específico se pretenden alcanzar.

Para el desarrollo de este capítulo solo se analizó la "legislación propiamente ambiental", que está integrada por las disposiciones constitucionales expedidas en las últimas décadas en cada país para establecer la protección del medio ambiente como un principio orientador de la gestión pública y promover el desarrollo sostenible, así como por las leyes generales o leyes marco sobre la materia promulgadas con las mismas finalidades y en este sentido en esta sección se presenta en primer lugar el marco normativo nacional relacionado con Gestión De Los Recursos Naturales Y El Manejo De Ecosistemas Hídricos, a partir de la legislación i) Ambiental, ii) ordenamiento y desarrollo territorial y, iii) gestión del riesgo; y en segundo lugar se identifican los instrumentos específicos que esta legislación contiene para promover la conservación, manejo y uso sostenible de los distintos componentes que se incluyen en lo que el Profesor German Antes de esta sentencia, la Ley 99 de 1993 denomina la integridad ecológica, condición necesaria para el mantenimiento de los ríos y la conservación de la biodiversidad que contienen.

24.2.1 Marco constitucional

La Constitución Política de Colombia, tanto en su parte dogmática como orgánica, tiene disposiciones que directa o indirectamente aluden al medio ambiente y al ordenamiento territorial. Colombia acoge por disposición constitucional un modelo de desarrollo sostenible, que trae como consecuencia la imposición del deber de protección de los recursos naturales en cabeza del Estado y de los particulares, que implica limitaciones al ejercicio de determinados derechos, como la propiedad y la iniciativa privada, y en general subordina la actividad pública y privada al cumplimiento de ese propósito. Reconoce el derecho colectivo a gozar de un ambiente sano y adopta instrumentos judiciales de protección de ese derecho que permiten a cualquier persona acudir a una instancia autónoma e independiente para evitar su vulneración o puesta en peligro[14]. Establece el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para lograr estos fines y le asigna el deber de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, así como cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas fronterizos. Faculta al Estado para intervenir en la explotación de los recursos naturales y en el uso del suelo, con miras a lograr, entre otros objetivos, la preservación de un ambiente sano. Las disposiciones que se tienen como referentes constitucionales se enuncian en la Tabla 227.

Tabla 227. Disposiciones constitucionales

Artículo	Descripción
Artículo 1	Estado Social de Derecho, República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista.
Artículo 2	Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias, y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares.
Artículo 8	Obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

[14] Riveros Serrato H, León Navas L., 1997. Prospectiva Constitucional de la Gestión Ambiental.

Artículo	Descripción
Artículo 58	Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores. La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica.
Artículo 63	Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.
Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.
Artículo 80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Artículo 82	Deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular.
Artículo 95	Deberes de la persona y del ciudadano: 8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.
Artículo 121	Ninguna autoridad del Estado podrá ejercer funciones distintas de las que le atribuye la Constitución y la Ley.
Artículo 287	Las entidades territoriales gozan de autonomía para la gestión de sus intereses, y dentro de los límites de la Constitución y la Ley, en consecuencia, entre sus derechos tiene ejercer las competencias que les correspondan.
Artículo 311	Municipio como entidad fundamental de la división político-administrativa del Estado le corresponde ordenar el desarrollo de su territorio.
Artículo 313	Corresponde a los Concejos Municipales: 7. Reglamentar los usos del suelo y, dentro de los límites que fije la Ley, vigilar y controlar las actividades relacionadas con la construcción y enajenación de inmuebles destinados a vivienda. 9. Dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio.
Artículo 332.	El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes.
Artículo 334	La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, entre otros, en la explotación de los recursos naturales y en el uso del suelo.

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En forma general, el logro de los objetivos y fines del Estado requiere de una función administrativa eficiente que responda a las exigencias del Estado social de derecho. Por tanto, la legitimidad del Estado estriba en esa capacidad que tiene para intervenir, en la forma de resolver y solucionar las dificultades sociales. De ahí, que los mandatos constitucionales, legales y las decisiones judiciales contenidas en los diferentes fallos, imponen a las autoridades la obligación de atender las necesidades, hacer efectivos los derechos de los administrados, asegurar el cumplimiento de las obligaciones sociales, como también ejercitar esas competencias reguladoras que el mismo ordenamiento jurídico les otorga, con el fin de crear los instrumentos que se requieran para asegurarle a la comunidad la consecución de los fines esenciales y de los objetivos fundamentales plasmados en el texto superior (tales como la prosperidad, el bienestar general, el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, la protección de su vida, de su integridad física e inclusive, de sus bienes - artículo 2 Constitucional).

24.2.2 Marco normativo ambiental

Como normas rectoras ambientales tenemos, por una parte, el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974) y por otra, la Ley 99 de 1993, la cual define en su artículo primero los fundamentos de la política nacional ambiental. La ley 99 de 1993, reordenó el sector público encargado de la gestión y conservación del Medio Ambiente y los recursos naturales renovables y organizó el Sistema Nacional Ambiental SINA, definiendo en su artículo 4º que hacen parte del SINA entre otros, el Ministerio del Medio Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales, los Departamentos, Distritos y Municipios.

El artículo 23 de la Ley 99 de 1993, establece que las Corporaciones Autónomas Regionales son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales

que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio.

En materia de planificación, el Decreto 1768 de 1994, define que la planificación ambiental es la herramienta prioritaria para el cumplimiento de los objetivos de las Corporaciones, y para garantizar la continuidad de las acciones. Esta planificación deberá realizarse de manera armónica y coherente con los planes regionales y locales.

Adicionalmente de manera específica la Ley 99 de 1993 en el artículo 31 estableció las funciones de las CARs, entre las cuales se resaltan las referidas a i) Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente.; ii) Otorgar permisos y concesiones para aprovechamientos forestales, concesiones para el uso de aguas superficiales y subterráneas y establecer vedas para la caza y pesca deportiva; iii) Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas a cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos; iv) a la promoción y ejecución de obras de defensa contra las inundaciones, regulación de cauces y corrientes de agua; v) recuperación de tierras que sean necesarias para la defensa, protección y adecuado manejo de las cuencas hidrográficas del territorio de su jurisdicción; vi) las relacionadas con reservar, alinderar, administrar o sustraer, en los términos y condiciones que fijen la ley y los reglamentos, los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional, y reglamentar su uso y funcionamiento; vii) Administrar las Reservas Forestales Nacionales en el área de su jurisdicción; viii) las asociadas al análisis, seguimiento, prevención y control de desastres, en coordinación con las demás autoridades competentes; y finalmente, ix) adelantar con las administraciones municipales o distritales programas de adecuación de áreas urbanas en zonas de alto riesgo, tales como control de erosión, manejo de cauces y reforestación.

Según la Ley 99 de 1993, los departamentos y municipios tiene funciones ambientales al ser parte integrantes del Sistema Nacional Ambiental SINA, las cuales deben ejercer de forma armónica con las Corporaciones Autónomas Regionales. SE resalta la función de los concejos municipales, para reglamentar los usos del suelo y dictar las normas necesarias para preservar y defender el patrimonio ecológico municipal.

Los municipios deben tener presentes a través de sus agentes los principios de gradación normativa[15] y rigor subsidiario[16] dispuestos en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993; así como las competencias referidas a la elaboración y adopción de planes, programas y proyectos ambientales; coordinación y dirección de actividades permanentes de control y vigilancia ambiental; así como las asociadas a la expedición de normas de ordenamiento territorial del Municipio y las regulaciones sobre el uso del suelo, conforme lo previsto en el artículo 65 de la citada Ley.

En este sentido es fundamental mencionar el Código Civil[17] que aunque no es una norma ambiental propiamente dicha, en su artículo 677, establece que los ríos son bienes de uso público[18], y el Decreto Ley 2811 de 1974, o Código Nacional de Los Recursos Naturales y del Ambiente, en su Parte III, "De las aguas no marítimas", Título I dedica el Capítulo Segundo al tema del dominio de las aguas y los cauces, estableciendo en el artículo 80 que salvo los derechos adquiridos, las aguas son de dominio público, inalienables e imprescriptibles, agregando en su artículo 83 que "Salvo derechos adquiridos por particulares, son bienes inalienables e imprescriptibles del Estado: (…) d) Una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la de cauce permanente de ríos y lagos de hasta treinta metros de ancho". (Negrillas y cursiva fuera de texto).

El Decreto 1541 de 1978[19], prevé el numeral 3° del artículo 284 que, para la administración, conservación y manejo del recurso hídrico, debe determinarse la faja paralela al cauce permanente de los ríos y lagos a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto 2811 de 1974, disposición que ha sido ratificada en el artículo 2.2.1.1.18.2 del Decreto Nacional 1076 de 2015.

El numeral 18 del artículo 31 de la Ley 99 de 1993 consagra dentro de las funciones de las CAR ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas en su jurisdicción, conforme a las políticas nacionales y a las disposiciones superiores.

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, expedida en el 2010 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estructuró un modelo espacial para una ordenación coherente de las cuencas hidrográficas, dividiendo el territorio nacional en zonas y subzonas hidrográficas, dando origen a un marco jurídico desarrollado en el Decreto 1640 de 2012[20],

---

[15] *"Las reglas que dicten las entidades territoriales en relación con el medio ambiente y los recursos naturales renovables, respetarán el carácter superior y la preeminencia jerárquica de las normas dictadas por autoridades y entes de superior jerarquía o de mayor ámbito en la comprensión territorial de sus competencias. Las funciones en materia ambiental de los recursos naturales renovales, atribuidas por la Constitución Política a los Departamentos, Municipios y Distritos con régimen constitucional especial, se ejercerán con sujeción a la Ley, los reglamentos y las políticas del Gobierno Nacional, el Ministerio del Medio Ambiente y las Corporaciones Autónomas Regionales".*

[16] *"Las normas y medidas de policía ambiental que expidan las Autoridades Ambientales para la regulación, el uso, aprovechamiento y manejo de los recursos naturales renovables o para la preservación del medio ambiente natural, podrán hacerse sucesiva y respectivamente más rigurosas, pero no más flexibles por las autoridades competentes del nivel Departamental y Municipal".*

[17] Ley 57 de 1887.

[18] *"Los ríos y todas las aguas que corren por cauces naturales son bienes de la Unión, de uso público en los respectivos territorios".*

[19] Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

[20] "*Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones*". Mediante el cual se derogaron los Decretos 1604 y 1729 de 2002.

incorporada en el Decreto Único del Sector de Ambiente y Desarrollo Territorial en su artículo 2.2.3.1.1.1. y siguientes (Decreto 1076 de 2015).

La ordenación de una cuenca, tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico - biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos; constituyendo el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica[21] y, con el Decreto 1640 de 2012, se reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.

Previo a ello, la Ley 1450 de 2011 asignó en el artículo 206 a las autoridades ambientales regionales la competencia de efectuar, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el área de protección o conservación aferente, y fue específicamente con el Decreto 2245 de 2017, que se establecen los lineamientos y directrices ambientales para la demarcación de los retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua superficiales, los cuales deben considerar de manera integral las variables biofísicas y antrópicas implicadas en la protección del recurso hídrico y de los recursos naturales asociados; sin embargo, para Cornare el agua, cumple una función ecológica en los ecosistemas naturales y su cantidad, calidad y regulación dependen no necesariamente del área de la faja o ronda, 30 metros o 100 metros, sino del uso adecuado de los recursos naturales, acorde con la capacidad del territorio de soportar las demandas antrópicas[22].

La gestión del cambio climático en Colombia se establece en distintos instrumentos de política pública y regulatorios, como el artículo 4º de la Ley 164 de 1994[23], estableció entre otros compromisos para el Estado Colombiano los de "(e) Cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático (….); (f) Tener en cuenta, en la medida de los posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados (…)". La Política Nacional de Cambio Climático – PNCC, que tiene por objetivo incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera; y la Ley 1931 de 2018, con la cual se establecen las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas

[21] Tanto los POMCAS, como los planes de manejo ambiental de las microcuencas y acuíferos, tienen el carácter de determinante ambiental por ser normas de superior jerarquía de conformidad con lo previsto en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997 y artículos 23, 57 parágrafo 2º y 62 parágrafo 3º del Decreto 1640 de 2012.

[22] Cornare, Guía ambiental para la delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos en el suroriente antioqueño. Julio de 2003

[23] Por medio de la cual se aprueba "La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático" hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992"

del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.

La planificación de la gestión del cambio climático, con sus énfasis territorial y sectorial, inició antes de la entrada en vigencia de los instrumentos de política y regulación mencionados, con la formulación de estrategias nacionales de largo plazo que fueron recogidos en la PNCC: Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono (ECDBC), Plan nacional de adaptación al cambio climático (PNACC), la Estrategia nacional para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (ENREDD+), el Plan nacional de gestión de riesgo de desastres, la Estrategia de protección financiera frente a desastres y la Estrategia nacional de financiamiento climático.

Todas estas estrategias son parte integral tanto de la PNCC como de la Ley de CC y orientan la formulación de los planes integrales de gestión del cambio climático territoriales y planes integrales de gestión del cambio climático sectoriales, para periodos de 12 años. En su conjunto, las estrategias y los planes orientan la inclusión e implementación de acciones de adaptación y mitigación al cambio climático en los instrumentos de planificación territorial (p. ej.: planes de desarrollo municipal, planes de ordenamiento territorial, planes regionales de gestión del riesgo de desastres, planes de acción cuatrienal, entre otros) y de planificación sectorial (p. ej.: Plan energético nacional, Plan nacional de infraestructura, entre otros).

La Política Nacional de Cambio Climático se instrumentaliza a partir de diferentes mecanismos e instrumentos como los mencionados en cuanto a la planificación sectorial y territorial; pero también con la utilización de instrumentos económicos y financieros, que se diseñan con criterios concordantes con las dinámicas económicas, sociales, ambientales e institucionales del país, y se basan en principios rectores como la eficiencia, la equidad, la justicia y la legalidad. como medio para avanzar hacia un desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima.

Vale la pena mencionar que el Convenio sobre Diversidad Biológica, CDB, ratificado por Colombia en 1994 por la Ley 165, planteaba como objetivo “la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada” (Ley 165 de 1994, Art. 2°) y que mediante el Decreto 2372 de 2010, se creó en Colombia el Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP, como el conjunto de las áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, que contribuyen como un todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país.

En el Decreto **2372/10** se fijaron las siguientes siete categorías para la incorporación al RUNAP de las áreas protegidas a cargo del MADS, del SPNN, de las autoridades ambientales regionales y de la Sociedad civil:

- Las del Sistema de Parques Nacionales Naturales.
    - Parque Nacional Natural.
    - Área Natural Única.
    - Santuario de Fauna y Flora.

    - Vía Parque.
    - Reserva Nacional Natural.
- Las Reservas Forestales Protectoras.
- Los Parques Naturales Regionales.
- Los Distritos de Manejo Integrado.
- Los Distritos de Conservación de Suelos.
- Las Áreas de Recreación.
- Las Reservas Naturales de la Sociedad Civil.

También es relevante la Ley 357 de 1997, con la cual Colombia adopta la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, aprobada en Ramsar en febrero de 1971, en la cual los Estados Parte, se comprometieron a realizar todas las gestiones necesarias para la protección de los humedales. En cumplimiento de lo anterior, se expidió en el año 2001, la Política Nacional para los Humedales Interiores de Colombia, cuyo objetivo es propender por la conservación y el uso racional de estos ecosistemas con el fin de mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo del País.

En el 2012 se publicó la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), con el objeto de promover la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos para mantener y mejorar la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, a escalas nacional, regional, local y transfronteriza, considerando escenarios de cambio a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil. La PNGIBSE orientará conceptual y estratégicamente todos los demás instrumentos ambientales de gestión (políticas, normas, planes, programas y proyectos), existentes o que se desarrollen, para la conservación de la biodiversidad en sus diferentes niveles de organización.

Finalmente, en concordancia con la Ley 99 de 1993, el Título 2 Gestión Ambiental, Capítulo 1 Áreas de Manejo Especial, Sección 3 Disposiciones Comunes, artículo 2.2.2.1.3.8 del Decreto 1076 de 2015 determina que las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos como áreas de especial importancia ecológica gozan de protección especial, por lo que las autoridades ambientales deberán adelantar las acciones tendientes a su conservación y manejo.

Con el objeto de establecer mecanismos y condiciones que permitieran la conservación de dichos ecosistemas, el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, expidió las Resoluciones 769 de 2002 por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos; 839 del 2003 por la cual se establecen los términos de referencia para la elaboración del Estudio sobre El Estado Actual de los Páramos y 1128 de 2006 por la cual se modifica el artículo 10 de la Resolución 839 y el artículo 12 de la Resolución 157 de 2004 y se dictan otras disposiciones.

Por otra parte, el parágrafo 1 del artículo 202 de la Ley 1450 de 2011, prohibió que en los ecosistemas de páramo se adelanten actividades agropecuarias, de exploración o explotación de hidrocarburos y de minerales, o de construcción de refinerías de hidrocarburos para lo cual se tomaría como referencia mínima la cartografía contenida en el Atlas de Páramos de Colombia del

Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt, hasta tanto se contara con cartografía a escala más detallada.

En cuanto a las actividades agropecuarias que ya venían desarrollándose en los ecosistemas de páramo con anterioridad a la Ley 1450 de 201, en diciembre del 2014 el Consejo de Estado conceptuó que surge por parte del Estado la obligación de implementar una política pública para su desmonte gradual, mediante programas de sustitución por otras actividades económicas compatibles, capacitación ambiental, reconversión, etc., de manera que haya una transición adecuada al nuevo escenario que supone el artículo 202 de la Ley 1450 de 2011.

Posteriormente la Ley 1753 de 2015 mediante artículo 173 estableció que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible debería hacer la delimitación de las áreas de páramos al interior del área de referencia definida en la cartografía generada por el Instituto Alexander Von Humboldt a escala 1:100.000 o 1:25.000, cuando esta última esté disponible, con base en criterios técnicos, ambientales, sociales y económicos. Adicionalmente, el citado artículo señaló que, en las áreas delimitadas como páramos, no se podrán adelantar actividades mineras, de hidrocarburos y agropecuarias, y en este caso, de conformidad con lo previsto en el parágrafo primero Ibidem, para las que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011, se deberá diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión, con el fin de garantizar de manera gradual la aplicación de la prohibición.

De acuerdo con lo dispuesto en el parágrafo tercero del artículo 173 de la Ley 1753 de 2016, dentro de los tres (3) años siguientes a la delimitación, las autoridades ambientales deberán zonificar y determinar el régimen de usos del área de páramo delimitada, de acuerdo con los lineamientos que para el efecto defina el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Con la Resolución 0886 de 18 de mayo de 2018, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, adoptó los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y estableció las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha, programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias.

Es importante mencionar, que con la Ley 1930 de 2018, se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia, en la que se reconoce al ecoturismo debidamente regulado por las autoridades competentes en los ecosistemas de páramos como una estrategia social y financiera para su conservación. El reconocimiento de las actividades ecoturísticas en estas áreas será objeto de especial regulación por las autoridades ambientales en atención a la presión antrópica adicional que pueden sufrir. En los casos en que se identifiquen atractivos turísticos en los páramos, la autoridad ambiental deberá definir la capacidad de carga de estos.

Por otra parte también tiene relación con el objeto del estudio, la **Política Nacional Ambiental para los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia** se fundamenta en la promoción de la utilización de las herramientas para el ordenamiento territorial para asignar usos sostenibles al territorio marino y costero nacional, propiciando formas mejoradas de gobierno que armonicen y articulen la planificación del desarrollo costero sectorial, la conservación y restauración de los bienes y servicios que proveen sus ecosistemas, la generación de conocimiento para contar con la información necesaria en la toma de decisiones y a integrar los múltiples actores de la zona marino costera en su manejo sostenible.

Y en relación con el recurso suelo, se cuenta con la **Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo** cuyo objetivo general es "promover la gestión integral ambiental del suelo en Colombia, en un contexto en el que confluyan la conservación de la biodiversidad, el agua y el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos" estableció seis líneas estratégicas, que requieren de la ejecución de actividades específicas por parte de las CARs y CDSs.(MADS, 2013).

Dentro de la Línea estratégica de fortalecimiento institucional y armonización de normas y políticas para el uso y manejo sostenible del suelo, las CARs y CDSs como autoridades ambientales, deben crear un grupo de trabajo para la puesta en marcha de la política en compañía del MADS, y crear dentro de su jurisdicción un Comité Regional de Gobernanza y Coordinación CRGC de manera conjunta con las entidades territoriales y las organizaciones comunitarias y éticas presentes en la región.

En la línea de Educación, Capacitación y Sensibilización para la GIAS, deben "desarrollar procesos de educación y divulgación con el fin de fortalecer la participación social y la gestión ambiental para la conservación y uso sostenible del suelo", mediante la promoción de los PROCEDAS y la capacitación de actores.

En la línea de fortalecimiento de instrumentos de planificación ambiental y sectorial, deben "ajustar los términos de referencia de las licencias ambientales de tal forma que se incluyan criterios de usos y manejo sostenibles del suelo y de preservación de sus funciones y servicios ecosistémicos", "adelantar acciones para incorporar en los instrumentos de planificación sectorial criterios de GIAS", e "incluir en los instrumentos de planificación ambiental, conceptos y mecanismos que fomenten el uso adecuado del suelo y la preservación de sus funciones y servicios ecosistémicos".

Dentro de la línea de Monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos, las CARs y CDSs deben "implementar programas de seguimiento a la calidad del suelo en funcionamiento y diseñar un sistema de monitoreo y seguimiento a la degradación y calidad de los suelos implementado en el SIAC".

Finalmente en la Línea estratégica de preservación, restauración y uso sostenible, las CARs y CDSs deben "evaluar el estado de implementación de las figuras de conservación de suelos (distritos de conservación de suelo y distritos de manejo integrado)", "establecer e implementar un plan de acción para fortalecer las figuras de conservación de suelos", "definir los lineamientos para la zonificación en suelos de áreas protegidas" , "revisar los instrumentos de restauración ecológica existente", "formular directrices y guías metodológicas para fortalecer los instrumentos de restauración ecológica existentes en los componentes relacionados con el suelo", "divulgar las directrices y guías metodológicas" y "diseñar el programa para la promoción de sistemas sostenibles de producción que incluyan prácticas de conservación de suelos", en compañía de otros actores como el MADS, el IDEAM y el IGAC.

24.2.3 Marco normativo del ordenamiento territorial

En cuanto al ordenamiento territorial, la Ley 388 de 1997, se centran en promover la concurrencia armoniosa de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en cumplimiento de obligaciones constitucionales y legales sobre el ordenamiento del territorio, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes; así

como establecer mecanismos que le permitan a los municipios en desarrollo de su autonomía, hacer un uso equitativo y racional del suelo y preservar y defender el patrimonio ecológico y cultural de su ámbito territorial.

Le impone a los municipios la obligación de adoptar un plan de ordenamiento territorial, que debe construirse de manera concertada con diferentes actores sociales e institucionales del municipio y la región, el cual permite regular la utilización, transformación y ocupación del suelo, en concurrencia con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales, acorde con las potencialidades y restricciones del territorio, denominando en su artículo octavo, a esta competencia como la función pública del urbanismo.

Precisa que las normas que definen las áreas de protección y conservación de los recursos naturales y paisajísticos, las que delimitan zonas de riesgo y en general, todas las que conciernen al medio ambiente, se constituyen en normas de superior jerarquía, razón por la cual *"las regulaciones de los demás niveles no pueden adoptarse ni modificarse contraviniendo lo que en ellas se establece"*[24], y su propia modificación sólo puede emprenderse con motivo de la revisión general del plan o excepcionalmente a iniciativa del alcalde municipal o distrital, con base en motivos y estudios técnicos debidamente sustentados.

Especial consideración merecen los sistemas previstos para la prevención y atención de desastres como medio para proteger la vida, integridad y bienes de las personas. Es así como el artículo 1 de la Ley 388 de 1997 señala entre los objetivos de ésta: "2. *El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, (….) la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes. // 3. Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres"*. (Cursiva y subrayas fuera de texto).

El citado artículo 8° de dicha Ley, señala que la acción urbanística se ejerce, entre otros, a través de *"11. Localizar las áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres, así como las áreas con fines de conservación y recuperación paisajística"* (Cursiva fuera de texto).

El artículo 10º de la Ley 388 de 1997, se ocupa de las determinantes del ordenamiento territorial, entendidas éstas como: "(…) *aquellas normas, directrices, políticas, regulaciones o disposiciones de carácter ambiental expedidas por el Ministerio de Ambiente o Desarrollo Sostenible, las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, en sus propios ámbitos de competencia y que estén referidas directamente con las materias mencionadas en el numeral 1 del artículo 10° de la Ley 388 de 1997. En tanto se tratan del ordenamiento espacial del territorio, las directrices y políticas que constituyen determinantes deben tener una expresión gráfica a las escalas adecuadas para ser incorporadas en los POT y garantizar su eficacia"*[25].

[24] Ley 388 de 1997 artículos 10 y 15, modificado por el artículo 1º de la Ley 902 de 2004.

[25] Yepes Vanegas, María Teresa. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Taller sobre "Lineamientos para la Revisión, Actualización y Ajuste de las Determinantes Ambientales – Cualificación del rol de las Corporaciones Autónomas Regionales, en el ámbito del Ordenamiento Territorial Municipal". Bogotá D.C., 21 de marzo de 2013.

De acuerdo con lo dispuesto en el citado artículo, entre las determinantes referidas a la conservación y protección del medio ambiente se tienen:

- Las disposiciones expedidas referentes a las áreas protegidas.
- Las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas.
- Las políticas, directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales.
- Las directrices y normas expedidas para la conservación de las áreas de especial importancia ecosistémica.
- Las directrices, normas y reglamentos expedidos en ejercicio de sus respectivas facultades legales, por las entidades del SINA[26], en los aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio.

Sin lugar a dudas, el suelo rural no había merecido la atención suficiente en materia normativa dentro del contexto del ordenamiento territorial en Colombia, hasta la expedición del Decreto 097 de 2006, el cual inicia un proceso reglamentario general para la expedición de licencias urbanísticas para el desarrollo y construcción de vivienda campestre en suelo rural; siendo complementado mediante los determinantes para el ordenamiento de esta clase de suelo establecidas en el Decreto 3600 de 2007. Desde allí, se han expedido una serie de decretos reglamentarios de la Ley 388 de 1997, que de alguna forma desata una mirada planificadora de mayor juicio y responsabilidad en este suelo, como soporte básico de las condiciones de producción de bienes y servicios ambientales y de las actividades del sector primario de la economía.

Adicional a los determinantes de carácter nacional asociados al ordenamiento espacial del territorio, rural las CAR han expedido, bien sea a través de sus Consejos Directivos o de sus directores como representantes legales, otros instrumentos de ordenamiento ambiental del territorio adoptados mediante Actos Administrativos. Disposiciones que igualmente ostentan la calidad de normas de superior jerarquía que en consecuencia deben ser incorporadas en el ordenamiento territorial, este es el caso de las normas que regulan las densidades máximas para vivienda campestre, movimientos de tierras, estudios geotécnicos, protección ceniza volcánica, entre otros.

En lo que atañe al Decreto 3600 de 2007 tenemos que este se ocupa de definir las categorías de protección y las de desarrollo restringido en suelo rural, las Unidades de Planificación Rural (UPR) como instrumento de planificación intermedio en esta clase de suelo, así como los parámetros para la adopción de otras normas urbanísticas que deben ser consideradas por los municipios en sus POT en los términos del artículo 15 de la Ley 388 de 1997.

Recientemente, con la promulgación del Decreto 1232 de 2020, por medio del cual se adiciona y modifica parcialmente el Decreto 1077 de 2015 en lo relacionado con la planeación del ordenamiento territorial, se resalta la importancia de la definición de las determinantes ambientales para la consolidación de las etapas del proceso de planificación territorial, en especial en lo

[26] Sistema Nacional Ambiental, creado mediante la Ley 99 de 1993.

relacionado con la construcción de la etapa de diagnóstico, la cual será el sustento para formular de manera adecuada la planeación del territorio.

Respecto a las competencias previstas por la norma para regular los procesos de concertación de los asuntos exclusivamente ambientales, es pertinente recordar lo siguiente: El artículo 24 de la Ley 388 de 1997, modificado por el artículo 1 de la Ley 507 de 1999 y el artículo 49 de la Ley 1537 de 2012, define que "el alcalde distrital o municipal, a través de las oficinas de planeación o de la dependencia que haga sus veces deberá someter el plan de ordenamiento territorial a consideración de la Corporación autónoma regional o autoridad ambiental correspondiente, para su aprobación en lo concerniente a los asuntos exclusivamente ambientales, en el ámbito de su competencia, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 99 de 1993. Finalmente, la Ley 2079 de 2021 por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de Vivienda y Hábitat, modifica el tiempo para adelantar el proceso de concertación ambiental.

24.2.4 Marco normativo asociado a la gestión del riesgo

En Colombia, los avances en cuanto a normatividad en el tema de gestión del riesgo han estado asociado a situaciones de coyuntura por desastres y a su vez al fortalecimiento de la institucionalidad pública. Desde la creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (Decreto Ley 919 de 1989), el cual tuvo como antecedente la tragedia de Armero en el año de 1985, pasando por el terremoto del Eje Cafetero en el año 1999, hasta la recién denominada ola invernal 2010-2011 por efectos del fenómeno de La Niña, el desarrollo de la institucionalidad en el país para asumir la gestión del riesgo y los efectos de los desastres ha tenido cambios sustanciales.

La Constitución del 1991, como lo hemos indicado, trajo consigo la necesidad de modernizar el Estado, esto implicó el desarrollo de procesos de descentralización que devinieron en la elaboración de nuevos marcos legales que tenían como propósito fortalecer el nivel local de gobernabilidad y ampliar las intervenciones sectoriales. Es así como surgieron Leyes como 99 de 1993, 152 del 1994 y 388 del 1997, entre otras, que modificaron la forma de planificar tanto el desarrollo socio económico como el desarrollo territorial en el nivel municipal.

La Ley 1523 de 2012[27], constituye un avance importante para la Gestión del Riesgo en el país, no sólo porque armoniza la gestión del riesgo con la gestión ambiental y el desarrollo sectorial y territorial en Colombia, sino porque su enfoque conceptual induce una forma distinta de concebir y de actuar en los temas de gestión del riesgo. Hablar de Gestión del Riesgo implica tal como se estipula en su Artículo 1, un proceso social cuyo propósito es contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible[28].

[27] Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones

[28] *Artículo 1°. De la gestión del riesgo de desastres. La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.*
Parágrafo 1°. La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.

Las directrices establecidas para las autoridades locales, en este caso Alcaldías y para las regionales o departamentales como las CAR[29], permiten definir instrumentos más precisos para la planificación territorial incorporando la gestión del riesgo y mejorando las iniciativas interinstitucionales ya existentes.

De acuerdo a la Ley 1523 de 2012, el Plan de Gestión del Riesgo es el instrumento mediante el cual el municipio prioriza, formula, programa y hace seguimiento a la ejecución de las acciones que concretan los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo de desastres, de forma articulada con los demás instrumentos de planeación municipal como: plan de ordenamiento territorial, plan de desarrollo, agendas ambientales, planes de acción de las diferentes entidades, instituciones y organizaciones que con su misión contribuyen al desarrollo social y económico del municipio.

Para el cumplimiento de lo anterior, la Ley 1523 de 2012, define los procesos de la gestión del riesgo en el municipio, siendo estos el conocimiento del riesgo[30], la reducción del Riesgo[31] y el manejo de desastres[32]; en coherencia obliga a los municipios a incorporar la gestión del riesgo de desastres como gama amplia de los determinantes ambientales estructurantes en los POT.

El artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012[33], fue reglamentado a través del Decreto 1807 del 19 de septiembre de 2014[34], Decreto Reglamentario que ha sido integrado al Decreto Único del Sector de Vivienda, Ciudad y Territorio en los artículos 2.2.2.1.3.1.1. y siguientes (1077 de 2015), del cual es fundamental resaltar los siguientes aspectos:

- Dispone que, para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de un POT o la expedición de los nuevos planes, se deben elaborar estudios básicos de amenaza y riesgo para los fenómenos de inundación, avenidas torrenciales y movimientos en masa que contengan: a) La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza, b) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo. c) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo. d) La determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante la determinación de normas urbanísticas.

---

[29] Artículo 31 de la Ley 1523 de 2012 establece lo siguiente: *Apoyarán a las entidades territoriales de su jurisdicción ambiental en todos los estudios necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo y los integrarán a los de ordenamiento de cuencas, de gestión ambiental, de ordenamiento territorial y de desarrollo.*

[30] Se identifican, evalúan y analizan las condiciones de riesgo a través de sus principales factores (amenaza, elementos expuestos y vulnerabilidad), sus causas y sus actores causales. Incluye el monitoreo de estos factores, así como la comunicación del riesgo.

[31] Aplicación de las medidas a intervenir las condiciones actuales de riesgo (intervención correctiva) y futuras (intervención prospectiva). Estas son las medidas que en la realidad hacen la prevención de desastres. Además, este proceso incluye la protección financiera para reponer el valor económico de las pérdidas.

[32] Aplicación de medidas orientadas a la preparación y ejecución de la respuesta a emergencias y posterior recuperación.

[33] Por el cual se dictan normas para suprimir o reformar regulaciones, procedimientos y trámites innecesarios existentes en la Administración Pública

[34] Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones

- El Parágrafo 2º del artículo 3º (*ibídem*) estable que para aquellos municipios que se encuentren expuestos a amenazas por otros fenómenos naturales (sísmicos, volcánicos, tsunami, entre otros) o de origen tecnológico, deben evaluarlas con base en la información disponible generada por las autoridades y sectores competentes y de acuerdo con la situación de cada municipio o distrito.
- Referente a los estudios detallados (Artículo 4), los cuales están orientados a determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes, en la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o en la expedición de un nuevo POT, se debe establecer la priorización de los estudios detallados identificados en los estudios básicos y en el programa de ejecución se debe definir la programación de actividades, las entidades responsables y los recursos respectivos de los estudios que se ejecutarán en el período del alcalde que adelanta la revisión del plan o la expedición de uno nuevo.
- De acuerdo a lo previsto en el Artículo 21 de este Decreto, la incorporación de los resultados de estudios detallados al POT se realizará mediante acto administrativo, expedido por el alcalde municipal o distrital o la dependencia delegada para el efecto, pudiendo realizar la precisión cartográfica y la definición de las normas urbanísticas a que haya lugar en el área objeto de estudio, de conformidad con lo previsto en el Plan de Ordenamiento Territorial y deberá registrarse en todos los planos de la cartografía oficial. No obstante, cuando los resultados de los estudios detallados generen la modificación de los usos del suelo o de normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial deberá emprenderse su revisión, ajuste o modificación en los términos de la Ley 388 de 1997 y las normas que la adicionen, modifiquen o complementen.

Finalmente tenemos que la Ley 1523 del 24 de Abril de 2012 fijó en el artículo 32 que *"los tres niveles de gobierno formularán e implementarán planes de gestión del riesgo para priorizar, programar y ejecutar acciones por parte de las entidades del sistema nacional, en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo del desastre, como parte del ordenamiento territorial y del desarrollo, así como para realizar su seguimiento y evaluación"*, es por ello que el Plan Municipal de Gestión del Riego de Desastres –PMGRD es un instrumentos que busca una mirada diferente para el manejo del riesgo en los diferentes territorios pasando de un enfoque basado en la atención a los tres ejes de la gestión del riesgo, el conocimiento, la reducción del riesgo y el manejo de los desastres[35].

24.2.5 Marco normativo del desarrollo territorial

El artículo 339 superior precisa el contenido y el propósito del plan de desarrollo y el 340, por su parte, constituye el Sistema Nacional de Planeación, y con él los consejos de planeación como instancia de participación ciudadana en el proceso. En cumplimiento del mandato constitucional el Congreso de la República expidió la Ley 152 de 1994, orgánica del plan de desarrollo, estableciendo los procedimientos para elaborar, aprobar, ejecutar y evaluar conforme a las prioridades de los grupos sociales que conforman la entidad territorial y el programa de gobierno.

[35] Guía para la Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres

También define la Ley 152 de 1994 los mecanismos para su armonización e interrelación con los procesos presupuestales, y las funciones de cada dependencia e instancia que participa en el proceso, enfatizando en la participación de la sociedad civil. El artículo 36, por su parte, estipula que, para elaborar, aprobar, ejecutar, hacer seguimiento y evaluar los planes de desarrollo de las entidades territoriales se deben aplicar, en cuanto sean compatibles, las mismas reglas previstas para el Plan Nacional de Desarrollo.

Si bien existen diversos enfoques para la formulación de los planes de desarrollo, bien sean nacionales, departamentales o municipales, como el poblacional y ciclo vital y el de garantía de derechos, para los fines del presente informe queremos resaltar el **enfoque territorial**, entendido como *"un proceso integral que articula diferentes políticas públicas –socioculturales, económicas, ambientales, políticas e institucionales– para alcanzar territorios sostenibles, competitivos, equitativos y gobernables. En tal sentido, el patrón de desarrollo se expresa en las formas como se utilizan los factores del territorio para producir, crecer y crear oportunidades de bienestar poblacional. En otras palabras, este enfoque refleja la manera como los agentes económicos, sociales y gubernamentales logran moldear los elementos geográficos y naturales, agregándoles valor y transformándolos en bienes y servicios públicos y privados"*[36].

Desde el punto de vista de la planificación implica reconocer por lo menos cinco elementos:

- El territorio es producto de una construcción social.
- La planificación, las políticas y las acciones tienen una incidencia en el territorio y sus habitantes, como agentes del desarrollo.
- Las políticas públicas deben estar siempre contextualizadas mundial, nacional, regional y localmente para crear ventajas competitivas y reducir los riesgos e impactos de situaciones adversas.
- Hay que destacar el papel de la cooperación entre agentes públicos y privados, nacionales y locales, como elemento fundamental para la gestión del desarrollo.
- La importancia del papel del Estado, especialmente en lo relativo a la provisión de bienes públicos, la dirección y la regulación de la economía, junto con construcción de la democracia y la institucionalidad.

24.3 Contexto regional

Para la identificación de las distintas herramientas y mecanismos aplicados en la región en la cual se localizan las dos cuencas hidrográficas objeto de estudio, se procedió a revisar en primera instancia los instrumentos de planificación de Cornare, en los que se identifican algunas líneas estratégicas generales que orientan el que hacer de la Corporación en la región y establecen un marco general de actuación para el cumplimiento de su misión institucional en armonía y coordinación con los entes territoriales, los sectores productivos y la comunidad; posteriormente se revisaron los instrumentos de planificación y ordenamiento ambiental del territorio de los cuales se

[36] El proceso de planificación en las entidades territoriales: el plan de desarrollo y sus instrumentos para la gestión 2008 – 2011. Departamento Administrativo de Planeación – Escuela Superior de Administración Pública –ESAP, págs. 11 – 12.

derivan determinantes ambientales para los entes territoriales, así como otros instrumentos de comando y control, y finalmente se hace la revisión de los POT de los municipios de las áreas de objeto de análisis en este proyecto. En este contexto, a continuación, se describen los principales aspectos de los dos instrumentos de planificación regional e institucional, antes de precisar los instrumentos aplicados en la región.

24.3.1 Plan de gestión ambiental regional 2014-2031

El Plan de Gestión Ambiental Regional es el instrumento de planificación estratégica de largo plazo para el área de jurisdicción Cornare, que permite orientar la gestión ambiental Regional en el período 2014 – 2032 y responder a los retos, prioridades y problemáticas ambientales, definiendo temas programáticos priorizados de alto impacto, insumo para la formulación o ajustes de políticas, planes y programas de gobierno y determinante ambiental por excelencia, para los procesos de planificación y ordenamiento local y regional presentes y futuros.

El PGAR está conformado por seis capítulos a saber: 1) Marco Legal y metodológico; 2) Diagnóstico socioeconómico y Diagnóstico Ambiental; 3) Fase de prospectiva y construcción de la Visión Ambiental para el Desarrollo Regional; 4) Marco Estratégico; 5) Escenarios financieros y, 6) Instrumentos de Seguimiento y Evaluación.

El primero describe la metodología utilizada para su actualización y ajuste; una relación de los talleres subregionales, regionales e institucionales, utilizando para ello el Diagnóstico Rápido Participativo DRP; también contiene los referentes normativos que le aplican a nivel nacional, departamental y municipal, para cada eje temático o recurso natural abordado.

El segundo capítulo contiene el diagnóstico Socioeconómico y Ambiental, en sus componentes demografía, Necesidades Básicas Insatisfechas, educación, salud, Tejido social y desarrollo de los sectores económicos, componentes bióticos y físicos, las relaciones urbano-regionales, las dinámicas entre la oferta y la demanda de bienes y servicios ambientales.

El tercero la construcción de escenarios para la sostenibilidad ambiental, en el cual, además, de la visión ambiental. En el cuarto se presentan las líneas estratégicas, proyectos, metas e indicadores, los cuales corresponden a las prioridades de acción, que se deben emprender en la Región del Oriente Antioqueño, en relación con la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de la biodiversidad y del medio ambiente, para mejoramiento de las condiciones de vida de la población. En este capítulo también se definen las responsabilidades y compromisos de los actores institucionales.

En el quinto se abordan las proyecciones financieras, (posibles fuentes de financiación de Cornare, de los entes territoriales y de las instituciones como aliados para la gestión ambiental), Y el sexto hace referencia a instrumentos de seguimiento y evaluación del Plan y al sistema de indicadores que permitirán medir la gestión institucional y los avances en las metas; así como para evaluar los impactos generados por la intervención de los diferentes actores y la contribución a las metas nacionales.

Según el PGAR, la Cuenca Río Samaná Norte tiene un área total de 2656.19 Km, se extiende por territorio de los municipios de Alejandría, El Carmen de Viboral, El Santuario, Guatapé, San Rafael, San Carlos, Granada, Cocorná, San Francisco, San Luis y Sonsón, con un 97.15 % del área de la cuenca

en la región de 2580.49 Km2 y un 2.85 % del área en el municipio de Puerto Nare en jurisdicción de Corantioquia (75.7 Km2).

Cuenta con tres áreas de manejo especial: Cordillera Cocorná – San Carlos, La Cuchilla La Tebaida y el Cañón del Samaná Norte, además de los embalses de Punchiná y Playas en los municipios de San Carlos y San Rafael, respectivamente.

Esta zona es ecológicamente frágil y hace parte de la zona de endemismo del Río Nechí, con numerosas especies de flora y fauna, cuya conservación se justifica por la urgencia de desacelerar otros procesos de profundo impacto dentro y fuera de la región como el agotamiento y sedimentación de fuentes hídricas, la erosión, la disminución de la fauna silvestre y la baja la calidad de vida de sus habitantes.

La precipitación anual oscila entre 2.000 y 4.000 mm, la temperatura promedio entre 23 – 27oC y alturas entre 300 y 3.200 msnm. Los suelos se caracterizan por ser de baja fertilidad, ácidos, pedregosos y fácilmente erosionables con una vocación forestal. La actividad económica consiste en agricultura de pancoger: maíz, fríjol, yuca, caña y plátano, explotación del bosque, cría de animales domésticos y ganadería extensiva.

La cuenca del Río Samaná Sur tiene un área de 1183.54 Km2, el 60.8 % en la región 719.6 Km2 en los municipios de Argelia, Nariño y Sonsón y el 39.2 % en jurisdicción de CORPOCALDAS (463.94 Km2) en los municipios de Samaná, Pensilvania, Florencia y San Diego del Departamento de Caldas. La cuenca es bañada por numerosos ríos y quebradas, entre ellos se destacan La Paloma, Negrito, Venus, San Pedro, que nacen por encima de los 3.800 msnm. El caudal medio es de 98.98 M3 /s.

La actividad económica predominante es el aprovechamiento del bosque y agricultura representada en cultivos de café y cacao. Recientemente se viene aprovechando el potencial hidroeléctrico de la cuenca.

En relación con la demanda de agua, a partir del informe de gestión integral del recurso hídrico elaborado anualmente, se muestra la tendencia en la presión por el uso del agua en las diferentes cuencas de la región. En cuanto al caudal otorgado en la Región, no se presenta una tendencia definida, pues cada año fluctúa dependiendo de la presencia de proyectos puntuales, como es el caso del año 2010, donde se incrementaron los caudales otorgados en la cuenca Samaná para el desarrollo de proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas, PCH´s. Es pertinente aclarar que la demanda referida para proyectos de generación de energía representa un uso no consuntivo del recurso que retorna a la cuenca después de su aprovechamiento en la casa de máquinas.

En cuanto a la calidad del recurso en la zona, el PGAR menciona que para la elaboración del índice de calidad fisicoquímica (ICAfa) en estas dos cuencas, se emplearon los resultados de los muestreos realizados en el año 2012, los cuales son respuesta a la implementación del Plan Anual de Monitoreo, observándose que el 92% de los resultados se encuentran en categorías de bueno y excelente.

24.3.2 Plan de acción institucional

El plan de Acción Institucional recoge los referentes de ley para su elaboración, partiendo de los ODS como compromisos internacionales y su agenda al 2030, el plan nacional de desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” con énfasis en Pacto IV: Pacto por la sostenibilidad:

producir conservando, conservar produciendo. Pacto VIII: Pacto por la calidad y eficiencia de los servicios públicos: agua y energía para promover la competitividad y el bienestar de todos. Pacto XXIII: Pacto Eje Cafetero y Antioquia: Conectar para la competitividad y el desarrollo logístico sostenible.

Las Acciones Operativas del plan de acción institucional se agruparon en seis líneas estratégicas:

- **Línea 1:** Cambio climático y Gestión del Riesgo.
- **Línea 2:** Crecimiento verde, economía circular e innovación.
- **Línea 3:** Autoridad Ambiental y Gestión Integral de los Recursos Naturales.
- **Línea 4:** Información, Planeación y Ordenamiento Ambiental del Territorio.
- **Línea 5:** Educación, Participación y Comunicación.
- **Línea 6:** Fortalecimiento Institucional.

24.3.3 Instrumentos de regulación directa (comando y control)

Dentro de los instrumentos de regulación directa se encuentran los permisos, autorizaciones, concesiones y licencias ambientales que Cornare como autoridad ambiental debe tramitar, otorgar y controlar a por el uso de los recursos naturales renovables o el desarrollo de proyectos, obras y actividades que generan impactos sobre estos. En este último caso, se otorgan licencias ambientales que llevan implícitos los permisos, autorizaciones y concesiones por lo que solo nos referimos a este tipo de instrumento.

✓ *Licencias ambientales*

En la cuenca del río Samaná Norte se identificaron un total de 36 proyectos hidroeléctricos (ver Tabla 228), los cuales se encuentran en diferentes estados de trámite, a saber:

- **Estado 1:** 6 proyectos hidroeléctricos en operación.
- **Estado 2:** 1 proyecto en construcción.
- **Estado 3:** 5 proyectos con licencia ambiental o concesión de agua.
- **Estado 4:** 2 proyectos en diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental.
- **Estado 5:** 11 proyectos en diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes.
- **Estado 6:** 11 proyectos con licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos.

Tabla 228. Proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Norte

Nombre Proyecto Hidroeléctrico	Modelo de Operación	Usuario	Competencia	Potencia (MW)	Estado de Gestión
Planta generadora de energía – Proyecto san Luis	Filo de Agua	ENERGIA LIMPIA Y SOSTENIBLE – LEON DARIO OROZCO	Cornare	6,9	Concesiones negadas, archivadas o en caducidad
Uso hidroenergético	Filo de Agua	ENERGIA LIMPIA Y SOSTENIBLE – LEON DARIO OROZCO	Cornare	7	
La Cascada	Filo de Agua	INMAQ S.A.S E.S.P	Cornare	1,566	Construcción
Sabaletas I	Filo de Agua	PRAMING	Cornare	4	Diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) aprobado
Guadualito	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	Cornare	4	DAA en trámite
Cocorná I	Filo de Agua	TABORDA VELEZ Y CIA S EN C	Cornare	10	Licencia Ambiental
Granada	Filo de Agua	ENERGIA NACIONAL S.A.S	Cornare	2	
Palagua	Filo de Agua	ISAGEN S.A. E.S.P.	Cornare	98	
Porvenir 2	Embalse	ISAGEN S.A. E.S.P.	ANLA	352	
Santo Domingo	Filo de Agua	EPM	Cornare	56	
Cocorná-II	Filo de Agua	SOTECO S.A	Cornare	9	Licencias negadas, archivadas o en caducidad
El Viaho	Filo de Agua	HMV INGENIEROS LTDA	Cornare	9,9	
La Cimarrona – I	Trasvase	LA CIMARRONAS ESP	Cornare	0	
La Cimarrona – II	Trasvase	LA CIMARRONAS ESP	Cornare	0	
La Hundida	Filo de Agua	HELIBERTO RAMIREZ RAMIREZ	Cornare	8,18	
Río Melcocho	Filo de Agua	HERNAN DARIO GOMEZ PEREZ	Cornare	7	
Calderas	Filo de Agua	ISAGEN S.A. E.S.P.	ANLA	26	Operación
El Molino	Filo de Agua	PCHS LOS MOLINOS S.A.S E.S.P.	Cornare	21	
El Popal	Filo de Agua	Popal S.A.S. – E.S.P.	Cornare	21	
San Matías	Filo de Agua	PCHS LOS MOLINOS S.A.S E.S.P.	Cornare	21	
San Miguel	Filo de Agua	CH SAN MIGUEL SAS ESP	Cornare	42	
Tafetanes	Trasvase	ISAGEN S.A. E.S.P.	Cornare	0	
Gabriel Lorenzo	Filo de Agua	Gabriel Lorenzo	Cornare	8	Permisos de estudio vencidos
Tafetanes-I	Filo de Agua	ENERGIA NACIONAL S.A.S E.S.P	Cornare	5,36	
WE Energía Limpia. Wilfer Darío Echeverri Gómez	Filo de Agua	WE Energía Limpia. Wilfer Dario Echeverri Gómez	Cornare	6	
Cocorná I	Filo de Agua	PRAMING Jorge Cuartas	Cornare	12	Permisos de estudio vigentes
Pantagoras	Filo de Agua	Iconsult	Cornare	2	
PCH Cantabia	Filo de Agua	INGENIERIAS BASICAS	Cornare	11	
PCH La Confluencia	Filo de Agua	Aguas San José S.A.S	Cornare	4	
PCH La Mirandita	Filo de Agua	INGENIERIAS BASICAS	Cornare	26	
Río Cocorná	Filo de Agua	Cimarrona SAS ESP	Cornare	9	
Sabaletas II	Filo de Agua	Empresa Taborda Vélez-Praming	Cornare	8	
San Matias	Filo de Agua	JORGE ALBERTO SIERRA ARBOLEDA	Cornare	8,1291	
San Miguel – Las Gaviotas	Filo de Agua	Wilfer Dario Echeverri – WE Energía Limpia	Cornare	13	
Santa Bárbara	Filo de Agua	ANDRES JULIAN RODRIGUEZ GARCIA	Cornare	2	
Cocorná III	Filo de Agua	TABORDA VELEZ Y CIA	Cornare	16	Tramite de licencia ambiental

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de información suministrada por de Cornare y ANLA a mayo del 2021

En la cuenca del río Samaná Sur se identificaron un total de 18 proyectos hidroeléctricos (ver Tabla 229), los cuales se encuentran en diferentes estados de trámite, a saber:

- **Estado 1:** 0 proyectos hidroeléctricos en operación.
- **Estado 2:** 0 proyecto en construcción.
- **Estado 3:** 5 proyectos con licencia ambiental o concesión de agua.
- **Estado 4:** 6 proyectos en diagnóstico ambiental de alternativas aprobado o/y tramite de licencia ambiental.
- **Estado 5:** 6 proyectos en diagnostico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes.
- **Estado 6:** 1 proyectos con licencias negadas y/o archivadas, concesiones que desistieron, permisos de estudio vencidos.

Tabla 229. Proyectos hidroeléctricos identificados en la cuenca del río Samaná Sur

Nombre Proyecto Hidroeléctrico	Modelo de Operación	Usuario	Competencia	Potencia (MW)	Estado de Gestión
Uvital	Filo de Agua	TES S.A. (JOSE ARCESIO GOMEZ ARISTIZABAL)	Cornare	1	Concesión de Aguas
Negrito	Filo de Agua	GEN +	Cornare	5	Diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) aprobado
Pocitos I	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	Cornare	1	
Pocitos II	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	Cornare	6	
San Julián	Filo de Agua	I-CONSULT SAS ESP	Cornare	4	
San Pedro	Filo de Agua	Héctor Montoya	Cornare	6,53	
Río Dulce	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	11	DAA en trámite
Argelia	Filo de Agua	GEN +	Cornare	13,61	Licencia Ambiental
Paloma III	Filo de Agua	GEN +	Cornare	13,45	
Paloma IV	Filo de Agua	GEN +	Cornare	12,7	
Río Hondo	Filo de Agua	GENSA	CORPOCALDAS	19,9	
GENSA - Orlando Micolta González	Filo de Agua	GENSA - Orlando Micolta González	Cornare	22	Permisos de estudio vencidos
Nuevo puente	Filo de Agua	Arquitectura y Concretos	Cornare	4	Permisos de estudio vigentes
Palma Dulce	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	5	
Palma Negra	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	11	
Puerto Venus	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	6	
Samaná Medio	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	40	
La Rica	Filo de Agua	-	CORPOCALDAS	2,4	Tramite de licencia ambiental

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de información de Cornare, CORPORACALDAS y ANLA información suministrada por de Cornare y ANLA a mayo del 2021

24.3.4 Planificación y ordenamiento ambiental del territorio

La planificación y el ordenamiento territorial en Colombia parte de una diferenciación conceptual y práctica entre el ordenamiento territorial (Ley 388 de 1997) y el ordenamiento ambiental del territorio (OAT) (Ley 99 de 1993, Art. 5 y 7), con lo que se ha inducido a confusiones en la gestión territorial, dando a entender que los temas relacionados con lo ambiental debieran ser ordenados aparte del proceso de ordenamiento y definición de los usos del suelo, en un municipio determinado.

El OAT es casi invisible a escalas locales y no son suficientes los lineamientos que se han dado desde el gobierno central hacia las autoridades ambientales regionales para su realización. En este sentido, es muy importante que se trascienda hacia integrar los conceptos de lo ambiental y de ordenamiento territorial, de manera que se entiendan los territorios como socio-ecosistemas adaptativos, resilientes y complejos, con una estructura y un funcionamiento propios, que proveen unos servicios ecosistémicos y soportan el desarrollo económico y social que allí se desarrolla.

Las políticas nacionales ambientales, identifican la necesidad de que los instrumentos de ordenación y manejo de estos ecosistemas incidan de manera directa en el ordenamiento territorial y del uso del suelo, sin embargo, los avances han sido débiles para lograr una incidencia efectiva, que permita garantizar la permanencia de los ecosistemas y sus servicios ambientales. Algunas disposiciones relacionadas con el OAT se mencionan a continuación:

- El Decreto 1640 de 2012, establece que las CAR son las encargadas de establecer los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas dentro de sus jurisdicciones, los cuales son determinantes ambientales para la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997.

Es así como una vez es aprobado el POMCA los lineamientos en torno a: i) La zonificación ambiental, ii) El componente programático, y iii) El componente de gestión del riesgo; deben ser considerados en el ordenamiento territorial, sobre todo en cuanto al tema de las áreas que se definan como zonas de preservación; la determinación del riesgo de las zonas identificadas como de alta y muy alta amenaza y/o vulnerabilidad que deben ser detalladas por los entes territoriales de conformidad con sus competencias, para la formulación, revisión y/o adopción de los Planes de Ordenamiento Territorial; y concretamente de la siguiente manera:

- Las áreas que se definan en el POMCA como zonas de preservación, constituirán suelo de protección en el POT, así como las áreas protegidas del orden nacional, regional o local que existan en la cuenca a ordenar.
- El POMCA identificara las zonas de alta y muy alta amenaza y/o vulnerabilidad, las cuales deberán ser detalladas por los municipios con el fin de determinar las condiciones de riesgo, de acuerdo con las competencias de estas entidades territoriales.
- No obstante, lo anterior, si en el marco del POMCA se elaboran estudios específicos de riesgo, estos serán tenidos en cuenta en los POT.

Respecto a las áreas protegidas, el Decreto 2372 de 2010 reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y las categorías de manejo, establece que las diferentes áreas protegidas se constituyen como determinantes ambientales, que *no pueden ser desconocidas, contrariadas o modificadas en la elaboración, revisión y ajuste y/o modificación de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios y distritos, de acuerdo con la Constitución y la ley.*[37]

[37] PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2372 DE 2012 *"Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones."* Artículo 19

En relación con este Decreto es importante señalar que, tanto la Ley 388 de 1997 en su artículo 10 como el Decreto 3600 de 2007, le dieron el carácter de DETERMINANTE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL y para el SUELO RURAL, respectivamente, a las áreas protegidas de que trata el Decreto 2372 de 2010.

Ahora bien, frente al tema de las ***reservas forestales*** protectoras de Ley 2ª, el MADS es el encargado de su declaratoria, reserva, alinderamiento y sustracción; mientras que la CAR lo es de las Reservas Forestales Regionales.

Frente a las **áreas de especial importancia ecológica**, son de competencia exclusiva de las CAR para su identificación, localización, delimitación y establecimiento de medidas de restricción:

- las zonas de recarga de acuíferos.
- las rondas hidráulicas de los cuerpos de agua.
- los humedales, pantanos, lagunas y ciénagas.
- los manglares.
- las reservas de flora y fauna.

En relación con los páramos y subpáramos, las CARs comparten la función con el MADS y con los municipios respecto de los nacimientos de agua y los lagos. En esta sección se presentarán los resultados de la revisión de los distintos instrumentos generados por Cornare con la finalidad de realizar el OAT de su jurisdicción.

24.3.4.1 Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica

Los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), constituyen el instrumento de planificación de las cuencas hidrográficas y busca ordenar el uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables y mantener el equilibrio entre el aprovechamiento económico y social y la protección de los ecosistemas (MinAmbiente, 2010).

- ✓ *POMCA de la cuenca del Río Samaná Norte*

El POMCA describe las tensiones económico-ambientales y socioambientales, o como restricciones o potencialidades o condicionantes que ejercen presión sobre la Sostenibilidad de la cuenca. Entre ellos, la tensión existente para el aprovechamiento de potencial del recurso hídrico, con la oferta hídrica y ambiental, entre diferentes usos y actividades económicas, que configuran la fragilidad de los ecosistemas naturales en demanda crítica (presión de minería, ganadería extensiva, industria extractiva, proyectos hidroeléctricos prospectivos), la economía interna de crecimiento incipiente y la situación de bienestar relativo de la población rural y urbana de la cuenca.

A continuación, en la Tabla 230 y la Figura 474 se presenta la Prospectiva y Zonificación Ambiental al año 2032 en donde se exponen la categoría de ordenamiento Conservación y Protección Ambiental integrada por áreas destinadas a la protección complementarias para la conservación, por amenazas naturales, por importancia ambiental y por restauración ecológica; asimismo, la categoría de ordenamiento Uso Múltiple integrada por áreas destinadas a la restauración para la producción, áreas de producción agrícola y agropecuaria sostenible, áreas urbanas y por último

áreas con licencia ambiental que en el caso de la cuenca del río Samaná Norte se incluyó el proyecto hidroeléctrico Porvenir II como actividad prospectiva en el área de estudio.

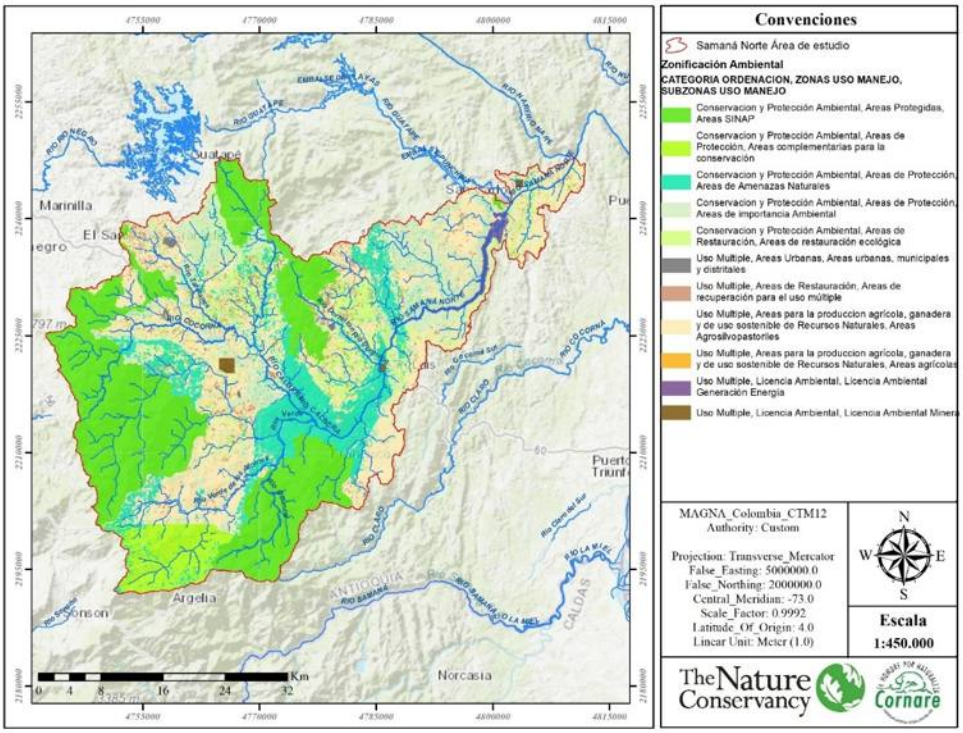
Tabla 230. Categoría de ordenamiento y áreas de la zonificación ambiental de la cuenca del río Samaná Norte

Categoría de ordenamiento	Zona de uso y manejo	Subzona de uso y manejo	Área (ha)	%
Conservación y Protección Ambiental	Áreas de Protección	Áreas complementarias para la conservación	9000,64774	4,5%
		Áreas de Amenazas Naturales	396,514512	0,2%
			85,295602	0,0%
			27452,35684	13,7%
		Áreas de importancia Ambiental	1904,911426	0,9%
			129,588447	0,1%
			1025,09236	0,5%
			19,33236	0,0%
			15,596566	0,0%
			21779,69826	10,8%
	Área total de protección		61809,0341	30,8%
	Áreas de Restauración	Áreas de restauración ecológica	18830,3313	9,4%
	Área total de restauración		18830,3313	9,4%
	Áreas Protegidas	Áreas SINAP	18,440808	0,0%
			4048,362048	2,0%
			6,334374	0,0%
			38678,74	19,3%
			0,153039	0,0%
			1276,221675	0,6%
			11303,96155	5,6%
			4841,48907	2,4%
	suma de áreas protegidas		60173,70256	30,0%
Suma de conservación y Protección ambiental			140813,0680	70%
Uso Múltiple	Áreas de Restauración	Áreas de recuperación para el uso múltiple	0,002121	0,0%
			0,88042	0,0%
			4053,609042	2,0%
			111,946535	0,1%
			51,332812	0,0%
			1346,774281	0,7%
	Área total de Restauración		5564,545211	2,8%
	Áreas para la producción agrícola, ganadera y de uso sostenible	Áreas Agrícolas	39,666297	0,0%
			1049,933792	0,5%
		Áreas Agrosilvopastoriles	38734,75022	19,3%
			449,885131	0,2%
			362,056207	0,2%
			4,172916	0,0%
			11077,00435	5,5%
	Área total para la producción agrícola, ganadera y de uso sostenible		51717,46891	25,8%
	Áreas Urbanas	Áreas urbanas, municipales y distritales	376,4366	0,2%
	Licencia Ambiental	Licencia Ambiental Mineras y Generación de Energía	1826,644545	0,9%
			541,384365	0,3%
	Área total de Licencias ambientales		2368,02891	1,2%
Área total de Uso Múltiple			60026,4797	29,9%

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir del POMCA del río Samaná Norte (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017b)

En la Figura 474 se observa el mapa de Zonificación Ambiental de la Cuenca del río Samaná Norte con sus respectivas categorías de ordenamiento de Conservación y Protección Ambiental y de Uso Múltiple.

Figura 474. Zonificación Ambiental Cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir del POMCA del río Samaná Norte (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017b)

✓ *POMCA del río Samaná Sur*

El POMCA de la Cuenca del río Samaná Sur es un elemento fundamental de información para la realización del análisis de situación de la cuenca y la correlación de algunos de los indicadores de Sostenibilidad ya que contiene información al año 2017 de la caracterización detallada de los componentes ambiental, económica, social y cultural; el estado de conservación de las áreas protegidas, las problemáticas en torno al recurso hídrico, usos del suelo, así como de información cartográfica completa avalada por la Autoridad Ambiental como insumo para la realización y análisis para este estudio.

A continuación, en la Figura 475 y la Tabla 231 se presenta la Prospectiva y Zonificación Ambiental al año 2032 de la Cuenca del río Samaná Sur en donde se exponen la categoría de ordenamiento Conservación y Protección Ambiental integrada por áreas destinadas a la protección complementarias para la conservación, por amenazas naturales, por importancia ambiental y por restauración ecológica; asimismo, la categoría de ordenamiento Uso Múltiple integrada por áreas destinadas a la restauración para la producción, áreas de producción agrícola y agropecuaria sostenible, áreas urbanas y por último áreas con licencia ambiental.

Tabla 231. Categoría de Ordenamiento y áreas de la Zonificación Ambiental de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Sur

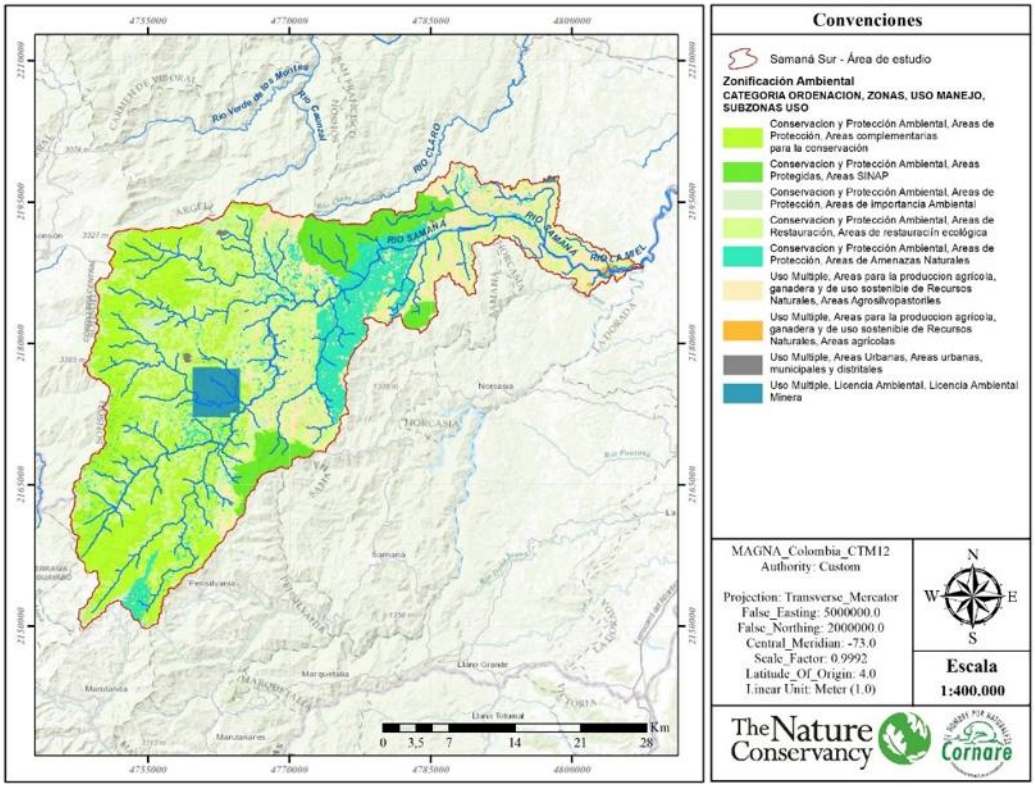
Categoría	Zona Uso y Manejo	Subzona Uso y Manejo	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Conservación y Protección Ambiental	Áreas de Protección	Áreas complementarias para la conservación	AICAS	151,10	0,13%
			Ley Segunda	17694,50	15,18%
			Ley Segunda - Tipo A	12371,87	10,61%
		Áreas de Amenazas Naturales	Por Amenaza Inundación Alta	279,41	0,24%
			Por Amenaza Inundación y Mov Masa Alta	45,31	0,04%
			Por Amenaza Mov Masa Alta	13099,36	11,24%
		Áreas de importancia Ambiental	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	15,88	0,01%
			Cuerpos de Agua Naturales	33,56	0,03%
			Humedales	35,46	0,03%
			Microcuenca Abastecedora	498,89	0,43%
			Otras subzonas de importancia ambiental	608,54	0,52%
			Paramos	727,43	0,62%
			Sistemas forestales protectores (FPR)	1376,20	1,18%
	Suma Áreas de Protección			46937,52	40,26%
	Áreas de Restauración	Áreas de restauración ecológica	Restauración ecológica	42241,46	36,23%
	Suma Áreas de Restauración			42241,46	36,23%
	Áreas Protegidas	Áreas SINAP	Distrito Manejo Integrado	730,28	0,63%
			Parque Natural	2685,48	2,30%
			Preservación SINAP	3104,24	2,66%
			Reserva Forestal Protectora	96,32	0,08%
			Reserva SINAP	19,72	0,02%
			Restauración SINAP	1042,12	0,89%
			Uso Sostenible SINAP	1336,48	1,15%
	Suma Áreas Protegidas			9014,64	7,73%
Suma Conservación y Protección Ambiental				98193,61	84,23%
Uso Múltiple	Áreas para la producción agrícola, ganadera y de uso sostenible de Recursos Naturales	Áreas agrícolas	Cultivos permanentes intensivos (CPI)	28,23	0,02%
			Cultivos transitorios intensivos (CTI)	68,11	0,06%
			Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	230,79	0,20%
		Áreas Agrosilvopastoriles	Pastoreo extensivo (PEX)	653,43	0,56%
			Pastoreo semi-intensivo (PSI)	3,58	0,00%
			Sistema forestal productor (FPD)	11514,03	9,88%
			Sistemas silvopastoriles (SPA)	3046,93	2,61%
	Suma Áreas para la producción agrícola, ganadera y de uso sostenible de Recursos Naturales			15545,10	13,33%
	Áreas Urbanas	Áreas urbanas, municipales y distritales	Áreas urbanas, municipales y distritales	190,55	0,16%
	Suma Áreas Urbanas			190,55	0,16%
	Licencia Ambiental	Licencia Ambiental Minera	Licencia Ambiental Minera	2648,91	2,27%
	Suma Licencia Ambiental			2648,91	2,27%
Suma Uso Múltiple				18384,56	15,77%

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir del POMCA del río Samaná Sur (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017l)

En la siguiente figura se observa el mapa de Zonificación Ambiental de la Cuenca del río Samaná Sur con sus respectivas categorías de ordenamiento de Conservación y Protección Ambiental y de Uso

Múltiple. De acuerdo con los resultados del POMCA, las áreas destinas a la conservación y protección ambiental corresponden a un 84% del área del total de la cuenca debido a áreas complementarias para la conservación y áreas de protección por amenaza natural de movimientos en masa.

Figura 475. Zonificación Ambiental Cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir del POMCA del río Samaná Sur (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017l).

24.3.4.2 Plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH) y objetivos de calidad del recurso hídrico

Según el Decreto 1640 de 2012 el ordenamiento de una corriente depende de la estructura hidrográfica para la planificación y manejo del recurso hídrico, esto es consecuente con la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico (MAVDT, 2010). Como elementos estructurantes para la planificación es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: (i) ubicación del cuerpo de agua en la estructura hidrográfica de la cuenca, (ii) delimitación del área de trabajo: Cuenca hidrográfica, (iii) localización y caracterización de las redes hidrometeorológicas y de calidad, (iv) revisión de instrumentos de planificación ambiental.

De acuerdo con lo descrito en el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a), en la revisión del PORH se encontró que el río Samaná Norte presenta un aumento fluctuante de la carga contaminante, los usuarios domésticos son los que aportan la mayor cantidad de carga, los mayores

aportes son generados por el municipio de San Carlos. En cuanto a usuarios del sector industrial no se observan grandes aportes en carga por parte de los usuarios a lo largo del tiempo.

Finalmente, en el PORH se establecen los objetivos de calidad, entendidos como el instrumento que establece lineamientos con la finalidad de disminuir la carga contaminante y determinar unos usos potenciales del agua para las corrientes objeto de ordenamiento. Estos objetivos se construyen en función de escenarios de simulación y teniendo en cuenta los diferentes planes que planifiquen el territorio y la cuenca.

A continuación, se listan los objetivos de calidad del rio Samaná Norte:

- Operar y mantener la PTARD para mantener su eficiencia mínima en 40% para DBO5 y 50% para Sólidos suspendidos totales con un 80% de cobertura para recuperar su calidad para usos diferentes al actual.
- Operar y mantener la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Granada para conservar su calidad, mantener la cobertura de tratamiento mayor a 90% incorporando a la PTARD los vertimientos que recibe la quebrada El Panteón.
- Operar y mantener las Plantas de tratamiento de las aguas residuales del municipio de Cocorná para que operen con una eficiencia mínima del 40% en DBO5 y 50% en Sólidos Suspendidos totales y mantener siempre la cobertura del tratamiento superior al 90%.
- Operar y mantener las Planta de tratamiento de las aguas residuales municipales de San Luís para que funcionen con una eficiencia mínima del 40% en DBO5 y 50% para Sólidos suspendidos Totales con una cobertura en tratamiento mayor a 80%.
- Operar y mantener la Planta de tratamiento del municipio de San francisco para alcanzar la eficiencia del 40% en DBO5 y 50% para Sólidos Suspendidos Totales con un 80% de cobertura en Tratamiento.

Por su parte en la cuenca del río Samaná Sur, partir del PORH, se encontró que en el río se presenta un aumento fluctuante de la carga contaminante, se encontró que los usuarios domésticos son los que aportan la mayor cantidad de carga, las principales cargas son aportadas por el municipio de Nariño. En cuanto a usuarios del sector industrial no se observan grandes aportes en carga por parte de los usuarios a lo largo del tiempo. Los objetivos de calidad para el rio Samaná Sur son:

- Eliminar el 80% de la carga doméstica vertida a las quebradas El Oso, Burbujas, Caño El Pomo, afluentes del río San Pedro para mantener su oxígeno disuelto en concentraciones superiores 4 mg/l.
- Eliminar el 80% de la carga doméstica a la quebrada Llanadas para mantener su concentración de oxígeno superior a 4 mg/l.

24.3.4.3 Reserva, alinderación y declaración de áreas protegidas

Las áreas protegidas, en el ordenamiento jurídico colombiano, son instrumentos para la conservación *in situ*, que hacen efectiva la responsabilidad compartida frente a la protección de los recursos naturales del país; garantizan la función ecológica de la propiedad y son instrumento de ordenamiento ambiental del territorio.

De manera específica el Decreto 2372 de 2010, creó en Colombia el Sistema Nacional de Áreas Protegidas –SINAP, como el conjunto de áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, y que contribuyen como un todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país.

En cuanto a las categorías, existen unas de carácter público como: (i) las del Sistema de Parques Nacionales Naturales, (ii) las Reservas Forestales Protectoras, (iii) los Parques Naturales Regionales, (iv) los Distritos de Manejo Integrado, (v) los Distritos de Conservación de Suelos y las Áreas de Recreación; y de carácter privado, como las Reservas Naturales de la Sociedad Civil.

✓ *Áreas protegidas en la cuenca del Samaná Norte*

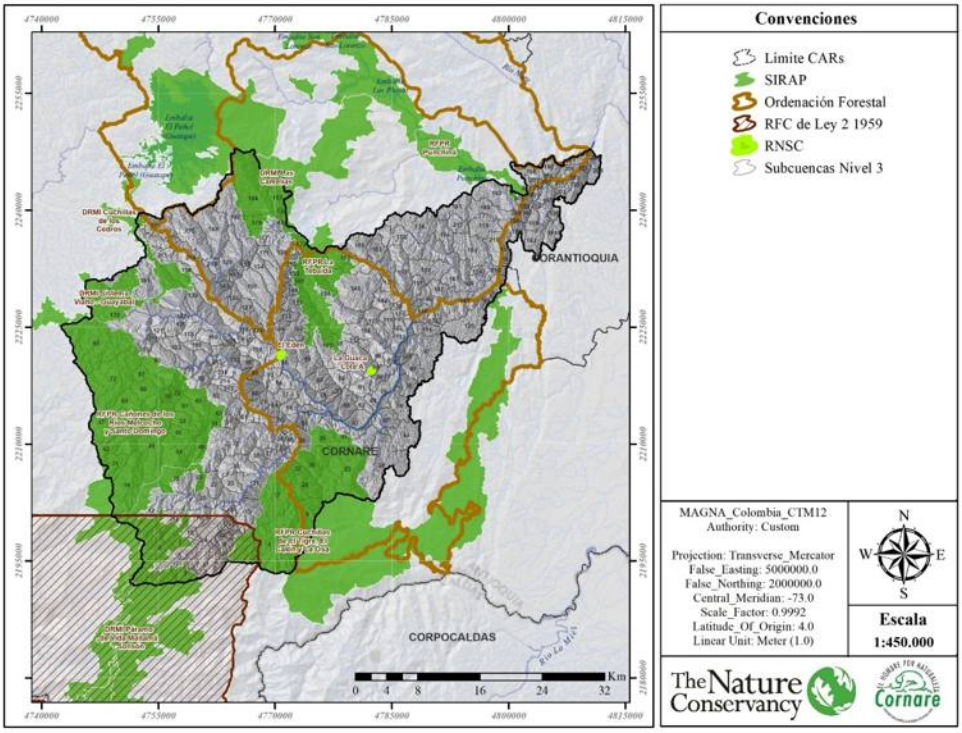
Entre las áreas protegidas presentes en la cuenca Samaná Norte, y declaradas dentro del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), se tienen las "Reservas Forestales Protectoras Regionales" (RFPR), que lo que buscan es que los ecosistemas boscosos mantengan su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. También existen áreas protegidas bajo la denominación de distrito "Distrito Regional de Manejo Integrado" (DRMI), los cuales corresponden a espacios geográficos, en el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute. Actualmente figuran en la cuenca la RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, la RFPR Cañones de los ríos Melcocho y Santo Domingo, la RFPR Punchiná, la RFPR La Tebaida, el DRMI Las Camelias, el DRMI Cuchillas Los Cedros, DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras, DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé, el DRMI Sistema Viaho-Guayabal, el DRMI Cerros de San Nicolás y DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón. En la Tabla 51 se presenta el resumen de las áreas protegidas en la cuenca del río Samaná Norte de acuerdo con los actos administrativos presentados por Cornare en https://www. Cornare.gov.co/planes-de-manejo/.

Tabla 232. Áreas protegidas en la cuenca Samaná Norte

Nombre	Acuerdo	Regional	Área (ha)
DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras	Acuerdo Corporativo 395 de 2019	Bosques	3,7
DRMI Cerros de San Nicolás	Acuerdo 323 de 2015 y Acuerdo 376 de 2018	Valle de San Nicolás	3,3
DRMI Cuchillas Los Cedros	Acuerdo Corporativo 329 de 2015	Valle de San Nicolás	277,9
DRMI Embalse Peñol-Guatapé y Cuenca Alta del Río Guatapé	Acuerdo Corporativo 268-2011, 294-2013, 370-2017, 384-2019 y 402-2020	Embalses	5,1
DRMI Las Camelias	Acuerdo Corporativo 328 de 2015	Embalses	5506,0
DRMI Páramo de Vida Maitamá - Sonsón (Páramo de Sonsón)	Resolución 493 de 2016 (MADS) y Acuerdo Corporativo 388 de 2018	Páramo	6955,4
DRMI Sistema Viaho – Guayabal	Acuerdo Corporativo 331 de 2015	Valle de San Nicolás	5148,1
RFPR Cañones de los Ríos Melcocho y Santo Domingo - (Páramo de Sonsón)	Resolución 493 de 2016 (MADS) - Acuerdo Corporativo 322 de 2014	Valle de San Nicolás	26349,5
RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa	Acuerdo Corporativo 324 de 2015	Bosques	15932,5
RFPR La Tebaida	Acuerdo Corporativo 327 de 2015	Embalses	6686,7
RFPR Punchiná	Acuerdo Corporativo 264 de 2011 y Acuerdo 320 de 2015	Embalses	142,2

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de https://www. Cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Figura 476. Áreas protegidas y ecosistemas estratégicos Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y https://www. Cornare.gov.co/planes-de-manejo/

✓ *Áreas Protegidas del Samaná Sur*

La cuenca del Samaná Sur cuenta con territorios en un área de "Reservas Forestales Protectoras Regionales" (RFPR) Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa, un "Distrito Regional de Manejo Integrado" (DRMI) Laguna de San Diego y una fracción de la zona del páramo de Sonsón, que se sobrepone La Reserva Forestal Central de ley 2 de 1959, el DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras y el DRMI Páramo de Vida Maitamá – Sonsón. En la Tabla 59 se presenta el resumen de las áreas protegidas en la cuenca del río Samaná Sur de acuerdo con los actos administrativos presentados por Cornare en https://www. Cornare.gov.co/planes-de-manejo/.

Tabla 233. Áreas protegidas presentes en la cuenca del río Samaná Sur

Nombre	Acuerdo	Regional	Área (ha)
DRMI Bosques, Mármoles y Pantágoras	Acuerdo Corporativo 395 de 2019	Bosques	1989,6
DRMI Páramo de Vida Maitamá - Sonsón	Acuerdo 388 de 2019 - Acuerdo 412 de 2021	Paramo	17210,7
RFPR Cuchillas de El Tigre, El Calón y La Osa	Acuerdo Corporativo 324 de 2015	Bosques	5550,8

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de https://www. Cornare.gov.co/planes-de-manejo/

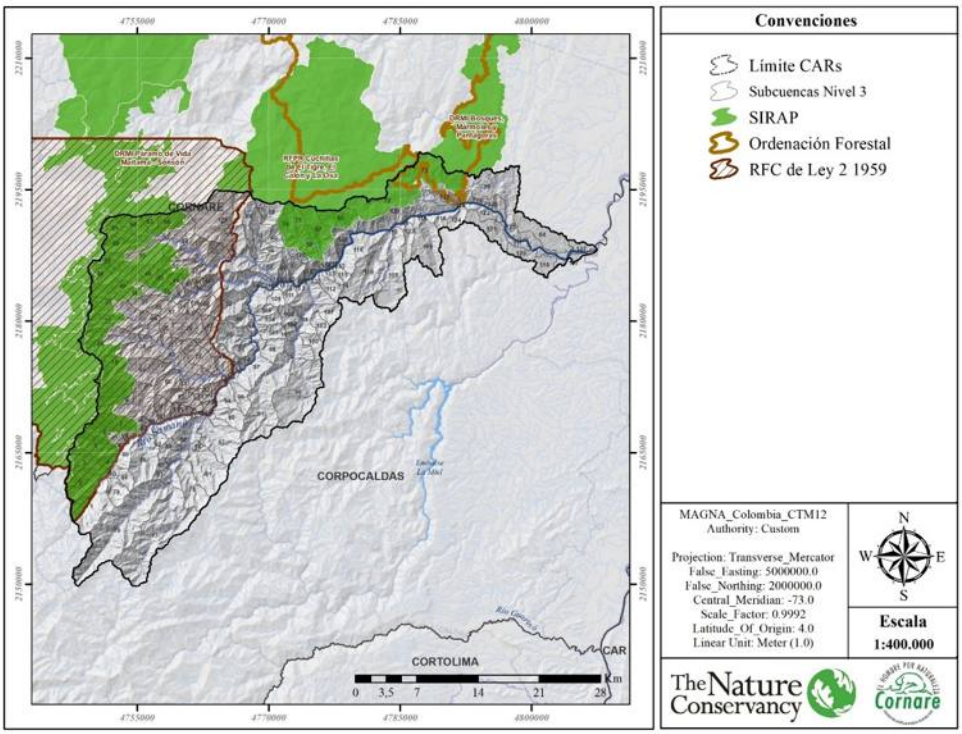
La Reserva Forestal Central que fue creada mediante la Ley 2ª de 1959 y cuya zonificación y ordenamiento fue actualizado y adoptado por la Resolución 1922 de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013); como se observa en la siguiente figura, esta reserva forestal abarca todo el flanco occidental de la cuenca,

que se encuentra delimitado con la divisoria de aguas en el Páramo de Sonsón entre los municipios de Pensilvania, Nariño, Argelia y Sonsón. Esta figura de protección se encuentra clasificada en 2 tipos de zonas, tal y como lo indica la Resolución 1922 de 2013:

- Zona tipo A. Son zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.
- Zona Tipo B. Zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Es importante resaltar que la zonificación y ordenamiento de las áreas de la Reserva Forestal Central se constituye en un elemento orientador dentro de la cuenca del Samaná Sur, para la construcción de las políticas públicas y para la planeación de los proyectos, obras o actividades, con el fin de hacer un uso adecuado del territorio, el cual deberá tenerse en cuenta al momento de realizar la formulación de los POT´s municipales y demás instrumentos de planificación del territorio.

Figura 477. Áreas protegidas y ecosistemas estratégicos Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y https://www. Cornare.gov.co/planes-de-manejo/

Otro ecosistema estratégico es el corredor Kárstico, que comprende una franja al norte de la cuenca del Samaná Sur entre los municipios de Argelia, Sonsón y San Francisco, la cual es compartida también con la cuenca del Río Claro y se caracteriza por estar constituido por un sistema geológico

de mármoles y calizas de carácter regional. Este corredor hace parte del "Área de Manejo Especial Cuenca Hidrográfica del Río Claro – Cocorná Sur", el cual se señaló como uno de los escenarios prioritarios de conservación del Sistema Regional de Áreas Protegidas del Suroriente y Magdalena Medio Antioqueño según la Ordenanza Departamental 037 de 2007, la cual creó el Sistema Departamental de Áreas Protegidas del Departamento de Antioquia.

En septiembre 26 del año 2019 Cornare expidió el Acuerdo 392, por medio del cual se declara, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Bosques, Mármoles y Pantágoras, que se dio a partir del estudio de la ruta de declaratoria construida para el corredor Kárstico entre Cornare y la Fundación Natura en el año 2018 (Cornare, 2019b).

- ✓ *Paramo de Sonsón, ecosistema ubicado en las dos cuencas*

Una de las áreas protegidas más importantes para las dos cuencas, es el páramo de Sonsón, que, aunque en extensión para las dos cuencas no es representativo, si constituye en ecosistema estratégico para la Sostenibilidad de las mismas, ya que allí tiene nacimiento algunos de los principales afluentes como son los ríos verdes de los Henaos y de Los Montes para la cuenca del Samaná norte, y para la Samaná sur los ríos Dulce, río Samaná Sur, río Venus, río San Pedro, río ríonegrito y río La Paloma.

El páramo fue adoptado finalmente como área protegida mediante el ACUERDO Nº 388 de junio 6 de 2019 de Cornare "Por medio del cual se declara, delimita y alindera, el Distrito Regional de Manejo Integrado Páramo de Vida Maitamá - Sonsón" (Cornare, 2019), es importante resaltar que para todo el sistema del Páramo de Sonsón, la presencia de especies compartidas con otros complejos, indica la importancia de estos ecosistemas estratégicos como corredores biológicos permitiendo que los procesos ecológicos y la continuidad biogeográfica puedan mantenerse a lo largo de las zonas altas del páramo, cobrando gran relevancia la conectividad y la protección de especies de flora como la Palma de Cera, el Roble, el Magnolio, el Caunce y el Frailejón, además de la importante oferta de servicios ecosistémicos que le aportan a la cuenca alta del Samaná Norte.

24.3.4.4 Determinantes y referentes ambientales

Los determinantes comprenden todas aquellas normas, directrices, políticas, regulaciones o disposiciones de carácter ambiental expedidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, en sus propios ámbitos de competencia y que estén referidas directamente con las materias establecidas en el numeral 1 del artículo 10 de la Ley 388 de 1997.

En tanto se trata del ordenamiento espacial del territorio, las directrices y políticas que constituyen determinantes deberán tener una expresión cartográfica a las escalas adecuadas para incorporarse en los POT y garantizar su eficacia. Son de obligatorio cumplimiento y como tal, no son objeto de concertación, estas son:

- Áreas de conservación y protección del medio ambiente y los recursos naturales.
- Ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCAS).
- Gestión del riesgo.
- Ordenamiento espacial del territorio.

La siguiente figura muestra tanto las determinantes ambientales que deben ser tenidas en cuenta en los procesos de formulación y actualización de los planes de ordenamiento territorial, así como aquellos asuntos ambientales que si bien no tienen incidencia directa en la clasificación del suelo y su regulación, si son objeto de análisis con las autoridades ambientales, ya que constituyen aquellos criterios, orientaciones o recomendaciones de carácter ambiental y debidamente soportadas en estudios técnicos que sirven de sustento para la viabilidad del modelo de ocupación territorial que proponga el municipio y que contribuyen a la sostenibilidad del territorio.

Figura 478. Determinantes ambientales de los procesos de formulación y actualización de los planes de ordenamiento territorial



Fuente: Referentes Ambientales Cornare

Los determinantes y asuntos ambientales deberán tenerse en cuenta para la revisión y ajuste de los POT y así mismo para la aplicación de sus normas en materia ambiental. Tanto en el otorgamiento como en el control y seguimiento de las licencias urbanísticas, el municipio deberá tener en cuenta los lineamientos ambientales expresados en los determinantes y asuntos ambientales expedidos por Cornare.

Se deberá tener particular atención en la aplicación del Acuerdo de Cornare 251 de 2011, en lo relacionado con la determinación de retiros a fuentes hídricas y del Acuerdo 265 de 2011, que establece lineamientos ambientales para la protección del recurso suelo en relación con los movimientos de tierra y finalmente el Acuerdo de Cornare 415 de 2021, en cual se establecen lineamientos para la revisión de zonificación y los usos al interior de las áreas protegidas declaradas por Cornare. Dentro de estas se destacan la zonificación y regulación general de usos de los instrumentos de planificación y ordenamiento ambiental territorial ya mencionados en la sección

anterior, que deberán ser tenidos en cuenta por los municipios en la clasificación de los suelos y regulación general de usos del POT.

En cuanto a los referentes ambientales, Cornare los define como una herramienta para el ejercicio de planeación estratégica en la cual se presentan los elementos de la línea base ambiental de los municipios en su jurisdicción de Cornare en donde se identifican potencialidades ambientales, los déficits y los conflictos que se presentan en el territorio con el fin de generar soluciones compartidas, asimismo, tienen como objeto alinear estrategias entre los diferentes niveles de gobierno, es decir, articular líneas estratégicas, programas y proyectos que se establecen a nivel nacional, regional y local; mediante el fortalecimiento de sinergias entre los diferentes actores del municipio.

Con base en las determinantes ambientales y referentes definidos por Cornare, los municipios deben pasar a realizar el proceso de planificación del desarrollo y de ordenamiento territorial, incorporando los aspectos ambientales que condicionan el desarrollo sectorial y la definición de los clasificación y usos del suelo.

24.3.4.5 Planes de Desarrollo

Los Planes de Desarrollo a nivel municipal son un instrumento de planeación que tiene la capacidad de asignar recursos para la ejecución y el desarrollo de los proyectos priorizados y relacionados con el objetivo de desarrollo territorial durante la vigencia de un periodo de gobierno. Los Planes de Desarrollo son en materia de desarrollo económico, social y de la gestión ambiental, en el marco de las competencias, recursos y responsabilidades, por lo que se articula con los Planes de Ordenamiento Territorial y los Determinantes Ambientales, debido a que es se desarrolla a nivel territorial.

Éstos proveen las bases y los lineamientos estratégicos para la formulación de las políticas públicas y asimismo trazan los objetivos del gobierno local permitiendo la subsecuente evaluación de su gestión. De esta forma, se realiza la revisión de los Planes de Desarrollo de los municipios de San Luis, San Francisco, Sonsón, El Santuario, San Carlos, Puerto Nare, Granada, Cocorná y El Carmen de Viboral en jurisdicción de la Cuenca del río Samaná Norte y de Argelia y Nariño de la cuenca del Samaná Sur.

En la revisión del diagnóstico, se puede concluir que los Planes de Desarrollo están armonizados con los referentes ambientales suministrados por Cornare, es decir que estos incluyen previsiones ambientales que contribuyen a que la planificación del desarrollo contribuya en la sostenibilidad ambiental sectorial y territorial del municipio. Por ejemplo, con la priorización de acciones y medidas relacionadas con el mejoramiento en la prestación de servicios públicos, control de la contaminación, lineamientos técnicos para el desarrollo sostenible de las actividades agropecuarias, entre otros aspectos.

Vale la pena mencionar que los planes de desarrollo revisados son de actual periodo de los alcaldes que va desde el 2019-2022 por lo que las previsiones derivadas de los estudios que actualmente se adelantan para estas dos cuentan deberán incorporarse en los referentes ambientales para que sean tenidas en cuenta en los futuros planes de desarrollo del periodo 2023-2026. En este sentido es un instrumento con potencial de aplicabilidad en la cuenca, dada la periodicidad de su formulación e implementación.

24.3.4.6 Instrumentos de Ordenamiento Territorial

Los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) municipal y distrital so un instrumento técnico y normativo que comprende un conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas, destinadas a orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo, emprendidas por los municipios y distritos, en ejercicio de la función pública que les compete, dentro de los límites fijados por la Constitución y las leyes. El POT es fundamental para los municipios y distritos, en la medida que bajo un enfoque territorial determina la planificación económica, social, ambiental e institucional prevista en el Plan de Desarrollo, racionalizando las intervenciones sobre el territorio y orientando su desarrollo y aprovechamiento sostenible.

Durante la revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT) y Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) de acuerdo a cada caso en los municipios en relación con la Sostenibilidad al realizar una búsqueda se encontró que aunque los municipios de San Luis y Puerto Nare cuentan con EOT no hay documentos disponibles para observar y analizar información, asimismo se evidencia la desactualización de los POT de los municipios de Sonsón, El Santuario, San Carlos, Granada y Cocorná que tiene fecha de los años 2000 a 2002 en donde no hay información sobre el estado de las dimensiones ambiental, económica y sociocultural y las actividades principales o prospectivas para el desarrollo del municipio y asimismo no se relaciona la articulación con los determinantes ambientales, los referentes ambientales, los planes de desarrollo y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En cuanto a los municipios de San Francisco y El Carmen de Viboral cuentan con POT más actualizados del 2018 y 2019 respectivamente, en donde se evidencia las estrategias y ordenamiento del territorio articulado con los ODS y los referentes ambientales.

La importancia de la planificación y ordenamiento del territorio con la Sostenibilidad está estrechamente relacionada con la capacidad de carga del territorio, el cual puede entenderse como el desarrollo acorde con los rasgos ambientales del medio donde se plantean cambios en el uso del suelo. Esos rasgos ambientales incluyen cuestiones del medio físico, pero también aspectos socioeconómicos y culturales (Elorrieta, 2019).

- ✓ *Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Francisco*

Adoptado mediante el Acuerdo Municipal 016 de 2000, define como suelo de protección aquel que se localice en cualquiera de los tipos o clasificaciones de uso del suelo (urbano, rural y de expansión urbana), que, por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales tienen restringida la posibilidad de urbanizarse. Al interior del suelo rural se definen como zonas de protección, el cañón del rio claro, la reserva natural municipal del rio Chumurro- Samaná Norte, como se indica en el mapa de suelos de la protección del EOT. Dentro de las áreas de especial importancia Ecosistemas como Las Cuchillas El Tigre, El Calón y la Osa. y Los Cañones del Samaná Norte, Calderas, Chamorro y Río Claro.

Estas zonas cuentan dentro del EOT en el componente del suelo rural con una zonificación y la definición de usos del suelo, que deberá entrarse a revisar una vez se definan las áreas críticas o de especial relevancia para los objetivos del estudio a fin de determinar la aplicabilidad y efectividad de dichas restricciones.

✓ *Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Sonsón*

Adoptado mediante el Acuerdo Municipal 030 de 2001, define en el artículo 11 el modelo de ocupación territorial, basado en la sostenibilidad ambiental en la que la zona rural busca cumplir la función ecológica y la producción agrícola sostenible.

En el Articulo 13 se establecen los sistemas consecutivos naturales resaltando (a) el sistema hídrico, (b) el sistema orográfico, (c) los ecosistemas estratégicos. Dentro del sistema hídrico el municipio propone estrategias de conservación, rehabilitación y de prevención. En las de conservación incluye la compra de predios en zonas de retiro; en la rehabilitación propone la recuperación hidrobiológica de las corrientes hídricas y el desarrollo de actividades de control y vigilancia, y dentro de la prevención, propone la reubicación de viviendas y la señalización de las zonas de retiro.

El artículo 69 del POT establece como parte del suelo de protección, las áreas de aptitud forestal, áreas de protección nacimientos de agua, zonas de retiro a corrientes naturales de agua, zonas de alto riesgo no recuperable, áreas ecológicas y otras áreas de importancia ambiental y paisajística, así como las áreas de reserva para la ubicación de los servicios públicos.

Sin embargo, así como con el anterior, el instrumento se encuentra desactualizado y sin información sobre el estado de las dimensiones ambiental, económica y sociocultural y las actividades principales o prospectivas para el desarrollo del municipio.

✓ *Plan básico de ordenamiento territorial del municipio del Santuario*

Adoptado por el Acuerdo 02 de 2000, establece elementos estructurales del ordenamiento territorial de orden biofísico, donde el sistema ambiental es conformado por los ecosistemas estratégicos, las áreas de conservación, aptitud forestal y regulación; red hídrica de las cuencas y microcuencas.

La zonificación, como instrumento del Ordenamiento Territorial, es el ejercicio mediante el cual se delimiten un conjunto de áreas específicas que comparten características, propiedades, potencialidades y restricciones homogéneas y en las cuales se agrupan los usos más adecuados desde la dimensión ambiental, económica, social y espacial. Este ejercicio diseña, agrupa y adopta la clasificación y definición de los usos del suelo de acuerdo con el aprovechamiento de las ventajas comparativas de la oferta natural, de la tradición cultural y de la potencialización de los mayores niveles de competitividad económica. Para el municipio y la subregión, luego del proceso de análisis y concertación, se definen tres tipos básicos de zonificación así:

- Zona de Competitividad Ambiental.
- Zona de Competitividad Económica.
- Zona de Competitividad Espacial.

Zonificación Ambiental: las Áreas de Competitividad Ambiental (ACAs), son:

- ACA de Ecosistemas Estratégicos (ACA-EE): que se subdivide internamente en Zonas de protección (Zp) y Zonas de aptitud forestal (Zaf).
- ACA de Áreas de Atención para la Regulación Hídrica (ACA-RH).

- ACA de Atención por Alta Densidad de Actividades Humanas (ACA-AD).

Como zonificación adicional del territorio, se precisan i) Zonas de protección en retiros de la red hídrica de ríos y quebradas; ii) Exposición a riesgos y amenazas de desastre, tema en el cual se presenta una zonificación preliminar basada en la susceptibilidad a la erosión y la distribución espacial de construcciones en el Oriente Antioqueño.

✓ *Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de San Carlos*

No se encuentra disponible el plan del municipio de San Carlos, solo información de una consultoría de 1999, que se considera no adecuada para el análisis, por tanto, no hay información del estado del ordenamiento actual en el municipio en donde se establece los usos y distribución del suelo, así como de las estrategias del Plan.

✓ *Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Granada*

El Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) se acogió mediante Acuerdo Municipal N°60 del 2000, este se encuentra en revisión ordinaria según lo dispuesto en la ley 388 de1997. Se considera no adecuada para el análisis, por tanto, no hay información del estado del ordenamiento actual en el municipio en donde se establece los usos y distribución del suelo, así como de las estrategias del Plan.

✓ *Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Cocorná*

El Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) se acogió mediante Acuerdo Municipal N° 011 de 26 de mayo 2002, cuyo ajuste a largo plazo, se encuentra concertado con la Autoridad Ambiental y en el momento en proceso de proyecto de Acuerdo por el Concejo Municipal. Para tener un mayor conocimiento sobre el crecimiento urbanístico del municipio, en los compromisos de la revisión a largo plazo del EOT, se estableció la entrega periódica de los reportes de las licencias de construcción otorgadas de conformidad con el acuerdo 265 de 2011. Se incluye dentro de este Plan:

- -La protección ambiental del Sistema El Viaho-La Guayabal.
- -Protección ambiental del Sistema Alto de la Virgen-Cuchilla La Palmira: Situado al occidente del Municipio sobre las cuencas de los ríos Cocorná y Santo Domingo, Cañón de Samaná Norte.
- Objetivo 1: Gestionar Macroproyectos Ambientalmente Sostenibles para el Desarrollo Territorial Municipal.
- -Objetivo 15: Consolidar el sistema de áreas protegidas para el municipio determinadas por Cornare.
- -Objetivo 16: Reglamentación de las rondas hídricas.
- -Objetivo 17: Desarrollar el Plan de Cambio Climático Local.

✓ *Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Carmen de Viboral*

Con el acuerdo 12 de 2017 se adopta para el municipio de El Carmen de Viboral el presente acuerdo que aprueba la revisión y ajuste ordinario de largo plazo del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, contenido en el Acuerdo Municipal 074 de 2007. Define que la estructura ecológica principal es el

eje natural estructural del ordenamiento territorial municipal y la base ambiental que soporta el territorio; contiene los principales elementos naturales y construidos que dan sustento a los procesos ecológicos principales y determinan la oferta ambiental del territorio, a partir de la cual se articulan los sistemas urbanos y rurales; siendo las áreas protegidas del SINAP, zonas de protección ambiental establecidas en el Acuerdo 250 de 2011 y zonas de interés ambiental.

Se establece la articulación de la estructura ecológica principal al modelo de desarrollo del municipio, a las áreas de protección establecidas por Cornare y las áreas de acuerdo con los POMCA.

- ✓ *Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Granada*

El Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) se acogió mediante Acuerdo Municipal N°60 del 2000, este se encuentra en revisión ordinaria según lo dispuesto en la ley 388 de1997. no hay información del estado del ordenamiento actual en el municipio en donde se establece los usos y distribución del suelo, así como de las estrategias del Plan.

- ✓ *Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Nariño*

El Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) se adoptó mediante Acuerdo Municipal 010 del 19 de mayo de 2002. El municipio se encuentra en formulación de la revisión ordinaria del largo plazo, con el apoyo del Convenio CM 172-2018 firmado entre Cornare y la Gobernación de Antioquia. En él se hace descripción de bosques y de dos cuencas hidrográficas en el municipio las cuales le sirven de límite municipal: el río Samaná Sur (112 cuerpos de agua de orden 1) y el río Negrito (47 fuentes de agua de primer orden)

24.4 Otras políticas pertinentes a la gestión de ríos

Los ecosistemas de agua dulce dependen de la cantidad, el momento y la calidad del agua que fluye a través de ellos. Muchos cambios en el régimen natural de los caudales pueden comprometer la supervivencia de las especies adaptadas al régimen histórico (Laizé et al., 2014). Muchas especies terrestres y aves de humedales realizan migraciones extensas en respuesta a los cambios estacionales en la disponibilidad de agua, hábitat y alimento en los ríos y humedales. La alteración del régimen del caudal en los ecosistemas de agua dulce también puede promover la invasión de especies introducidas y exóticas que pueden tolerar las modificaciones en las condiciones del caudal (Bunn & Arthington, 2002).

Este recuento normativo y de políticas públicas, permite identificar los instrumentos vigentes que pueden aplicarse en la gestión de los recursos acuáticos, así como también establece un marco de acción para que las autoridades ambientales responsables de su aplicación, los armonicen e integren en el proceso de implementación en el territorio para así lograr la adecuada gestión de los recursos acuáticos.

24.4.1 Hidrología

Entre los instrumentos existentes para garantizar la renovabilidad del recurso hídrico, se encuentra la “Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico-PGIRH 2010”, que tiene como objetivo general, garantizar su sostenibilidad mediante una gestión y uso eficiente y conforme al ordenamiento del territorio, para la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica,

considerando el agua como factor de desarrollo económico y bienestar social, implementando procesos de participación equitativa e incluyente.

La PGIRH, fundamenta sus acciones en el conocimiento y administración de la oferta, la demanda, la calidad, el manejo de los riesgos sobre la oferta, el fortalecimiento institucional y la gobernabilidad. Las acciones por desarrollar deberán priorizarse en planes de acción teniendo en cuenta la severidad e importancia regional de los problemas y conflictos del agua. Para una ordenación coherente de las cuencas hidrográficas, se estructuró un modelo espacial con distintas escalas.

La política se desarrolló a través del Decreto 1640 de 2012, mediante el cual se reglamentaron los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos, definiéndose el procedimiento para su formulación y adopción de acuerdo con la clasificación adoptada, entre otros aspectos relevantes en relación con el PNCRA.

De otra parte, la Ley 99 de 1993, desarrolla los instrumentos económicos asociados a la gestión del recurso hídrico, entre ellos, las tasas por uso del agua, las tasas retributivas por contaminación, la inversión forzosa para proyectos sujetos a la obtención de licencia ambiental y que utilicen el recurso hídrico, las transferencias a las autoridades ambientales y a los municipios en cuya jurisdicción se desarrollen proyectos de generación de energía hidroeléctrica y termoeléctrica, así como inversiones por parte de los municipios en la adquisición de predios de importancia para el aseguramiento de la oferta hídrica en acueductos municipales.

Todos estos instrumentos son de utilidad para la conservación de los recursos acuáticos en la medida en que los recursos generados pueden invertirse en acciones que mejoren los sistemas hidrológicos desde el punto de vista de la regulación y la conservación de caudales ambientales.

Finalmente, el Artículo 83 del CNRNR, establece que, salvo derechos adquiridos por particulares, son bienes del Estado, entre otros, el lecho de los ríos, así como una franja paralela a la línea de mareas máximas, o la del lado y lado del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho. Esta faja paralela conocida como ronda hídrica y el área de protección o conservación aferente deberán se acotadas por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y los Establecimientos Públicos, con base en los criterios definidos por el Gobierno Nacional.

Como instrumentos para tal fin se identifican los instrumentos de regulación como las concesiones, permisos o autorizaciones ambientales necesarios para el uso, aprovechamiento de los recursos naturales renovables y demás regulaciones para el uso del agua, y otros específicos consagrados en el CNRNR en su TITULO V, para garantizar o restaurar el flujo de los cuerpos de agua:

- **La reglamentación del uso de Corrientes** que tiene por finalidad realizar una mejor distribución de las aguas de cada corriente o derivación, de acuerdo con lo previsto en los artículos 156 y 157 del Decreto - Ley 2811 de 1974. La reglamentación del uso de las aguas, es la aplicación de un conjunto de acciones de orden técnico y jurídico, dentro del marco legal vigente, destinadas a obtener una mejor distribución de las aguas de una corriente o derivación teniendo en cuenta las condiciones actuales y futuras de su uso y las características biofísicas, sociales y económicas de su zona de influencia; el objetivo final es

evitar conflictos entre usuarios por el acceso al recurso y disminuir la presión sobre el mismo, mientras se da un uso eficiente y equitativo estableciendo prioridades de consumo.

Toda reglamentación de aguas que afecta los aprovechamientos existentes es de aplicación inmediata e implica concesiones para los beneficiarios quienes quedan obligados a cumplir las condiciones impuestas en ellas y sujetos a las causales de caducidad de que trata el Decreto-Ley 2811 de 1974.
Si como resultado de los estudios de reglamentación, el balance es positivo, se puede plantear un proyecto de distribución, si es negativo, es decir, si las fuentes disponibles no suplen la demanda se deben buscar alternativas de abastecimiento e inclusive, pensar en la opción de la declaratoria de agotamiento del recurso.

La guía PORH 2014 y el Decreto 3930 de 2010 establecen que "En todo caso, el plan de ordenamiento del recurso hídrico deberá definir la conveniencia de adelantar la reglamentación del uso de las aguas, de conformidad con lo establecido en el artículo 108 del Decreto 1541 de 1978 y la reglamentación de vertimientos según lo dispuesto en el presente decreto o de administrar el cuerpo de agua a través de concesiones de agua y permisos de vertimiento. Así mismo, dará lugar al ajuste de la reglamentación del uso de las aguas, de la reglamentación de vertimientos, de las concesiones, de los permisos de vertimiento, de los planes de cumplimiento y de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos y de las metas de reducción, según el caso".

En este sentido, a efectos de determinar la aplicabilidad de este instrumento se deberá revisar el PORH del río Samaná norte y del río Samaná sur, así como el diagnóstico relaborado para determinar si el problema que se pretende resolver se soluciona con una adecuada distribución de caudales entre los distintos usuarios. También se deberá analizar el alcance de esta reglamentación y la posibilidad de articularlo con otros instrumentos en el marco de la propuesta de administración de los RNR.

- **La declaración de reservas** que tiene los siguientes fines:
    - Organizar o facilitar la prestación de un servicio público.
    - Adelantar programas de restauración, conservación o preservación de la calidad de las aguas, de su caudal o de sus cauces, lechos o playas, o del ambiente de que forman parte.
    - Adelantar estudios o proyectos que puedan conducir al uso de las aguas, cauces o lechos por parte del Estado.
    - Mantener una disponibilidad de aguas públicas acorde con las necesidades del país.
    - Desarrollar programas de acuicultura, proteger criaderos de peces y mantener el medio ecológico de la fauna o flora acuática dignas de protección.
    - Para el establecimiento de zonas de manejo especial en desarrollo de los artículos 137, 138, 308 y 309 del Decreto - Ley 2811 de 1974.
- **La declaración de agotamiento**, que puede ocurrir cuando los permisos o concesiones de uso excedan el caudal disponible, computadas las obras de almacenamiento. En casos de producirse escasez crítica por sequías, contaminación, catástrofes naturales o perjuicios producidos por el hombre, que limiten los caudales útiles disponibles, se podrán restringir los usos o consumos, temporalmente.

24.4.2 Conectividad y procesos ecológicos

Respecto a la problemática asociada a la transformación, degradación y perdida de la biodiversidad, uno de cuyos efectos es la alteración de la conectividad ecosistémica y de la funcionalidad ecológica de los mismos, la PNGIBSE (2012), hace referencia a la necesidad de adelantar acciones de conservación *in situ* y *ex situ*, tanto en áreas silvestres (protegidas o no) y paisajes transformados continentales, marinos, costeros e insulares, de manera que se mantengan poblaciones viables de flora y fauna, la resiliencia de los sistemas socio ecológicos y se sustente el suministro de servicios ecosistémicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza. Para estos fines existe un marco regulatorio que facilita u orienta el desarrollo de este tipo de actividades.

- ✓ *Áreas protegidas y otras estrategias de conservación*

La Ley 165 de 1994 por medio de la cual se ratifica en Colombia, la Convención de Diversidad Biológica, establece que las áreas protegidas, son: "un área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación".

Las áreas protegidas, en el ordenamiento jurídico colombiano, son instrumentos para la conservación *in situ*, que hacen efectiva la responsabilidad compartida frente a la protección de los recursos naturales del país; garantizan la función ecológica de la propiedad y son instrumento de ordenamiento ambiental del territorio.

De manera específica el Decreto 2372 de 2010, creó en Colombia el Sistema Nacional de Áreas Protegidas –SINAP, como el conjunto de áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, y que contribuyen como un todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país.

En cuanto a las categorías, existen unas de carácter público como: (i) las del Sistema de Parques Nacionales Naturales, (ii) las Reservas Forestales Protectoras, (iii) los Parques Naturales Regionales, (iv) los Distritos de Manejo Integrado, (v) los Distritos de Conservación de Suelos y las Áreas de Recreación; y de carácter privado, como las Reservas Naturales de la Sociedad Civil.

Todas estas categorías se constituyen en determinantes ambientales de mayor jerarquía para el ordenamiento de los usos del suelo, por lo que deben ser incorporadas en los distintos instrumentos de planeación departamental y municipal, para lo cual, las áreas son registradas en un Registro Único Nacional de Áreas Protegidas- RUNAP administrado por Parques Nacionales Naturales.

Respecto a las demás estrategias e instrumentos de conservación, el CONPES 3680 de 2010, estableció los lineamientos para la consolidación del SINAP, mencionando la necesidad de generar acciones complementarias de ordenamiento territorial que aporten a la conectividad del SINAP, que deben ser desarrolladas por las autoridades ambientales regionales, entre las que se cuentan: ***corredores biológicos, sistemas productivos sostenibles, estructuración de paisajes rurales, sitios Ramsar, AICAS, reservas de la Biosfera o sitios de Patrimonio de la Humanidad.***

En ese sentido, frente al tema hídrico se han establecido como estrategias complementarias los planes de ordenamiento y manejo, como los ***POMCAS y su zonificación,*** pero también otros planes ordenamiento y manejo de los diferentes ecosistemas, como, por ejemplo, los derivados de la **zonificación de los ecosistemas de manglar**, efectuada por las autoridades ambientales, en cumplimiento de las Resoluciones 1602 de 1995, 20 de 1996, 233 del 1999 y 0694 del año 2000.

Así mismo, en cumplimiento de Resolución 157 de 2004, por medio de la cual se reglamentó el ***uso sostenible, conservación, manejo de los hum***edales, se desarrollaron aspectos referidos a la aplicación de la Convención Ramsar, adoptada por la Ley 357 de 1997 y una guía técnica para la formulación de los planes de manejo ambiental para los humedales -Resolución 196 de 2006, todo en desarrollo de la Política Nacional para los Humedales Interiores de Colombia, adoptada en el año 2001, y cuyo objetivo es propender por la conservación y el uso racional de estos ecosistemas, para así mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo del país.

En consecuencia, la adecuada implementación de este marco regulatorio específico para los manglares y humedales permite a las autoridades ambientales en las regiones, priorizar sus intervenciones ambientales en relación con la conservación, restauración y/o rehabilitación de estos sistemas naturales y sus recursos asociados (entre ellos los acuáticos), estableciendo con base en los diagnósticos, las necesidades de inversión asociadas a las actividades a desarrollar.

Todas las actividades de caracterización, diagnóstico y zonificación de los ecosistemas, pueden conducir al **establecimiento de las determinantes ambientales para el ordenamiento de los usos del suelo en el ámbito municipal y distrital según lo establece la Ley 388 de 1997 y sus regulaciones posteriores** y, de esta manera las actividades necesarias para la conservación y restauración de la estructura ecológica principal de los municipios deben quedar reflejadas en los instrumentos de ordenamiento del territorio correspondientes al ente territorial.

Esta articulación de instrumentos debería redundar en beneficios tangibles para la conservación de los recursos acuáticos, en la medida en que se mejoren la estructura, composición y funcionalidad de los ecosistemas dulceacuícolas y costeros a través de acciones tendientes a conservar y/o reestablecer la conectividad entre ellos y los flujos ecológicos en los sistemas acuáticos.

De otro lado, la "Política Nacional Ambiental para el para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costera e Insulares de Colombia", fue instrumentalizada con el Decreto 1120 de 2013 mediante el cual se reglamentan ***las Unidades Ambientales Costeras -UAC, definiendo su Plan de Manejo Integrado, como instrumento de planificación para su ordenación y manejo ambiental.*** El plan es al mismo tiempo una herramienta para la administración del territorio, que, una vez adoptado por el Consejo Directivo de cada una de las Autoridades Ambientales, se constituye en norma de superior jerarquía y determinante ambiental para la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial de los municipios costeros, según el artículo 10 de la Ley 388 de 1997. De la misma forma que en los ambientes continentales, la planificación costera y marina es una herramienta importante para mejorar y/o mantener la conectividad de los ecosistemas en estos ambientes.

- ✓ *Determinantes ambientales y ordenamiento territorial*

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, la Ley 388 de 1997, estableció instrumentos y lineamientos en torno al tema del ordenamiento territorial, que para los fines de este plan resultan particularmente importantes, en la medida en que su adecuada implementación permite conservar o restaurar la conectividad entre los ecosistemas dulceacuícolas y mantener, en consecuencia, los procesos ecológicos.

En el proceso de definición de los usos del suelo, se requiere dar cumplimiento con ciertos determinantes, de manera que, en su elaboración y adopción, los municipios y distritos deberán tener en cuenta los determinantes ambientales, que constituyen normas de superior jerarquía, de acuerdo con la Constitución y las leyes.

Estos determinantes se encuentran los relacionados con: (i) las políticas, directrices y regulaciones sobre amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales, y (ii) aquellas relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales, la prevención de amenazas y riesgos naturales.

En ese contexto regulatorio, **las áreas protegidas y los planes de ordenación y manejo de ecosistemas estratégicos se constituyen en determinante ambiental** y norma de superior jerarquía en el proceso de formulación, revisión y adopción de los instrumentos de ordenamiento territorial.

- ✓ *Compensaciones por pérdida de biodiversidad*

Las compensaciones por pérdida de biodiversidad son una herramienta orientada a la planificación y gestión de los impactos en la biodiversidad, generados en el marco de proyectos de desarrollo. Parten del concepto de la jerarquía de la mitigación: una serie de pasos a implementar con el objetivo de que los proyectos se diseñen y desarrollen de modo que los impactos negativos sobre la biodiversidad sean los menores posibles. Esto, a partir del desarrollo de acciones concretas para evitar y minimizar impactos, de la corrección de aquellos causados y, en última instancia, de la compensación de los impactos residuales.

La ley 99 de 1993, desarrolló aspectos del licenciamiento ambiental y estableció de manera general varias de las obligaciones de manejo y compensación ambiental, con el fin de corregir los efectos negativos de las obras y proyectos licenciados sobre la biodiversidad. A partir de estos primeros desarrollos se han venido generando avances normativos sobre el proceso de licenciamiento, la expedición de permisos y las compensaciones; estos se compilaron en el Decreto Único 1076 de 2015. Además, se crearon normas técnicas específicas sobre el tema de compensaciones por pérdida de biodiversidad: el Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad (2012) y su actualización y ampliación, el Manual de compensaciones del medio biótico (2018). Estas normas entienden la compensación como “las acciones dirigidas a resarcir y retribuir a los pueblos, las regiones, localidades y al entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por un proyecto, obra o actividad, que no puedan ser evitados, corregidos o mitigados” (Decreto076, 2015, Art. 2.2.2.3.1.1). El objetivo final de las compensaciones es que las especies y ecosistemas naturales impactados por los proyectos se mantengan en el tiempo y, eventualmente, mejoren su condición. Esto se logra cuando las pérdidas de biodiversidad generadas en un sitio se recuperan en otro, ecológicamente equivalente al impactado. Esta condición se conoce como no pérdida neta de biodiversidad.

El uso adecuado de las compensaciones en el contexto indicado permitirá tanto la conservación de los recursos acuáticos como la restauración de los ecosistemas y hábitats que forman parte de sus ciclos bioecológicos, incidiendo en el mantenimiento de la conectividad tanto hidrológica como hidráulica y de los procesos ecológicos que garantizan la funcionalidad de estos sistemas naturales.

Este acercamiento a las compensaciones se deriva del concepto de jerarquía de la mitigación, que estipula una serie de pasos previos a la compensación: prevenir, minimizar y reparar. Con esto se apunta a que compensar sea el último recurso frente a los impactos negativos a los ecosistemas naturales, y que solo aplique a los impactos residuales (aquellos que persisten luego de aplicar los otros pasos de la jerarquía). Así, se evita que las compensaciones sean vistas como una "carta blanca" para generar cualquier tipo de impacto ambiental.

Contamos en Colombia con compensaciones derivadas de aprovechamientos forestales únicos, persistentes y domésticos y también con compensaciones derivadas de licencias ambientales.

- ✓ *Calidad del agua*

Según el Decreto Ley 2811 de 1974, le corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para los demás usos. Así mismo, regular entre otros aspectos, la clasificación de las aguas, señalar las que deben ser objeto de protección y control especial, fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento, estableciendo la calidad de las mismas y ejerciendo control sobre los vertimientos a aguas superficiales o subterráneas, interiores o marinas, a fin de que estas no se conviertan en focos de contaminación que pongan en riesgo los ciclos biológicos, el normal desarrollo de las especies y la capacidad oxigenante y reguladora de los cuerpos de agua.

En este contexto, el Decreto 3930 de 2010, modificado por el 4728 de 2010, estableció las disposiciones relacionadas con **los usos, el ordenamiento y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillado**s. En este sentido se estableció que las autoridades ambientales competentes deberán realizar el **Ordenamiento del Recurso Hídrico** con el fin de clasificar las aguas superficiales, subterráneas y marinas, fijar en forma genérica su destinación a los diferentes usos de que trata el artículo 9° del Decreto y sus posibilidades de aprovechamiento. El objetivo de Calidad según la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), consiste en mejorar la calidad y minimizar la contaminación de los cuerpos de agua a través del **ordenamiento y reglamentación de usos del recurso y el monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad de este**.

En relación con los parámetros y límites máximos permisibles, el MADS expidió en marzo de 2015 la Resolución 631, reglamentaria del Decreto 3930 de 2010, en donde se definen las normas de vertimiento a cuerpos de agua superficiales y al alcantarillado público.

De otra parte, mediante la resolución 1433 de 2004 del MADS, se reglamentó el **Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos -PSMV**, como el conjunto de programas, proyectos y actividades tendientes a mejorar las condiciones de recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales, en un horizonte mínimo de 10 años, a cargo de las Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios -EPS.

Como instrumentos para tal fin se identifican los in**strumentos de regulación como las concesiones, permisos o autorizaciones ambientales** necesarios para el uso, aprovechamiento de los recursos naturales renovables y demás regulaciones para el control de la contaminación y **los instrumentos económicos, como las tasas retributivas por vertimientos puntuales,** creadas en el artículo 42 de la Ley 99 de 1993 y reglamentadas por el Decreto 2667 de 2012 aplicadas para generar una

estrategia eficiente de mínimo costo con el objeto de lograr niveles de contaminación aceptables, provocar un incentivo permanente para la disminución de la contaminación y la utilización de tecnologías no contaminantes. Esta reglamentación se expidió en desarrollo del artículo 211 de la Ley 1450 de 2011, que estableció que la tasa se cobraría incluso por la contaminación causada por encima de los límites permisibles, sin perjuicio de la imposición de las medidas sancionatorias correspondientes.

Según las normas, los recursos provenientes del recaudo de las tasas retributivas se destinarán a proyectos de inversión en descontaminación y monitoreo de la calidad del recurso respectivo. Para cubrir los gastos de implementación y monitoreo, la autoridad ambiental competente podrá utilizar hasta el 10% de los recursos recaudados.

- ✓ *Biodiversidad*

El marco legislativo y regulatorio en materia de biodiversidad está definido en el Código de los Recursos Naturales Renovables, la Ley 99 de 1993 y la Ley 165 de 1994, mediante la cual Colombia adopta el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

Esta Convención establece que cada Parte Contratante, y en esa medida el Estado colombiano, "(a) elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada; y (b) integrará, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales"; incorporando estrategias de conservación in situ y ex situ, incentivos o medidas económicas y sociales que permitan la consecución de los logros de conservación, e implementando entre otros, programas de educación, e investigación.

En este contexto, en el año 2012 se expide la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), como política de Estado con el objetivo promover la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (GIBSE), de manera que se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, a escalas nacional, regional, local y transfronteriza, considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil.

En términos de instrumentos a ser tenidos en cuenta por las autoridades ambientales a la hora de regular los recursos hidrobiológicos, existen también las **listas rojas desarrolladas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN),** que son los inventarios más completos del estado de conservación de especies de animales y plantas a nivel mundial que se encuentran bajo amenaza, contándose a nivel nacional con el listado de especies amenazadas (Resolución 0192 del 10 de febrero de 2014 del MADS).

Así mismo, para Colombia el IAvH acopia la información sobre especies introducidas, en su papel de entidad focal de la Red de Información sobre Especies Invasoras, identificándose 583 especies invasoras, de las cuales 110 tienen un impacto negativo significativo.

Igualmente, **el CNRNR se refiere a los recursos hidrobiológicos, incluyendo en ellos, la fauna y flora acuáticas, así como la pesca.** Estas disposiciones (artículos 266 al 273 del CNRNR), tienen la finalidad de asegurar la conservación, fomento y aprovechamiento racional, establecer las facultades de la administración y definir con precisión qué se entiende por recursos hidrobiológicos y qué por recursos pesqueros. El artículo 270, definió los recursos hidrobiológicos como: "el conjunto de organismos animales y vegetales cuyo ciclo de vida se cumple totalmente dentro del medio acuático, y sus productos". Respecto a su administración, el artículo 274, estableció las funciones de la administración pública, así como algunas condiciones para el ejercicio de la pesca y el régimen de prohibiciones y sanciones (artículo 275 al 285).

Los recursos hidrobiológicos fueron reglamentados posteriormente por el Decreto 1681 de 1978 y los pesqueros por la Ley 13 de 1990, regulaciones que vale la pena revisar a efectos de precisar los instrumentos existentes.

El Decreto 1681 de 1978, establece los lineamientos para la protección y fomento de los recursos hidrobiológicos y de su medio ambiente, que comprende i***) la creación de áreas de reserva para protección, propagación y cría de especies hidrobiológicas; ii) el desarrollo de la acuicultura y la regulación de la repoblación, introducción y trasplante de especies hidrobiológicas; iii) la investigación de los recursos hidrobiológicos y de su medio, desde el punto de vista ecológico, económico y social y iv) el desarrollo de nuevos y mejores métodos de producción, cultivo y procesamiento de los recursos hidrobiológicos y de su medio, con base en la investigación.***

24.5 Protección de ríos: otras iniciativas relevantes.

Según el profesor German Andrade, "*Los ríos, al igual que los humedales, han tardado en ser reconocidos en los instrumentos legales y en las estrategias de gestión ambiental. Una situación similar se presenta con los ríos, que, en su integridad ecológica, no existen como objeto jurídico cierto en la ley. Hay instrumentos legales y de gestión ambiental que tienen que ver con los ríos, tales como la planificación de las cuencas hidrográficas, instrumentos de gestión territorial o de recursos naturales. Algunos de los atributos de la IE estarían cobijados, pero ninguno de los instrumentos los abarca todos y de manera simultánea. Incluso, algunos de los instrumentos de gestión ambiental actual ampliamente aceptados, tienen el potencial de afectar la integridad de los sistemas fluviales. Cuando se reconocen en el río propiedades como un todo, inspiradas en el concepto de integridad ecológica, IE, se hace evidente un vacío normativo y de gestión ambiental, en especial en relación con los objetivos de conservación de la biodiversidad*"

En este contexto, y reconociendo análisis jurídicos de la aplicabilidad de las categorías de protección contendidas en el Decreto 2372 de 2010, para que una categoría cumpla completamente con la finalidad perseguida por las reservas fluviales, vale la pena revisar la competencia de Cornare para utilizar esta denominación de reservas fluviales para promover la conservación y mantenimiento de la integridad ecológica de los ríos Samaná norte y sur, y por otra parte, la incidencia que una categoría o denominación de esta naturaleza tendría sobre la planificación y el ordenamiento del territorio, al no estar dentro de las reconocidas legalmente por la ley 388 de 997 para incidir en el ordenamiento territorial o condicionar las regulaciones del uso del suelo municipal.

24.5.1 Reservas fluviales como instrumento de protección y manejo

De acuerdo con The Nature Consevancy (2021) los sistemas acuáticos fluviales son la expresión directa del estado de los paisajes y son un medio de vida crítico para la supervivencia de millones de personas. A pesar de cubrir menos del 1% de la superficie global, los sistemas acuáticos fluviales albergan aproximadamente el 10% de todas las especies del planeta y cerca de un tercio de todas las especies de vertebrados. Se estima que más de 1700 millones de personas dependen de los servicios ecosistémicos que proveen los sistemas fluviales, sin embargo, estos ecosistemas están entre los más amenazados del planeta en comparación con sus contrapartes terrestres y marinos. Con una tasa anual del 4% de disminución de la biodiversidad se calcula que entre 1970 y 2016 se ha reducido el 76% de las poblaciones de especies acuáticas, con una disminución marcada en las poblaciones de la región Neotropical 83%. La poca atención que han recibido los sistemas fluviales desde una perspectiva de conservación ha resultado en una profusión de las amenazas que se avizora en incremento por la presión de la demanda de una población creciente y el cambio climático.

Se menciona que, para hacer frente a estas amenazas, dentro de las Metas Aichi se propuso conservar al menos el 17% de las aguas interiores para el 2020. Lejos de alcanzar este objetivo, los acuerdos internacionales, las estrategias convencionales de conservación y las iniciativas privadas de protección terrestre no han tenido éxito en evitar la pérdida de conectividad de los sistemas fluviales y la alteración del régimen hidrológico regional.

A pesar de que muchos sistemas fluviales se encuentran dentro de áreas protegidas ya establecidas, la biodiversidad característica de estos sistemas no es objeto de suficiente asignación de prioridades específicas y estrategias de manejo diferenciadas. Varias investigaciones han identificado el potencial de extender las áreas protegidas terrestres para incorporar sistemas acuáticos fluviales. Sin embargo, los enfoques conceptuales de las figuras de conservación existentes han demostrado ser incompatibles o insuficientes con la realidad del contexto espacial y temporal del sistema fluvial. Por ello, es necesario diseñar reservas naturales fluviales como figuras de manejo para la conservación de los ecosistemas acuáticos lóticos como una medida urgente para salvaguardar el patrimonio fluvial del planeta.

Capítulo 25. Propuesta de implementación y reglamentación del Índice de sostenibilidad

Para la definición de la propuesta de implementación y reglamentación del índice de sostenibilidad integrado, se formuló una metodología de construcción participativa, la cual se desarrolló en las mesas interinstitucionales de socialización de resultados (ver numeral 25.1.1) y en talleres virtuales y presenciales realizados entre los equipos de Cornare y TNC (ver Tabla 234)

Tabla 234. Relación de mesas y reuniones realzadas

ID	fecha	Tema
1	25 de junio del 2021	Primera mesa de trabajo de construcción conjunta
2	29 de julio del 2021	Segunda mesa de trabajo de construcción conjunta
3	06 de agosto del -2021	Tercera mesa de trabajo de construcción conjunta
4	24 de agosto del 2021	Cuarta mesa de trabajo de construcción conjunta
5	07 septiembre del 2021	Quinta mesa de trabajo de construcción conjunta
6	05 de octubre del 2021	Sexta mesa de trabajo de construcción conjunta
7	09 de octubre del 2021	Séptima mesa de trabajo de construcción conjunta
8	14 de octubre del 2021	Octava mesa de trabajo de construcción conjunta

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En estos espacios de construcción conjunta, se partió de la identificación y análisis de los instrumentos existentes como base para el análisis nacional y regional, contenidos en el marco normativo y de políticas asociados a la planificación ambiental del territorio, al ordenamiento territorial y a la conservación de los recursos hídricos. Se identificaron un conjunto de 21 instrumentos con potencialidad de aplicabilidad en las cuencas de estudio, clasificados en instrumentos regulatorios o de comando y control, de planificación y ordenamiento de ecosistemas, económicos y de ordenamiento territorial, dentro de los cuales, además, se analizó la figura de reservas fluviales.

Como se evidenció en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, en las que se pudo evidenciar su estado clasificado en grado de criticidad o buen estado, bajo los distintos escenarios, tomando como base los distintos proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua actuales o futuros.

A partir de la síntesis del diagnóstico y del resultado de la aplicación del marco de referencia, se pudo establecer el índice de sostenibilidad integrado de cada una de las cuencas, que arrojó una propuesta de manejo denominada “mejor oportunidad de manejo”. Esta se entiende como la acción más recomendable para implementar en el territorio y que propenda a mantener o mejorar el índice de sostenibilidad integrado.

Dado que la Corporación cuenta con procesos de planificación y ordenamiento ambiental del territorio que han permitido el establecimiento de las determinantes ambientales, se acordó, como ejercicio conceptual, superponer el índice de sostenibilidad integrado en las cuencas de nivel 3 con la zonificación existente como producto de las determinantes ambientales del ordenamiento territorial. Esto con la finalidad de establecer la contribución de la zonificación de los instrumentos en relación con la oportunidad de manejo del índice, y definir, cuáles son las áreas que requieren

una administración especial. De este modo, se podría precisar, cuál sería el alcance que se daría al índice de sostenibilidad integrado como parte de una propuesta de administración de los recursos naturales renovables.

Luego de una amplia discusión sobre los resultados de la superposición de las respectivas zonificaciones y el índice de sostenibilidad integrado de las dos cuencas, se logró establecer, que el índice de sostenibilidad integrado refleja el estado actual de las cuencas, dado que toma como base el escenario 3, que incluye proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental y con concesión de agua.

En este sentido, establecer orientaciones en cuanto a la modificación o ajuste de los instrumentos de planificación y ordenamiento de los ecosistemas, no contribuye en el modelo de administración de los recursos naturales, dado que la zonificación presenta los escenarios prospectivos a los cuales es posible llegar en el mediano o largo plazo, como consecuencia de la implementación de un conjunto de programas y actividades. Lo importante de esto, es la propuesta de tomar el índice de sostenibilidad integrado como marco de referencia y contrastarlo con los impactos que podrían presentar nuevos proyectos, de tal manera que sea posible evaluar desde el punto de vista técnico, cómo un proyecto determinado que se localizaría en una cuenca puede contribuir a aumentar o disminuir la criticidad de las cuencas.

Esta metodología se diseñó tomando como base una serie de indicadores que reflejan el estado de la cuenca algunos de ellos asociados a los impactos que generar las PCH. El índice de sostenibilidad integral será un referente que se contrastará con los proyectos, obras o actividades que se asienten en la cuenca y que requieren licencia ambiental, se formularon otras propuestas que incluían otros proyectos que requieren permisos ambientales, pero se descartó, así que solo se exigirá en aquellos procesos que requieren licenciamiento ambiental. Este instrumento además permitirá evaluar indicadores individuales para mejorar las condiciones de sostenibilidad de la cuenca. Al mismo tiempo puede ser un referente para orientar decisiones entorno a las áreas objeto de compensación ambiental, buscando responder a la mejor oportunidad de manejo establecida en las cuencas como resultado del índice de sostenibilidad integrado.

Así las cosas, Cornare reconoce que está ante un reto de grandes dimensiones pero que cuentan con la voluntad de la alta dirección, para responder al mismo, a través de acciones de fortalecimiento de capacidades que pueden estar orientadas a la contratación de personal adicional y al desarrollo de procesos de cualificación de las capacidades técnicas de equipo de trabajo, que les permita el manejo adecuado de la metodología. Se propone en este sentido, diseñar de forma conjunta un protocolo de actuación que le permita al equipo interno de Cornare, precisar los pasos del proceso de licenciamiento ambiental que pueden ser soportados o mejorados con la información arrojada por el índice de sostenibilidad integrado, ya sea mediante solicitudes de información específica al usuario, o con la revisión y análisis de los indicadores que alimentan el índice. Esto ayudará a tomar mejores decisiones en el licenciamiento ambiental de los proyectos y orientar la forma en que se establecen las medidas de prevención, corrección, mitigación y compensación de los impactos ambientales y otras acciones para la conservación de la cuenca.

El protocolo de actuación que se propone realizar toma como base el instrumento de licenciamiento ambiental seleccionado para darle alcance al índice de sostenibilidad integrado y se integrará,

además, a los actos administrativos que se expidan como mecanismos de gestión y de administración de los recursos naturales renovables.

Finalmente, en relación con los otros instrumentos derivados de la planificación y el ordenamiento ambiental del territorio, se acordó que el índice de sostenibilidad integrado no tendría el alcance de promover su modificación o ajuste en este momento, y que solo se deberían realizar recomendaciones de cómo se tendría en cuenta el mismo, en futuros procesos de manejo ambiental de los ecosistemas presentes en zonas donde se cuente con índice de sostenibilidad integrado adoptado por la Corporación.

En síntesis, el índice de sostenibilidad integrado de las cuencas podría ser incorporado al instrumento de licenciamiento ambiental de proyectos que requieran licencia ambiental como instrumentos regulatorio de comando y control, a través del diseño de un protocolo de actuación que oriente la forma en que se requiere información dentro de los términos de referencia para los permisos de Estudios Ambientales, el Diagnóstico Ambiental de Alternativas y el Estudio de Impacto Ambiental y la forma en que se evalúa la información aportada como base para la prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales de un proyecto de PCH en el marco de la licencia ambiental.

25.1 Propuesta operativa

Como se acordó en las diferentes mesas de trabajo conjunto, se reconoce la importancia del ejercicio adelantado y la utilidad del índice de sostenibilidad integrado como herramienta para la toma de decisiones en toda la jurisdicción y el resultado del índice de sostenibilidad integrado, adoptarlo de forma específica para cada una de las cuencas Samaná Norte y Samaná Sur. Aspectos que se han consignado en las ayudas memorias de los distintos espacios de discusión realizados.

Dentro de los posibles mecanismos, que soportan la adopción e implementación de las acciones de manejo, se identificaron los ACUERDOS CORPORATIVO O ACUERDOS DEL CONSEJO DIRECTIVO DE Cornare como la herramienta jurídica vinculante y una Resolución del Director General. Figuras que se analizaron como mecanismos viables y propuestos como herramienta de administración de los recursos naturales renovables.

25.1.1 Mesas técnicas de socialización

De acuerdo con lo establecido en el convenio de asociación Cornare –TNC Número 507-2020, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare y The Nature Conservancy, a continuación, se realiza una síntesis de las mesas técnicas de socialización realizadas de manera conjunta entre los equipo técnicos y jurídicos de Cornare y TNC. El propósito de estas mesas se orienta hacia la generación de espacios de diálogo y trabajo colectivo de los dos equipos para generar los productos acordados, consensuados y definir el alcance del actual producto. En el Anexo - Fase II - 5.0 se incluye la memoria completa, lista de asistencia y presentaciones realizadas.

25.1.1.1 Primera mesa técnica de socialización

La primera mesa técnica de socialización de resultados tuvo lugar en la sede principal de Cornare (Santuario – Antioquia) el 24 de agosto del 2021. El objetivo de esta mesa se encontraba orientado a discutir y analizar la metodología y los resultados del índice de sostenibilidad integrado (índice de

sostenibilidad integrado) como base para la definición de un instrumento de administración de recursos naturales. La agenda que se desarrolló en esta mesa se presentada en la Tabla 235.

Tabla 235. Agenda de trabajo de la primera mesa técnica de socialización

Hora	Tema
8:00 – 8:15	Llegada e instalación
8:15 – 8:30	Presentación de asistentes
8:30 – 9:15	Contexto teórico y conceptual del índice de sostenibilidad integrado
9:15 – 10:00	Resultados del índice de sostenibilidad integrado
10:00 – 10:20	Receso
10:20 – 12:00	Taller parte 1: revisión y análisis de los resultados den las dos cuencas
12:30 – 13:30	Almuerzo
13:30 – 14:00	Explicación del ejercicio de grupo focales de aplicabilidad del índice de sostenibilidad integrado y su relación con los instrumentos
14:00 – 15:30	Taller 2: Desarrollo ejercicio grupo focal
15:30 – 16:00	Cierre y conclusiones

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

De acuerdo con la agenda propuesta, en la jornada de la mañana se realizó un recuento del esquema metodológico para el cálculo del índice de sostenibilidad integrado y su aplicación. Durante la explicación, se resaltó que el principal generador de impactos que busca capturar el índice de sostenibilidad integrado se encuentra asociado al desarrollo del sector hidro energético, para las cuencas Samaná Norte y Sur.

Posteriormente se presentaron los principales resultados asociados al índice de sostenibilidad integrado para las cuencas y microcuencas del área de estudio, en los escenarios de análisis acordados de manera conjunta.

En la segunda sesión del taller, se realiza un ejercicio de grupos focales donde se discutieron algunas preguntas orientadoras relacionadas con aplicabilidad del índice de sostenibilidad integrado y su relación con los instrumentos.

A continuación, se resumen las principales discusiones del ejercicio:

✓ *Pregunta 1: ¿Cuáles son los principales retos que enfrenta Cornare para aplicar la herramienta?*

- Apropiación interna del instrumento, tener clara la línea base que alimenta cada componente del índice de sostenibilidad integrado y saber cómo y cuándo debe actualizarse dicha información de línea base.
- Armonizar el índice de sostenibilidad integrado con los instrumentos y bajar la metodología a los municipios.
- Recursos de personal.
- Fortalecimiento de capacidades internas para aplicar la metodología y para trasmitirla a los operadores de Centrales Hidroeléctricas, municipios y ciudadanos.
- Como incidir en el ordenamiento territorial dado que los POT de algunos municipios están desactualizados y otros ya están concertados.
- Revisar que tipo de información tiene la corporación y como se va incorporando a los distintos componentes.

- La escala de la información que alimenta los componentes del índice de sostenibilidad integrado debe estar definida.
- Tener claros y actualizados anualmente los mapas de coberturas, erosión, cambios de uso del suelo.
- Capacitación y actualización de los funcionarios en la herramienta.
- Destinación de recursos económicos para el manejo y actualización de la herramienta.
- Todas las dependencias deben participar del proceso: Planeación, Licencias Ambientales, Recursos Naturales y Sistemas de Información.
- La morfodinámica de la cuenca es clave en aporte de sedimentos, caudales, coberturas y cambios de uso del suelo e indicadores sobre conservación de humedad.
- Verificar qué información ya existe en la corporación o en otras entidades.
- Cómo adaptar el índice a otras cuencas. Qué indicadores se debe usar.

✓ *Pregunta 2: ¿Como afectaría la adopción del Índice de Sostenibilidad las decisiones sobre la administración de los recursos naturales renovables? (permisos, autorizaciones, concesiones, licencias ambientales)*

- Se enfocaría hacia ser más rigurosos en la evolución de los estudios de impacto ambiental.
- Se deberán ajustar los términos de referencia desde el permiso de estudio.
- Las obligaciones ambientales y medidas de manejo deben establecerse para hacer cumplir el índice de sostenibilidad integrado.
- Es un instrumento asociado a la decisión de otorgar la licencia ambiental y las medidas de compensación.
- Ligar el índice de sostenibilidad integrado al régimen sancionatorio.
- Es una oportunidad para fortalecer el Sistema de Información Ambiental Regional SIAR.
- Facilitar el acceso de los usuarios a las consultas de las restricciones ambientales en el SIAR.
- La Corporación con esto reglamenta las zonas y define los lineamientos para los EIA.
- Motiva a la innovación a la hora de presentar los proyectos.
- Permite simular el impacto de un proyecto.
- Evaluar como operaria en el tema de compensaciones, porque los impactos de muchos proyectos son sobre el medio acuático; debe analizarse la jerarquía de la mitigación que es la base del manual de compensaciones.
- Se preguntan: ¿Cuál es el límite en realidad por el crecimiento exponencial de los proyectos y sí, es posible desmantelar proyectos? lo cual debe analizarse por transecto de cuenca.

- ✓ *Pregunta 3: ¿Como afectaría la adopción del Índice de Sostenibilidad las decisiones territoriales?*
    - Primero debe definirse si el índice de sostenibilidad integrado es una determinante ambiental o un asunto ambiental para concertar con los municipios; y como se haría este proceso.
    - Debe tomarse como referente para la revisión de los POT y los planes Parciales.
    - Sería conveniente sacar la información detallada para cada municipio, lo cual sería un referente para la formulación incluso de los planes de desarrollo municipales.
    - Debe diferenciarse planes de ordenamiento de planes parciales, ya que estos últimos son en muchos casos iniciativa de privados.
    - A nivel de otras cuencas como la del río Negro, se podrían adaptar el índice de sostenibilidad integrado dándole más peso a índice económico.
- ✓ *Pregunta 4: ¿Cuáles instrumentos considera que podrían tener en cuenta el índice de sostenibilidad integrado? ¿proceso de formulación o de implementación y por qué?*
    - Luego de esta discusión se precisa que en ningún momento adoptar el índice de sostenibilidad integrado entra en conflicto con los instrumentos adoptados por Cornare; el índice es una radiografía de la situación actual de las cuencas; se acuerda que los instrumentos contribuyen a alcanzar objetivos de sostenibilidad y que deben tenerse en cuenta para revisar la armonización del índice de sostenibilidad integrado con los Instrumentos son los de mayor jerarquía como POMCAS, Áreas Protegidas reservas forestales.
    - El ejercicio orienta la decisión de la corporación, para definir lineamientos y ajustes de ciertos instrumentos y proceso productivos sostenibles y definirá donde es más costo efectivo hacer inversiones de conservación.
- ✓ *Pregunta 5: ¿Cómo se visualiza la adopción del índice como herramienta de toma de decisiones y base para la administración de los recursos naturales?*
    - Elaborar un proyecto de acuerdo por el cual se adopta la metodología como herramienta para la toma de decisiones. Este acuerdo debe definir la información que deber a ser levantada o recopilada para alimentar la línea base, la escala, y la periodicidad de la actualización.
    - Se elaborará un segundo proyecto de Acuerdo, para establecer el índice de sostenibilidad integrado para las cuencas del Samaná Norte y Sur; definirá la articulación con CORPOCALDAS Y CORANTIOQUIA, así como con la ANLA; deberá establecer un régimen de transición y la forma de seguimiento, monitoreo y reportes de cumplimiento.

25.1.1.2 Segunda mesa técnica de socialización

La segunda mesa técnica de socialización de resultados tuvo lugar en la sede principal de Cornare (Santuario – Antioquia) el 5 de octubre del 2021. Esta mesa tuvo dos objetivos: 1) Presentar y discutir el resultado de la armonización de los determinantes ambientales a la luz del índice de sostenibilidad para las dos cuencas y 2) Discutir y acordar los lineamientos para la propuesta de

administración de recursos naturales, de acuerdo con las oportunidades de manejo del Índice de sostenibilidad. La agenda que fue desarrollada en esta mesa se presentada en la Tabla 236.

Tabla 236. Agenda de trabajo de la segunda mesa técnica de socialización

Hora	Tema
8:00 – 8:45	Llegada, instalación, bienvenida e introducción
8:45 – 9:30	Antecedentes de oportunidad de manejo. Metodología aplicada para hacer la armonización de los instrumentos
9:30 – 12:00	Resultados del proceso de armonización e identificación de las áreas critica
12:00 – 13:30	Almuerzo
13:30 – 16:00	Propuesta de lineamientos de administración de acuerdo con las oportunidades de manejo del índice

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Durante el taller, en horas de la mañana, se realizó la presentación de la metodología y los resultados del producto de armonización entre el índice de sostenibilidad, bajo el escenario 3 (Proyectos hidroeléctricos en operación, en construcción, con licencia ambiental, con concesión de agua) y las figuras de ordenamiento para las cuencas. Durante la discusión se aclararon las dudas del equipo de Cornare. Se discutió además la definición de categorías de administración, como la mejor oportunidad de manejo de las áreas, de acuerdo con el resultado del índice, como se muestra en la Tabla 218.

Se aclara con el equipo que las oportunidades de manejo no significan, en ninguna circunstancia, propuestas de zonificación de las cuencas. Son lineamientos para el manejo de las áreas a la hora de tomar decisiones de gestión basadas en el interés de mantener o mejorar los valores del índice.

Con respecto a los resultados de la armonización con otros instrumentos de ordenamiento, se presentan los resultados del análisis con el POMCA, con servicios ecosistémicos y con objetos de conservación.

Sobre el ejercicio se concluyó que esta información puede ser útil para la gestión de las cuencas, pero no para la propuesta de administración de recursos, pues un proceso de armonización a esta escala no es viable social, administrativa ni técnicamente.

En la jornada de la tarde se realizó el taller, donde se solucionaron algunas dudas de los funcionarios de Cornare sobre el cálculo de todos los indicadores del índice de sostenibilidad. Esto con el fin de solucionar dudas de los funcionarios sobre los elementos que requieren los índices y como solicitarlos a los promotores de proyectos con el fin de seguir alimentando los índices en un futuro y poder entender estos como pueden evolucionar de manera positiva o negativa a medida que se implementan nuevos proyectos. De igual modo la corporación desea tener un listado de perfiles de los profesionales que se requieren para la implementación de la herramienta y puedan realizar actualizaciones de esta. Se plantea que la herramienta sea en algún momento dinámica y automatizada para poder tener en cuenta en todo momento los impactos acumulativos de los proyectos en las dos cuencas de estudio.

En la Tabla 237 se presenta el resumen del ejercicio para la dimensión ambiental, donde se identificó la información de cada componente del índice y se analizó la información proveniente de los TDR que solicita la Corporación en el proceso de licenciamiento y en la presentación de los EIA.

Tabla 237. Análisis de la información del índice con respecto a los insumos solicitados en TDR y EIA de la dimensión ambiental

Indicador	Información (índice de sostenibilidad integrado)	Información en TDR	Presentación en EIA
Indicador de Calidad Morfológica (MQI)	• Geología	Están incluidos	Están incluidos en dimensiones de hidrología (calidad y disponibilidad del recurso), geomorfología, hidrogeología
	• Morfología de ríos	Falta inventario de obras hidráulicas	
	• Intervenciones antrópicas (ocupaciones de cauce)	Presentar las características morfológicas de los ríos a través de DEM	
	• Alteraciones de calidad de agua		
Indicador de Ramping (HP1)	• Caudales max.	Se deduce de la información dada por el proyecto	Insumos: Caudal de diseño, serie diaria
	• Hidrología		
	• Condiciones de diseño		
Indicador de Grado de Regulación (DOR)	• Caudales medios diarios	Se deduce de la información dada por el proyecto	
	• Pondajes		
	• Embalses		
	• escorrentía		
Indicador de Alteración de Sedimentos (SAI)	• Índice de denudación	Se deduce de la información dada por el proyecto	
	• Estimación anual de sedimentos		
Indicador de Conectividad Dendrítica (DCI)	• Longitud de la red de drenaje después de la barrera y sin barrera.	Indicador de cuenca, no de tramo	Superposición de proyectos
		Se puede determinar	
Indicador de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies (MHSI)	• Características hidráulicas (DEM y pendientes)	• Información hidrológica, biológica y calidad en tres épocas	
	• Especies presentes	• Información de seguimiento y monitoreo	
	• Calidad de agua		
Indicador de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)	• Disponibilidad de agua	POMCAS, PORH, etc.	
	• Oferta de agua		
Indicador de Gestión del Riegos a Desastres (IGRD)	Información del DNP	Información más local generada por la corporación	
		Análisis de rompimiento de presas	
Indicador de Vulnerabilidad y Riesgo Al Cambio Climático (IVRCC)	• Información IDEAM		

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Conclusiones principales de la mesa técnica:

- La corporación planea el 10 de noviembre tener un acto administrativo para la propuesta de administración de los recursos naturales, de acto administrativo con las oportunidades de manejo del índice de sostenibilidad.
- En el producto 5 se incluirán los perfiles de los profesionales que deben administrar el índice y qué herramientas son necesarias para su implementación, software, hardware, etc.
- Se aclara que la metodología se basa en el tipo de generador de impacto. En este caso el análisis se basó en la actividad de hidroenergía.
- Se plantea la posibilidad de que el índice pueda servir para enfocar compensaciones y otras inversiones en temas ambientales en ambas cuencas.
- Desde la corporación surge el interrogante de si la implementación de los indicadores de sostenibilidad puede servir para instrumentos como licenciamiento, vertimientos, etc.

- Se plantean si a futuro es posible desarrollar un protocolo o manual respecto al uso de indicadores que el grupo de licencias pueda usar para la toma de decisiones.
- Se plantea que el alcance de acto administrativo con la complejidad de cálculo del índice sea solo para proyectos licenciables.

25.1.1.3 Tercera mesa técnica de socialización

La tercera mesa técnica de socialización de resultados tuvo lugar en la sede principal de Cornare (Santuario – Antioquia) el 25 y 26 de octubre del 2021. Esta mesa tuvo como objetivo Generar la versión final del Producto 5 – Fase IV del convenio de asociación CORNARE – THE NATURE CONSERVANCY Número 507-2020. La agenda que fue desarrollada en esta mesa se presentada en la Tabla 238.

Tabla 238. Agenda de trabajo de la segunda mesa técnica de socialización

Hora	Tema
	Lunes 25 de octubre
8:00 am – 8:15 am	Llegada, instalación, bienvenida e introducción
8:15 am – 8:30 am	Presentación de asistentes
8:30 am – 10:30 am	Comentarios, ajustes y versión final Producto 5 secciones Introducción, Objetivos, Alcance y Capítulo 1
10:30 am – 11:00 am	Receso
11:00 am – 1:00 pm	Comentarios, ajustes y versión final Producto 5 secciones Capítulo 2 y Capítulo 3
1:00 pm – 2:30 pm	Almuerzo
2:30 pm – 4:30 pm	Comentarios, ajustes y versión final Producto 5 secciones Capítulo 4 y Capítulo 5
	Martes 26 de octubre
8:00 am – 10:00 am	Comentarios, ajustes y versión final Producto 5 secciones Capítulo 6 y Capítulo 7
10:00 am – 10:30 am	Receso
10:30 am – 12:30 pm	Comentarios, ajustes y versión final Producto 5 secciones Capítulo 8 y Capítulo 9
12:30 pm – 2:00 pm	Almuerzo
2:00 pm – 4:30 pm	Comentarios, ajustes y versión final Producto 5 secciones Conclusiones. Comentarios, ajustes y versión final Resumen Ejecutivo

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

La dinámica desarrollada durante esta mesa fue la siguiente:

- Se proyectó el documento para conocimiento de todos los asistentes a la mesa técnica.
- Jonathan y Mauricio (TNC) fueron los encargados de realizar los ajustes sobre el documento permitiendo la visualización de pantalla a todos los asistentes.
- Los profesionales de Cornare iban indicando sus comentarios en cada apartado del documento y del resumen ejecutivo, mientras que Jonathan y Mauricio los iban incorporando.
- Al finalizar cada apartado se consultaba si todos estaban de acto administrativo con el contenido de cada capítulo y daba por aprobado.

En general, varios de los apartados del documento no tuvieron cambios de fondo, solamente de forma y edición. El único apartado que sufrió una modificación sustancial fue el capítulo 7 específicamente el protocolo de operativización del indicador de sostenibilidad integrado. Para esto último, entre los días 26 y 27 de octubre del 2021, se impartió un taller teórico práctico sobre cómo realizar el cálculo de índice de sostenibilidad integrado.

25.1.2 Acto administrativo corporativo que adopta la metodología para el cálculo del índice de sostenibilidad integrado en las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de Cornare

Este acto administrativo tendrá por objetivo, adoptar la metodología para el cálculo del índice de sostenibilidad integrado en las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de Cornare. El índice de sostenibilidad integrado se entenderá como una línea base o punto de partida de las cuencas, que deberá mantenerse o mejorarse con el desarrollo de los distintos proyectos y con los programas y proyectos derivados de los instrumentos de planificación y ordenamiento ambiental del territorio.

El acto administrativo establecerá previsiones generales en cuanto a la planificación ambiental del territorio, para que el índice de sostenibilidad integrado sea tenido en cuenta en los futuros ajustes a los instrumentos y que aseguren con el desarrollo de los usos y actividades, la sostenibilidad requerida para las cuencas.

El acto administrativo definirá la información que deber levantarse o recopilarse para alimentar la línea base tanto técnica, económica y social, que alimenta los componentes que integran el índice de sostenibilidad integrado; al mismo tiempo precisará la escala de esta información y la periodicidad de la actualización. El acto administrativo, además, definirá el uso del índice como referente de evaluación de los proyectos de PCH sometidas a licenciamiento ambiental del territorio, para lo cual establecerá la necesidad de definir un protocolo de actuación.

Por ello, en cuanto administración y control del uso de los recursos naturales, esta metodología se visiona como herramienta para ser más rigurosos en la evaluación de los estudios de impacto ambiental. Para lograr esto, se deberán ajustar los términos de referencia de los estudios de impacto ambiental de los distintos proyectos sujetos a licenciamiento ambiental. Por otra parte, en caso de que se conceda la licencia ambiental, se podrían exigir, en las obligaciones ambientales del acto administrativo que las medidas de manejo contribuyan al cumplimiento del índice de sostenibilidad integrado.

En términos del control y seguimiento a las obligaciones ambientales derivadas de los instrumentos regulatorios de comando y control, el índice de sostenibilidad integrado se asociaría a la facultad sancionatoria que tiene Cornare, y se ejercería en caso de incumplimiento de dichas obligaciones impuestas o por afectaciones al medio natural que afecten las condiciones establecidas de la cuenca, es decir que alteren el índice de sostenibilidad integrado definido en una cuenca específica, previo cumplimiento del procedimiento establecido en la ley del régimen sancionatorio ambiental, ley 1333 de 2009.

Por otra parte, en cuanto a ordenamiento territorial a cargo de los municipios, la metodología del índice de sostenibilidad integrado más que como una determinante ambiental, debe tomarse como referente para la revisión de los POT y los Planes Parciales. En este sentido se recomienda una vez se adopte en las cuencas específicas, entregar esta información a cada uno de los municipios de la cuenca, para que sea tenido en cuenta en la clasificación de los usos del suelo e incluso como un referente para la formulación de los planes de desarrollo municipales.

En cuanto a la generación y acceso a la información, esta herramienta además permitirá mantener no solo actualizada la información ambiental del Sistema de Información Ambiental Regional SIAR, sino ponerla a disposición de los usuarios para mejorar los procesos de planificación sectorial y la innovación en la formulación y presentación de proyectos, así como en la identificación de medidas

de prevención, corrección y mitigación de los impactos ambientales. También para que la comunidad una vez esté capacitada, pueda ejercer una función de veeduría y participación informada en la gestión ambiental.

Finalmente, el acto administrativo deberá establecer un régimen de transición, que le permita a Cornare adaptarse internamente a esta nueva forma de análisis de los impactos y lectura de su territorio.

25.1.3 Resolución ejecutiva por el cual se establece el índice de sostenibilidad integrado en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

El acto administrativo mencionado en ítem anterior se concreta con la expedición de dos resoluciones ejecutivas expedidas por el Director General de Cornare. Estas resoluciones establecerán la aplicación del índice para cada una de las cuencas del Samaná Norte y Samaná Sur, en el proceso de licenciamiento ambiental. Así mismo incluirán las indicaciones del resultado del índice por cuenca nivel subsiguiente 3 sobre la mejor oportunidad de manejo. Estas resoluciones estarán enfocadas a generar acciones para mantener o mejorar el índice, con base en la información y resultados generados en este estudio por TNC.

Dado que la cuenca del Samaná Norte se comparte con Corantioquia y la del Samaná Sur con Corpocaldas, esta Resolución debe incorporar las recomendaciones para que Cornare se articule con ambas autoridades ambientales, así como también con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales para efectos de las licencias de competencia de esta. También definirá un régimen de transición y la forma de seguimiento, monitoreo y reportes de cumplimiento del índice de sostenibilidad integrado y como se ajustará en caso de encontrarse algún incumplimiento.

25.2 Mecanismos de adopción

En concordancia con lo planteado en capitulo anterior, el acto administrativo por medio del cual se propone la adopción de la metodología para el cálculo del índice de sostenibilidad integrado en las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de Cornare se presenta a continuación. Se precisa que es un proyecto de Acuerdo que estará sujeto a las deliberaciones que se realicen al interior del grupo jurídico de la Corporación, que será puesto en conocimiento del Ministerio de Ambiente, ANLA, municipios, Consejo de las cuencas Samaná Norte y Samaná Sur, además, será publicado para recibir observaciones por parte de la Comunidad en general y finalmente presentado al Consejo Directivo de la Corporación para debate y aprobación.

ACTO ADMINISTRATIVO No. XXX

De Noviembre _____ de 2021

Por medio del cual se adopta la metodología de cálculo del Índice de Sostenibilidad de las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de CORNARE y se dictan otras disposiciones

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO Y NARE - CORNARE

En uso de sus atribuciones legales y delegatarias, en especial las previstas en los Decretos 2811 de 1974, 1076 de 2015 y la Ley 99 de 1993 y,

CONSIDERANDO

Que la Constitución Política de 1991, señaló un conjunto de deberes ambientales a cargo del Estado, entre los que sobresalen el artículo 79, estableciendo el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para lograr estos fines.

Que el Artículo 80 de la Constitución establece que el Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, así como cooperar con otras Naciones en la protección de los ecosistemas fronterizos.

Que la Carta Política consagró, además, deberes compartidos entre el Estado y los particulares como la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación prevista en el artículo 8, así como obligaciones a cargo de las personas de manera exclusiva como la de proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación del ambiente sano.

Que el Artículo 334 establece que la dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano.

Que la Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones, establece al referirse a la naturaleza jurídica de las Corporaciones Autónomas Regionales que estas

con son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente.

Que el artículo 31 de la misma ley, se establecen las funciones que deben ejercer las Corporaciones Autónoma Regionales, y dentro de las cuales se encuentran precisamente las de ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente, así como también, ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción, conforme a las disposiciones superiores y a las políticas nacionales.

Que el Decreto 1640 de 2012 Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones, compilado en el Decreto ley 1076 de 2015, establece que por cuenca u hoya hidrográfica se entiende el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Que la cuenca como unidad de análisis y planificación de la oferta y demanda de los recursos naturales renovables es fundamental para la toma de decisiones en la gestión ambiental y la administración del recurso hídrico.

Que el territorio jurisdicción de Cornare se encuentra dividido en nueve (9) cuencas o tramos de cuencas de acuerdo con las características biofísicas y socioeconómicas, que son las cuencas de los ríos Nare, Samaná Norte, Nùs, Negro, Arma, Negro, Samaná Sur, Claro-Cocorná Sur, Grande y afluentes al río Magdalena, seis de las cuales se comparten con la jurisdicción de otras autoridades ambientales.

Que el territorio de estas cuencas alberga múltiples usos y actividades producto de las dinámicas sectoriales agrícolas, ganaderas, mineras, del turismo, el desarrollo urbanístico, las pequeñas centrales hidroeléctricas, y actividades económicas de menor escala, pero no de menor importancia, a las cuales CORNARE como autoridad ambiental y responsable de la planificación ambiental del territorio debe enfrentarse cada día.

Que con el fin de contar con herramientas metodológicas y técnicas para la toma de decisiones en estas cuencas, CORNARE suscribió el Convenio número 507 de 2020, con el objetivo de “realizar el estudio integral del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur y sus afluentes para establecer criterios en la toma de decisiones corporativas y determinación de límites de capacidad de carga, a partir de la oferta y demanda de los recursos naturales renovables y los servicios ecosistémicos”.

Que para ello se plantearon cuatro etapas a saber: Fase 1. Marco de referencia para el cálculo de los límites de sostenibilidad e identificación de los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico. Fase 2: Diagnóstico de la situación actual. Fase 3: Cálculo de límites de sostenibilidad y evaluación de los escenarios y Fase 4: Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las dos cuencas, subcuencas y tramos.

Que dentro de la fase 1, a partir de una revisión bibliográfica de estudios técnicos y científicos de reconocimiento académico, se definió un esquema metodológico para el cálculo de límites de sostenibilidad, identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico, que se ajuste a las condiciones de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Que esta metodología, se aplicó como piloto a las cuencas de ríos Samaná Norte y Sur, lográndose realizar en primer lugar un diagnóstico de la situación actual de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (considerando sus 22 subcuencas o cuencas del nivel subsiguiente 2 (NSS-2) y sus microcuencas o cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM), incluyendo una revisión de los estudios científicos y técnicos elaborados por CORNARE o en convenio con las demás instituciones de las diversas dependencias asociadas al recurso hídrico, así como la revisión del estado de la oferta y demanda de servicios ecosistémicos con los proyectos hidroeléctricos con los que actualmente cuenta la corporación en su jurisdicción.

Que, con base en lo anterior, se calcularon los límites de sostenibilidad de las cuencas hidrográficas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (considerando sus 22 subcuencas o cuencas del nivel subsiguiente 2 (NSS-2) y sus microcuencas o cuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de acuerdo con la metodología para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas generada por el IDEAM) y realizar la evaluación y análisis de escenarios.

Que, a partir de allí, se identifica la necesidad de tener como referente el índice de sostenibilidad integrado para las cuencas hidrográficas como referente de evaluación que puede integrarse en la administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de Cornare en la medida en que se vayan estableciendo para cada una de ellas.

Que el proceso de construcción del índice de sostenibilidad integrado para las cuencas se los ríos Samaná Norte y Sur, se realizaron 8 visitas de campo y 5 talleres, distribuidos en las Fases 2 y 3 del proyecto, que tuvieron como objetivo recopilación de información primaria y reconocimiento en el territorio de elementos relevantes para los análisis.

Que al mismo tiempo se realizaron talleres de validación y construcción participativa de la propuesta de administración de los recursos naturales con los funcionarios de Cornare, lo cual permitió reconocer el valor de la herramienta metodológica, su alcance y los retos que enfrenta la Corporación para extrapolar el ejercicio a todas las cuencas de la jurisdicción. No obstante, se reconoce la contribución de esta metodología en la toma de decisiones informadas, objetivas y técnicamente fundamentadas, lo cual es garantía de un proceso trasparente de toma de decisiones en el ejercicio de la autoridad ambiental.

Que la Corporación, a través de El Secretario General de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare CORNARE, de acuerdo a lo establecido en la Resolución

Corporativa No 112-3275-2020, "Por medio de la cual se regula el procedimiento de participación de los ciudadanos o grupos de interés en la formulación de los actos administrativos que expide CORNARE"; convocó a la comunidad en general, a participar con sus observaciones, opiniones, sugerencias o propuestas alternativas, sin que se hasta la fecha, se recibieran comentarios o sugerencias.

Que en mérito de lo expuesto el Consejo Directivo de la **Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro y Nare – CORNARE**

ACUERDA

ARTÍCULO PRIMERO: OBJETO. Adoptar un esquema metodológico para el cálculo de límites de sostenibilidad, identificación de objetos de conservación y servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico de las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de CORNARE de acuerdo con el anexo técnico que hace parte integral del presente acuerdo.

ARTICULO SEGUNDO. ALCANCE. La metodología de cálculo de índice de sostenibilidad será aplicable a todas las cuencas de la jurisdicción de CORNARE, en la medida en que se vaya calculando de forma específica para cada una de ellas y para las actividades identificadas en cada cuenca sujetas a licenciamiento ambiental.

ARTÍCULO TERCERO: DEFINICIONES. Para la aplicación del presente Acuerdo se tendrá en cuenta las siguientes definiciones:

- Sostenibilidad: Distribución y uso eficiente y equitativo de los recursos naturales, de tal forma que no se produzcan efectos adversos sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales de las cuencas hidrográficas de la jurisdicción, que permitan garantizar en el tiempo la permanencia de los objetos de conservación y servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte valorados por sus comunidades.
- Servicios Ecosistémicos: Beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad.
- Objetos de conservación: Especies en peligro de extinción, raras o únicas, de interés cultural o comercial para las comunidades, y áreas o tramos de río que cuentan con altos valores biológicos, ecológicos, sociales o culturales que garantizan el sustento y permanencia de dichas especies, así como también la provisión de servicios ecosistémico.

ARTÍCULO CUARTO. PASOS PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA. El cálculo del índice de sostenibilidad integrado de las cuencas hidrográficas se realizará con la aplicación de los siguientes pasos:

- **Paso 1 - Definición de unidad mínima de análisis**: consiste en la segmentación espacial de las unidades en la cual se realizarán los análisis de sostenibilidad.

- **Paso 2 - Diagnóstico ambiental, económico y social:** tiene como objetivo realizar un diagnóstico completo de la dimensión ambientales, económica y social en las unidades mínimas de análisis.
- **Paso 3 - Definición de escenarios:** consiste en plantear diferentes condiciones de los generadores de impacto en las unidades mínimas de análisis. Para esto se deben realizar los siguientes pasos:
    - **Paso 3.1:** identificar los generadores de impacto.
    - **Paso 3.1:** seleccionar los generadores de impacto a considerar en el análisis.
    - **Paso 3.2:** identificar los impactos que ocasionan los generadores de impacto.
    - **Paso 3.2:** configurar los escenarios de análisis.
- **Paso 4 - Identificación, selección y cálculo de indicadores por dimensión ambiental, económica y social:** este paso tiene como objetivo identificar, seleccionar y calcular para cada dimensión, el grupo de indicadores que capturan de mejor forma las características y condiciones a las cuales se ve sometida la cuenca. Para esto se deben realizar los siguientes pasos:
    - **Paso 4.1:** para cada dimensión, identificar los indicadores que potencialmente capturan los impactos generados por los generadores de impacto.
    - **Paso 4.2:** tomando en cuenta criterios como tiempo de cálculo, requerimientos de información, replicabilidad, adaptabilidad, sensible al cambio en el tiempo, entre otros, seleccionar los indicadores a utilizar en cada una de las dimensiones.
    - **Paso 4.3:** calcular los indicadores seleccionados por cada dimensión.
- **Paso 5 - Cálculo de subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social:** este paso aborda la construcción de los subíndices integrados por cada una de las dimensiones. Para esto se deben realizar los siguientes pasos:
    - **Paso 5.1:** normalizar los indicadores calculados en cada dimensión.
    - **Paso 5.2:** identificar los pesos de los indicadores en cada dimensión.
    - **Paso 5.3:** integrar los indicadores en cada dimensión de acuerdo con los pesos definidos.
- **Paso 6 - Estimación del índice de sostenibilidad integrado:** se realiza a partir del cálculo de los subíndices integrados por dimensión, mediante la definición de pesos y su posterior integración. Para esto se deben realizar los siguientes pasos:
    - **Paso 6.1:** identificar los pesos de las dimensiones.
    - **Paso 6.2:** integrar los subíndices de acuerdo con los pesos definidos.
- **Paso 7 - Definición de rangos y categorías de sostenibilidad:** en este paso se establecen los rangos y categorías del índice de sostenibilidad integrado.
- **Paso 8 - Definición de límites de sostenibilidad:** se construyen las curvas de límites de sostenibilidad vs la ganancia o beneficio que generan los proyectos hidroeléctricos para luego partiendo de la definición matemática de limité de una función identificar los valores de sostenibilidad a los cuales tiende las cuencas bajo una configuración especifica de los escenarios de análisis.

ARTÍCULO QUINTO: INFORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD INTEGRADO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS. Cornare dispondrá de la información existente en el sistema de información ambiental regional, en los estudios de impacto ambiental de los distintos proyectos, la contenida en los planes de manejo de las cuencas hidrográficas y otros ecosistemas estratégicos, las áreas protegidas nacionales y regionales, y otras que se requiera para construir en un proceso participativo, el índice de sostenibilidad integrado de las cuencas hidrográficas de la jurisdicción.

ARTÍCULO SEXTO. El índice de sostenibilidad resultante de la aplicación de la metodología en cada cuenca será establecido para cada cuenca por el Director General mediante resolución motivada.

Parágrafo. Al menos cada seis meses, el Director General presentará un avance de la aplicación de la metodológica de cálculo del índice de sostenibilidad integrado y de sus resultados ante el Consejo Directivo de Cornare.

ARTICULO SÉPTIMO. PUBLÍQUESE. El presente acto administrativo en la Gaceta Oficial Electrónica de la Corporación, en los términos del Artículo 71 de la Ley 99 de 1993.

ARTÍCULO OCTAVO: VIGENCIA. El presente acuerdo presente rige a partir de su publicación y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias y contra el mismo no procede recurso alguno de conformidad con lo señalado en el artículo 75 de la Ley 1437 de 2011.

Dado en el municipio de El Santuario, a los _____días del mes de _____ del 2021.

PUBLÍQUESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

CARLOS IGNACIO URIBE TIRADO

Presidente del Consejo Directivo

OLADIER RAMIREZ GOMEZ

Secretario del Consejo Directivo

25.3 Recomendaciones operativas para la implementación del índice

Las recomendaciones técnicas que se presentan en este apartado están orientadas a fortalecer y complementar los componentes claves de los Acuerdos del Consejo Directivo, con el fin de facilitar la adopción de la metodología del cálculo del Índice de Sostenibilidad (índice de sostenibilidad integrado) como herramienta de toma de decisiones en cuencas de la jurisdicción de Cornare y a establecer los valores del índice de sostenibilidad integrado obtenidos por el Convenio para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. De esta manera, las recomendaciones y orientaciones técnicas se organizan con relación a las decisiones asociadas a las funciones en planificación ambiental del territorio, administración y control del uso de los recursos naturales, y generación y acceso a la información. El contenido de este apartado pretende, además, abordar los retos técnicos identificados en el punto anterior.

25.3.1 Recomendaciones técnicas en la planificación ambiental del territorio

Para que el índice de sostenibilidad integrado pueda informar decisiones relacionadas con la planificación ambiental del territorio y sus determinantes ambientales para el ordenamiento territorial, es importante reconocer por una parte que el valor del índice de sostenibilidad integrado representa la condición actual de las cuencas y que resume el estado de los componentes ambiental, social y económico. De otro lado, los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial deben contribuir a mantener o alcanzar un mejor estado o condición de las cuencas, como resultado de la gestión de la Corporación. En este sentido, los valores del índice de sostenibilidad integrado obtenidos por el Convenio para las cuencas de Samaná Norte y Samaná Sur, deben considerarse como el punto de partida o línea de base para que Cornare defina objetivos específicos de su gestión y posteriormente monitorearlos con el fin de evaluar su desempeño y hacer los ajustes correspondientes. Para esto, la Corporación puede seguir las siguientes orientaciones específicas:

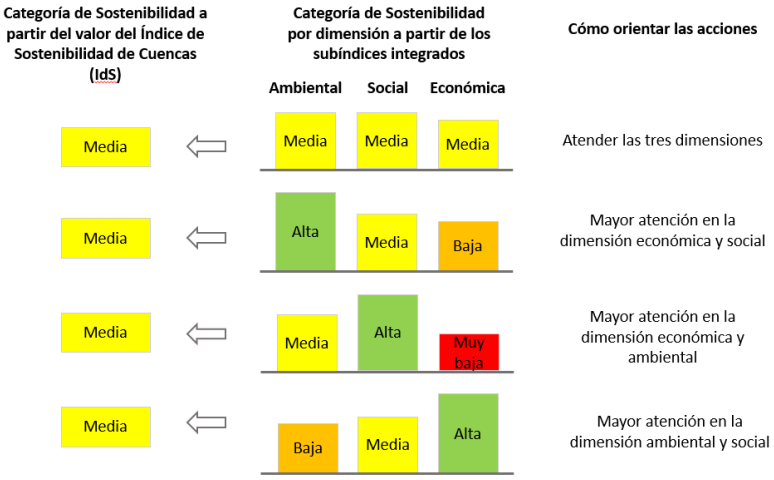
- ✓ *Conocer/Definir el valor del índice de sostenibilidad integrado en las cuencas priorizadas en su jurisdicción*

Considerando los Acuerdos del Consejo Directivo de Cornare, la Corporación define que gestionará las cuencas de su jurisdicción empleando el valor del índice de sostenibilidad integrado. Además, la Corporación ha decidido priorizar las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, que gestionará con base en los valores del índice de sostenibilidad obtenidos en el presente Convenio. En estas cuencas, se asume que el estado actual es el punto de partida para una gestión que permita mantener el valor del índice o que lleve a la cuenca hacia una mayor sostenibilidad, es decir, un valor del índice de sostenibilidad integrado mayor.

Un punto clave a considerar, es que el valor del índice actual se obtuvo con la mejor información disponible y representa los aspectos ambientales, sociales y económicos de mayor interés. Sin embargo, es necesario comprender que el índice de sostenibilidad integrado tiene limitaciones asociadas a que no representa todos los procesos o elementos que son necesarios para la adecuada gestión de las cuencas, debido fundamentalmente a limitaciones en el acceso a la información y modelos disponibles. Este hecho, más que una limitación para su uso debe permitir a la Corporación orientar sus esfuerzos en términos de establecimiento de alianzas y de generación de información requerida para ir mejorando el desempeño del índice con el tiempo (ver adelante más información sobre este último punto).

La Corporación debe partir de comprender el estado actual de cada una de sus cuencas por medio del valor del índice de sostenibilidad integrado, la categoría de administración en la que se encuentra (oportunidad e manejo 1, 2 y 3) y oportunidades de manejo, y lo que el valor del índice o categoría de sostenibilidad (alta, media o baja) significa en términos de sus tres componentes (ambiental, social y económico). El índice de sostenibilidad integrado permite obtener información sobre qué componente se encuentra en un estado alterado no deseado y por tanto requiere mayor atención, y qué componentes se encuentran en una buena condición y pueden mantenerse así. De esta forma, un mismo valor de índice de sostenibilidad integrado puede ser obtenido con múltiples combinaciones de valores de los índices integrados de cada uno de los componentes (ver Figura 479), y esta información puede usarse para orientar acciones diferenciadas de acuerdo con las necesidades específicas de las cuencas.

Figura 479. Ejemplos de combinaciones de los subíndices integrados por dimensión ambiental, para obtener el mismo valor de Categoría de Sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

✓ *Establecer objetivos de gestión para las cuencas a partir del valor del índice de sostenibilidad integrado y las oportunidades de manejo*

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se asume que el estado actual de las cuencas es el punto de partida para una gestión que permita mantener el valor del índice de sostenibilidad integrado o que lleve a las cuencas hacia una mayor sostenibilidad, es decir, un valor del índice de sostenibilidad integrado mayor. En ningún caso, el valor del índice de sostenibilidad integrado puede ser inferior al obtenido en la línea base, pues habría detrimento.

Para esto, la Corporación debe definir objetivos o metas de gestión que permitan, además, orientar los instrumentos de planificación y a otros actores territoriales. Las opciones para el manejo de las cuencas a partir del índice de sostenibilidad integrado pueden consultarse en la **Figura 460**:

- Mantener el valor del índice de sostenibilidad integrado o la categoría de sostenibilidad, o mejorarlas (aumentar el valor), en este último caso las opciones son:
    - De Sostenibilidad Media a Sostenibilidad Alta (y Muy Alta).
    - De Sostenibilidad Baja (y Muy Baja) a Sostenibilidad Media.

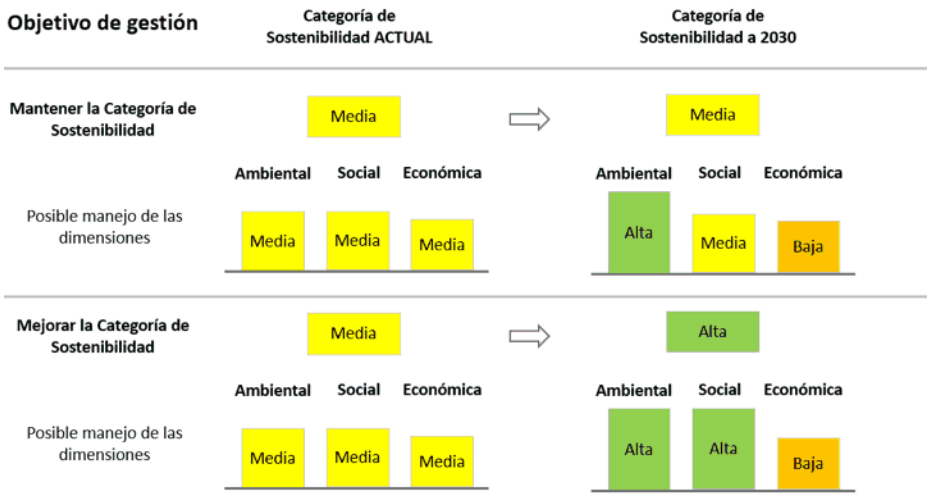
- Mantener la categoría de administración de una cuenca o mejorarla, en este último caso sólo son posibles las siguientes alternativas:
    - Llevar una cuenca de oportunidad de manejo 2 a 1
    - Llevar una cuenca de oportunidad de manejo 3 a 2

La Corporación debe definir sus objetivos de manera "SMART" (S- específicos, M- mensurables, A- alcanzables, R- relevantes y T- temporales). Un ejemplo de la redacción de un objetivo de gestión de cuencas basado en el índice de sostenibilidad integrado podría ser del siguiente modo:

> *Para 2030, Cornare promoverá y desarrollará acciones en su jurisdicción que aseguren que las cuencas del Samaná Norte y Samaná Sur mantengan o mejoren los valores actuales del índice de sostenibilidad integrado.*

Aún definiendo un objetivo de manejo en el que se mantenga el valor del índice de sostenibilidad integrado para una cuenca de nivel superior, la gestión de la Corporación puede orientarse a mejorar las condiciones de subcuencas priorizadas del nivel subsiguiente, aumentando el valor de sus índices, así como promover acciones que mejoren los valores de los indicadores y los índices integrados para cada una de las dimensiones (ver Figura 480).

Figura 480. Ejemplos de combinaciones de los subíndices integrados por dimensión ambiental, para obtener el mismo valor de Categoría de Sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En este punto, se debe resaltar la importancia de que la Corporación incorpore los objetivos de gestión para las cuencas basados en el índice de sostenibilidad integrado en los instrumentos y procesos de planificación ambiental como parte del protocolo que se defina para implementar el Acuerdo del Consejo Directivo, así como se explicó en el apartado anterior.

✓ *Seguimiento, evaluación y aprendizaje*

El último paso que se recomienda es fortalecer la cultura de monitoreo para el seguimiento, la evaluación y el aprendizaje, como elementos fundamentales de una gestión adaptativa. Este esfuerzo debe estar relacionado con las funciones asociadas a la administración y control del uso de

los recursos naturales (ver más adelante), así como a los procesos de generación y comunicación de la información.

Por otra parte, la corporación debe revisar si dentro de su capacidad instalada cuenta y además dispone, de los profesionales necesarios para calcular el índice de sostenibilidad integrado en sus cuencas y mantenerlo actualizado. En la Tabla 239 se presenta una propuesta de las capacidades mínimas para abordar el cálculo del índice de sostenibilidad integrado de acuerdo con la propuesta e implementación desarrollada en este Convenio.

Tabla 239. Propuesta de capacidades técnicas para calcular el índice de sostenibilidad integrado

Capacidad técnica	Descripción
Hidrología	Conocimiento y experiencia en los indicadores (ej. índice de vulnerabilidad hídrica). Recolección y procesamiento de información hidrológica, climática y variables físicas de las cuencas
Geomorfología fluvial	Conocimiento y experiencia en los indicadores fluviales (ej. índice de calidad geomorfológica)
Administración ambiental	Experiencia y conocimiento en el proceso de licenciamiento ambiental y capacidades técnicas para la integración de variables, indicadores e índices
Biología de ecosistemas acuáticos	Conocimiento y experiencia en los indicadores de biodiversidad (ej. índice de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies). Recolección y procesamiento de información sobre biodiversidad acuática (con énfasis en peces) y servicios ecosistémicos
Sociología o ciencias humanas	Experiencia en manejo y resolución de conflictos, e indicadores sociales (ej. indicador de pobreza multidimensional)
Economía o ingeniería ambiental	Conocimiento y experiencia en indicadores económicos (ej. indicador de generación de empleos directos)
Sistemas de información geográfica	Conocimiento y experiencia en el manejo, procesamiento y estructuración de capas cartográficas, análisis y consolidación de resultados espaciales

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Es muy probable que la corporación ya cuente con las capacidades técnicas mencionadas, sin embargo, de no ser así, estas capacidades humanas y de sistemas de información pueden construirse internamente, o pueden establecerse por medio de alianzas con Universidades locales y entidades dedicadas a la investigación (ver más adelante). Así mismo, puede fortalecer a las comunidades invitándolas a participar en los esfuerzos de monitoreo. En cualquiera de las opciones es recomendable que la Corporación mantenga unas capacidades técnicas instaladas de base, que le permitan por un lado mantener el relacionamiento y una comunicación transparente con usuarios, actores en las cuencas y aliados, y por otro, interpretar, gestionar y orientar las decisiones internas y el manejo de los objetivos de las cuencas.

✓ *Recomendación para la operativización del índice de sostenibilidad integrado en el proceso de evaluación de proyectos hidroenergéticos*

Tomando en cuenta que el proceso de licenciamiento ambiental de los proyectos hidroeléctricos incluye desde que se inicia la solicitud de permiso de estudio, hasta que se lleva a cabo el desmantelamiento y abandono de las obras, se considera pertinente que la operativización del índice de sostenibilidad integrado se encuentre incluido en cada una de estas fases.

❖ **Etapa 0 - Preliminares**

- Cornare, mediante acuerdo del consejo directivo, adopta la metodología de cálculo del índice de sostenibilidad para las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de Cornare.
- Mediante un acto administrativo Cornare adopta el índice de sostenibilidad integrado para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

❖ **Etapa 1 - Permiso de estudio**

- Cornare deberá ajustar los términos de referencia para la solicitud de permisos de estudio incorporando que, como parte de la evaluación del permiso se tomará como referencia el índice de sostenibilidad integrado.
- Cornare dispondrá en su página web el índice de sostenibilidad integrado para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, de tal forma que sea considerado por el usuario que solicita la licencia como parte de los análisis del área de estudio.
- La resolución a través de la cual se otorga el permiso de estudio informará de acuerdo con el polígono del área de estudio el índice de sostenibilidad de la cuenca correspondiente.
- Como parte de los reportes semestrales que entrega el usuario a la corporación, este deberá incorporar un análisis conceptual en términos del índice de sostenibilidad integrado.
- Mediante el acto administrativo por el cual se archiva el permiso de estudio y se toman otras determinaciones, se establecerán las recomendaciones conforme al índice de sostenibilidad integrado.

❖ **Etapa 2 - Diagnóstico ambiental de alternativas (DAA)**

- Cornare ajustará los términos de referencia para solicitar que el usuario incluya en las estrategias de manejo y de seguimiento y monitoreo de las distintas alternativas el índice de sostenibilidad de la cuenca y/o las recomendaciones derivadas del resultado del permiso de estudio en relación con el índice de sostenibilidad.
- El usuario suministra a Cornare las alternativas del proyecto a licenciar, indicando el impacto en los indicadores de la dimensión ambiental, económica y social que componen el índice de sostenibilidad integrado.
- Cornare verifica para cada una de las alternativas el índice de sostenibilidad integrado y define la mejor alternativa de acuerdo con la oportunidad de las unidades de influencia (impacto) del proyecto:
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 1: la alternativa debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 2: la alternativa debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser mejor que la condición pre-proyecto.
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 3, debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.
- Con base en la información anterior y el análisis de las alternativas comparables, presentadas por el usuario, se conceptúa sobre la alternativa ambientalmente más viable
- Cornare utilizará el índice de sostenibilidad integrado como herramienta para la evaluación del DAA y la toma de decisiones.

❖ **Etapa 3 – Estudio de impacto ambiental**

- Cornare ajustará los términos de referencia para recomendar que el usuario incluya en las medidas de manejo y de seguimiento y monitoreo del índice de sostenibilidad de la cuenca y/o las recomendaciones derivadas del resultado del permiso de estudio y/o del DAA en relación con el índice de sostenibilidad.
- El usuario suministra a Cornare la identificación de impactos ambientales, económicos y sociales y la afectación en los indicadores que componen el índice de sostenibilidad integrado.
- Cornare calcula el índice de sostenibilidad integrado incorporando la información suministrada por el usuario en la condición pre-proyecto, post-proyecto y post-proyecto con plan de manejo.
- Cornare analiza las 3 condiciones descritas anteriormente utilizadas así:
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 1: la medida de manejo debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 2: la medida de manejo debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser mejor que la condición pre-proyecto.
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 3, debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.
- Cornare utilizará el índice de sostenibilidad integrado como herramienta para la evaluación del estudio de impacto ambiental y la toma de decisiones.

❖ **Etapa 4 Modificación de licencia**

- Cornare ajustará los términos de referencia para orientar al usuario en las medidas de manejo y de seguimiento y monitoreo del índice de sostenibilidad de la cuenca, cuando aplique el trámite de modificación de licencia.
- El usuario suministra a Cornare la identificación de los nuevos impactos ambientales, económicos y sociales y la afectación en los indicadores que componen el índice de sostenibilidad integrado.
- Cornare calcula el índice de sostenibilidad integrado incorporando la información suministrada por el usuario en la condición pre-proyecto, post-proyecto y post-proyecto con plan de manejo.
- Cornare analiza las 3 condiciones descritas anteriormente utilizadas así:
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 1: la medida de manejo debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.

- Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 2: la medida de manejo debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser mejor que la condición pre-proyecto.
- Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 3, debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.

- Cornare utilizará el índice de sostenibilidad integrado como herramienta para la evaluación de la modificación de la licencia.

❖ **Etapa 6 Control y seguimiento, cierre y abandono**

- Cornare incluirá una obligación para que el usuario en las etapas de control y seguimiento cierre y abandono, suministre la información necesaria para determinar el estado del índice de sostenibilidad.

25.3.2 Recomendaciones técnicas en la administración y control del uso de los recursos naturales

El seguimiento de sus cuencas empleando el índice de sostenibilidad integrado le permitirá a Cornare tener una base de información robusta y un mayor conocimiento de sus cuencas, para hacer un mejor control y seguimiento.

Una de las recomendaciones, de acuerdo con el apartado anterior, es revisar los términos de referencia para los estudios de impacto ambiental y una vez se concedan permisos, concesiones o licencias ambientales, se deben exigir en las obligaciones ambientales del acto administrativo las medidas de manejo que contribuyan directamente a conseguir los objetivos de gestión de las cuencas, con base en los valores del índice de sostenibilidad integrado definidos.

En el caso de los proyectos hidroeléctricos, se recomienda que la Corporación lleve una relación y comunicación directa y transparente con los generadores y proponentes de proyectos, con el fin de trabajar juntos a lo largo del proceso de licenciamiento ambiental. La intención es lograr que la empresa comprende el propósito del índice de sostenibilidad integrado y pueda justificar y demostrar que con su actividad el índice se mantiene o mejora, de acuerdo con los objetivos de gestión establecidos por Cornare.

Por otra parte, también se recomienda una comunicación muy directa y transparente con las comunidades, que les permita conocer los objetivos de manejo que ha establecido Cornare para las cuencas, los valores del índice de sostenibilidad integrado y lo que representan. De esta manera, se espera que la comunidad pueda ser parte de las decisiones de gestión, como veedores de estas.

25.3.3 Recomendaciones técnicas en la generación y acceso a la información

Retomando el comentario sobre las limitaciones del índice en relación con la información y modelos disponibles, queremos resaltar el rol que puede tener la Corporación liderando y generando señales claras sobre las necesidades de información para tomar decisiones mejor informadas. En este sentido, Cornare puede movilizar recursos y articular actores para mejorar continuamente la información disponible y mantener actualizados los valores del índice de sostenibilidad integrado para sus cuencas. En este proceso es importante desarrollar recomendaciones, guías, lineamientos

o estándares que orienten a los distintos actores que puedan contribuir con el objetivo, para que sepan con claridad qué información es más relevante y urgente, cuáles variables deben fortalecerse o mantenerse actualizadas, y a qué escala espacial y temporal (periodicidad) debe levantarse esta información. La Corporación debe ser consciente de que los resultados del presente Convenio son un punto de partida, pero el éxito de la adopción del índice de sostenibilidad integrado para gestionar cuencas saludables y sostenibles en su jurisdicción depende del esfuerzo continuo en el levantamiento de información y el seguimiento al índice.

De nuevo, la recomendación a la Corporación de contar con una base de profesionales con las capacidades necesarias para abordar los tres componentes del índice (ambiental, social y económico) es fundamental para aplicar la metodología y mantener actualizado el índice. Diversas dependencias de Cornare deben participar en todo este proceso. De otro lado, construir relaciones con los mismos usuarios (como los operadores hidroeléctricos) y otros actores como Universidades y centros de investigación, permitirá a la Corporación fortalecer sus capacidades y mejorar la información y modelos disponibles. Así mismo puede vincularse a procesos nacionales como el Programa Nacional de Investigación en Gestión Integral del Recurso Hídrico.

Todos estos esfuerzos en generación de información deben permitir alimentar y actualizar el Sistema de Información Ambiental Regional (SIAR) y los sistemas nacionales (como el SIA, SIAC o SIB-Colombia). La Corporación puede optimizar gran parte del procesamiento de información para calcular el índice, creando rutinas y procesos automatizados en estos mismos sistemas, y así mantenerlo actualizado de manera eficiente.

Por último, es necesario fortalecer el acceso y la comunicación sobre la información de base y el índice de sostenibilidad integrado por medio del SIAR, principalmente, con el fin de comunicar de una manera transparente y abierta la forma en que se calcula el índice y cómo se alimenta, pero también cómo se interpreta. Esta comunicación debe estar orientada a los diversos usuarios, incluyendo los generadores hidroeléctricos y otros actores usuarios de recursos naturales; las comunidades locales, en especial la población más vulnerable y aquella que pueda verse afectada por proyectos de desarrollo; y entes territoriales como los Municipios, para que consideren esta información en la actualización de sus instrumentos.

Capítulo 26. Seguimiento, control y mecanismos de participación

Este capítulo explora los mecanismos de participación comunitaria y el rol de las organizaciones comunitarias en los procesos de toma de decisiones y para aportar a la gestión de estrategias de sostenibilidad ambiental, social y económica en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Sur.

Para esto se hace una revisión de los espacios generados en el marco de instrumentos de planificación territorial como el plan de ordenamiento de y manejo de cuencas POMCA y otros espacios de articulación y trabajo en red de organizaciones sociales.

Se hace también una descripción de los enfoques de la conservación basada en comunidades y del monitoreo socio ambiental y los planes de conservación como herramientas para el fortalecimiento de la gobernanza a través de herramientas de gestión de información sobre el estado de los ecosistemas y servicios que estos proveen para las actividades sociales y productivas asociadas a los medios de vida de las poblaciones humanas asentadas en las cuencas del área de estudio.

Adicionalmente se describe como el enfoque de género, equidad e intergeneracional es un aspecto importante en los espacios de participación de ciudadana y la forma en que se pueden vincular a estrategias de seguimiento para la sostenibilidad.

26.1 Mecanismos de participación

26.1.1 Consejo de cuenca del POMCA como plataforma para la toma de decisiones

La formulación e implementación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas requiere del desarrollo de seis fases: aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación ambiental, formulación, ejecución y seguimiento y, evaluación. Teniendo en cuenta que en la fase de aprestamiento se debe avanzar en el relacionamiento con los actores clave, es en la fase de diagnóstico en donde se debe consolidar el consejo de cuenca y se debe garantizar su instalación formal y la definición del reglamento interno y cronograma de trabajo, siguiendo los lineamientos de la Resolución 0509 de 2013 o la norma que la modifique o sustituya (MAD, 2014) y la Resolución 0509 de 2013 “Por la cual se define los lineamientos para conformación de los Consejos de Cuenca y su participación en las fases del Plan de Ordenación de la Cuenca y se dictan otras disposiciones” de 21 de mayo de 2013, habla de cómo son elegidos los miembros del Consejo de Cuencas, permitiendo la participación y representación de los posibles afectados en los manejos de las cuencas[38].

El consejo como instancia de toma de decisiones sobre la cuenca, es una figura de la representatividad democrática en la toma de decisiones y la planeación ambiental del territorio, constituida formalmente. Esta figura mixta, se integra entre actores campesinos, investigadores y directivos académicos, representantes de los sectores económicos, institucionales del gobierno local y regional, organizacionales y de procesos locales en la administración rural del recurso hídrico, y propone un escenario de puesta en común de intereses, para superar los particulares y subir los

[38] https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/Resolucion-0509-de-2013.pdf

comunes, los del colectivo que habita e interviene el territorio, y estos intereses comunes equipararlos con los de la naturaleza. Los consejeros de Cuenca son considerados acompañantes de la planeación, visionarios del desarrollo local y regional, conocedores y sabios del territorio.

El POMCA del Río Samaná Norte incluye un decálogo a manera de recomendaciones para el funcionamiento del consejo de cuenca, así:

- Participar: El Consejero de Cuenca es un líder, un sabio local conocedor de la cuenca, de su comunidad, de la entidad o sector que representa. Es un facilitador del proceso de participación, que vincula y motiva espacios de encuentro en los que los actores clave, los pobladores, las mesas de trabajo ambiental, piensan, gestionan y planean el agua, bajo el principio del bien común.

- Formación: el Consejo de Cuenca es, también, un escenario en el que los representantes de actores clave y los pobladores generan conocimiento, se forman en legislación ambiental, comprenden y estudian la situación y la síntesis ambiental de la cuenca, identifican las problemáticas económicas, sociales, culturales, analizan y reflexionan sobre las tendencias en el futuro, así, consolidan procesos acumulados de gestión del conocimiento, formación y capacitación, como estrategias privilegiadas para impulsar el desarrollo.

- Comunicar: el Consejo de Cuenca constituye un órgano representativo de los actores clave y los pobladores de la cuenca en lo que respecta a su ordenación y manejo, por lo cual entre los consejeros y los actores representados debe existir procesos comunicativos claros, amplios, asertivos, verídicos, basados en el principio del bien común. Así mismo, es vital establecer una red comunicativa que permita hacer partícipes a las poblaciones y comunidades sobre las decisiones, retroalimentarlas y socializarlas, para lo cual el consejo puede basarse en la herramienta de Tejido Socioambiental del río y en la Caja de Herramientas Socioambiental.

- Incidir: el Consejo de Cuenca incide en los procesos de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. Tal incidencia debe basarse en un ejercicio participativo, sustentarse técnicamente en un proceso formativo-comunicativo y basarse en el principio del bien común.

- Gestionar: el Consejo de Cuenca es también un escenario para la gestión social del agua y el territorio. La gestión implica la capacidad para fortalecer la gobernanza ambiental, desde la perspectiva en la que actores institucionales, entes territoriales, actores económicos, organizaciones sociales y la academia, garanticen que la oferta ambiental sea gestionada participativamente y el acceso equitativo a los recursos.

- Construir alianzas: el Consejo de Cuenca es un espacio articulador y que aspira a la discusión y consenso, para lo cual generar alianzas entre los gobiernos locales, las corporaciones, el sector económico, las organizaciones sociales y la academia para asumir tareas conjuntas con responsabilidad y compromiso en lo que respecta a la oferta natural.

- Planificar: el Consejo de Cuenca guía a los actores clave y a los pobladores en la identificación de la visión o el escenario deseado de la cuenca, propone las metas, los compromisos y los objetivos que se deben lograr para garantizar un escenario apuesta,

formula las estrategias necesarias para alcanzar la visión y los objetivos, incide y hace propuestas para asignar los recursos necesarios para alcanzar la visión y los objetivos, hace seguimiento y evaluación a las metas, los compromisos, los objetivos y las formulaciones, para garantizar su cumplimiento, ajuste o cambio.

- Ejecutar: el Consejo de Cuenca, las organizaciones y actores clave que lo componen, deben comprometerse en la ejecución del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica, su zonificación ambiental, sus programas y proyectos formulados. De la participación activa y comprometida del consejo, y de la gestión comprometida de la institucionalidad, depende hacer frente a las tendencias negativas que se observan en el futuro social y ambiental de la cuenca.

- Bien común: el bien común y el acceso equitativo a la oferta natural es el principio ordenador de la participación, la formación, la comunicación, la incidencia, la gestión, la construcción de alianzas, la planificación y ordenación de la cuenca, la ejecución de programas y proyectos, la evaluación del proceso de gestión social del agua generado por el POMCA.

- Evaluar: el proceso de evaluación garantiza el avance del POMCA y los resultados esperados, de manera que sea posible revertir las tendencias negativas identificadas en la cuenca hidrográfica. Esta figura se integra entre actores campesinos, investigadores y directivos académicos, representantes de los sectores económicos, institucionales del gobierno local y regional, organizacionales y de procesos locales en la administración rural del recurso hídrico, y propone un escenario de puesta en común de intereses, para superar los particulares y subir los comunes, los del colectivo que habita e interviene el territorio, y estos intereses comunes equipararlos con los de la naturaleza.

Teniendo en cuenta lo anterior más el proceso y las actividades descritas que tanto el contratista (Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño) como Cornare realizaron en el marco de las fases de aprestamiento y diagnóstico sobre todo para llevar a las comunidades el instrumento, así como las instancias relacionadas, entre las que está el consejo de cuenca.

El documento del POMCA del río Samaná Norte, describe el proceso de identificación de los actores locales clave, y las reuniones realizadas, incluso es posible observar que en los Municipios donde actualmente TNC viene implementando el proyecto de conservación de ecosistemas de agua dulce basada en comunidades (San Carlos, San Luis y san Francisco) se realizaron reuniones las cuales fueron convocadas por medios masivos como las cuñas radiales (Consorcio POMCA Oriente Antioqueño, 2017a).

Sin embargo, surgen algunas sugerencias desde el conocimiento que hemos tenido en el marco del proceso CBC y al revisar el documento del POMCA, algunas seguramente relacionadas por el cambio de contexto desde el momento que se realizó el proceso del POMCA y la actualidad.

- El proceso del POMCA y las convocatorias a reuniones, inician durante el 2015, año en donde gran parte de la población se encontraba desplazada por cuenta del conflicto armado, por lo que muchas de las personas que retornaron no conocen de proceso ni de la importancia del POMCA y sus instancias.

- Llama la atención que en el marco del proceso CBC, de las seis comunidades de trabajo (Veredas Boquerón y Pajui en el Municipio de San Francisco; Corregimiento Puerto Garza, Municipio de San Carlos; y Veredas la Garrucha y la Cristalina y Casco urbano de San Luis, Municipio de San Luis), solo en el casco urbano de San Luis, los participantes de los talleres conocían respecto del POMCA y una persona participa activamente del consejo de cuenca desde sus inicios. Los asistentes a los talleres en las otras cinco comunidades manifestaron no tener conocimiento acerca del POMCA y mucho menos del consejo de cuenca.

- Entendiendo las limitaciones logísticas y presupuestales del Consejo, es importante poder implementar una estrategia conjunta entre la Corporación, de la mano con las Alcaldías Municipales, que permita la difusión masiva de información relacionada con la importancia del POMCA como instrumento normativo, de ordenación y de jerarquía normativa superior y así poder incorporarlo de una manera más efectiva en la toma de decisiones veredales y municipales.

- En el mismo sentido, es importante hacer seguimiento al rol que, como multiplicadores de la información y receptores de intereses, inquietudes y necesidades de sus representados, tienen los consejeros.

- Es importante poder hacer evaluaciones y seguimiento a la gestión del consejo y de la efectividad de la implementación de las estrategias definidas en el POMCA mediante indicadores que permitan definir temas a mejorar y/o a incorporar.

- Se debe mejorar la reglamentación de los Consejos de cuenca, en aspectos como el acceso a la información, la integración de nuevos consejeros, la implementación de acciones a favor de los grupos marginados y la incorporación del componente de deliberación como pilar de la gobernanza hídrica (Castro-Buitrago et al., 2019).

26.1.2 El rol de las organizaciones comunitarias en las plataformas de toma de decisiones

Según la IUCN, El término gobernanza hace referencia a: “las interacciones entre estructuras, procesos y tradiciones que determinan cómo se ejerce el poder y las responsabilidades, cómo se toman las decisiones y cómo intervienen los ciudadanos u otros actores”, e incluye los mecanismos, procesos e instituciones mediante los cuales los ciudadanos expresan sus intereses, ejercen sus derechos, satisfacen sus obligaciones y resuelven sus diferencias.

En relación a Gobernanza de agua, El Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS 2012)39 menciona que “El concepto de Gobernanza del Agua reconoce la prioridad del agua como elemento fundamental para la vida en procesos de coordinación y cooperación de distintos y diversos actores sociales, sectoriales e institucionales que participan en su gestión integrada; y asume al territorio y a la cuenca como entidades activas en tales procesos, con el fin de evitar que el agua y sus dinámicas se conviertan en amenazas para las comunidades, y de garantizar la integridad y diversidad de los ecosistemas, para asegurar la oferta hídrica y los servicios ambientales”.

De acuerdo con lo anterior, uno de los principales espacios para la gobernanza del agua son las plataformas de toma de decisiones, las cuales son estructuras gubernamentales formales e

[39] https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/gobernanza-del-agua

informales formadas con la finalidad de articular sectores y actores diferentes para resolver problemas específicos (Zhang et al., 2020).

Las plataformas de toma de decisiones son especialmente relevantes en el contexto de los ecosistemas de agua dulce dado que, al reconocer las limitaciones del Estado, se acerca más a la gerencia descentralizada que favorece la participación e inclusión a la hora de tomar decisiones (Zhang et al., 2020). Espacialmente, las plataformas pueden funcionar a escala local, nacional, regional o a nivel internacional. Es posible que algunas plataformas se solapen para atacar problemas en diferentes escalas espaciales (Zhang et al., 2020).

En el caso particular de Colombia, a escala local, son las juntas de acción comunal (JAC), definidas según la ley 743 de 2002 en su artículo 8 como "una organización cívica, social y comunitaria de gestión social, sin ánimo de lucro, de naturaleza solidaria, con personería jurídica y patrimonio propio, integrada voluntariamente por los residentes de un lugar que aúnan esfuerzos y recursos para procurar un desarrollo integral, sostenible y sustentable con fundamento en el ejercicio de la democracia participativa" la estructura básica de gobernanza.

En muchos casos la junta es la única organización de la vereda y debido a sus facultades de interlocución con el Estado y sus instituciones, estar afiliado a una junta supone la posibilidad de acceder a sus beneficios. De esta manera, una JAC posibilita al campesino acceder con mayor facilidad a la institucionalidad y a los servicios sociales, y a la administración de la justicia, son también las principales depositarias de los proyectos sociales y de infraestructura, asociados a los planes de manejo ambiental de los proyectos asentados en la cuenca, así como los principales gestores de recursos a nivel municipal, regional y departamental. Las JAC tienen también en su lugar la gestión de los acueductos veredales y multi-veredales, y en la mayoría de las Juntas Administradoras de Acueductos Veredales coinciden con las JAC.

A escala de cuenca, los consejos de cuenca son la plataforma de toma de decisiones reconocida como "la instancia consultiva y representativa de todos los actores que viven y desarrollan actividades dentro de una cuenca hidrográfica" (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015) la Resolución 0509 del 21 de mayo de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, define que el Consejo estará integrado por: Comunidades indígenas tradicionalmente asentadas en la cuenca, comunidades negras asentadas en la cuenca que hayan venido ocupando tierras baldías en zonas rurales ribereñas de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción y hayan conformado su consejo comunitario de conformidad con la Ley 70 de 1993, Organizaciones que asocien o agremien campesinos, Organizaciones que asocien o agremien sectores productivos, personas prestadoras de servicios de acueducto y alcantarillado, organizaciones no gubernamentales (ONG) cuyo objeto exclusivo sea la protección del medio ambiente y los recursos naturales renovables, Las Juntas de Acción Comunal (JAC), Instituciones de educación superior, Municipios con jurisdicción en la cuenca, Departamentos con jurisdicción en la cuenca, Los demás que resulten del análisis de actores.

Según lo anterior las plataformas a escala de cuenca y a escala local deberían estar articulados por las organizaciones comunitarias, específicamente las JAC, pero esto no es lo que se evidencia en el territorio, ya que lo que sobresale es el desconocimiento de la importancia de las instancias a nivel local y de cuenca.

A pesar de esta situación, es importante reconocer el rol de varias organizaciones comunitarias que han encontrado en su interés por preservar el río su misión y que continuamente trabajan por difundir la importancia ambiental y social del rio Samaná Norte.

Vale la pena mencionar que los movimientos sociales alrededor de la protección del rio, fueron reconocidos como objetos de conservación relevante principalmente en el corregimiento de Puerto Garza y en el casco urbano de San Luis, por lo que harán parte de la implementación de algunas de las estrategias priorizadas, principalmente las relacionadas con fortalecimiento de capacidades para el monitoreo comunitario, con lo cual se espera aportar a la participación más efectiva de estas organizaciones en las plataformas/instancias de toma de decisiones.

En el departamento de Antioquia existen otros espacios para la participación comunitaria en la gestión de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, uno de esos espacios son las mesas ambientales municipales. Las mesas ambientales y sus procesos ya tienen un lugar ganado en el ejercicio de la ciudadanía ambiental en un número importante de municipios de Antioquia, y su articulación en redes constituye uno de los principales ejercicios de participación en escalas supramunicipales. En la medida que los temas ambientales despiertan mayor interés en la ciudadanía, con mayor fuerza en los jóvenes, las mesas ambientales y sus redes pueden seguir cumpliendo un rol importante en el territorio (Restrepo & Osorio, 2019)

El mismo autor (Restrepo & Osorio, 2019) hace una síntesis de los principales conflictos socioambientales por región en el departamento de Antioquia, para la subregión del oriente antioqueño que está integrada por 23 municipios. Cornare tiene presencia en estos 23 municipios, en dos (2) de la subregión nordeste y uno (1) de la subregión Magdalena medio. El contexto de estos municipios, en términos de lo que interesa a los actores que integran el Movimiento por la Defensa del Territorio MOVETE y la organización Avanso, son de diverso tipo: los impactos de la generación de energía eléctrica a través de centrales y micro centrales hidroeléctricas, en especial los asociados a los proyectos Porvenir I y II que están proyectados en el río Samaná norte que cruza la Autopista Medellín Bogotá a la altura del municipio de San Luís y las más de 100 micro centrales de energía que pretenden instalarse en las fuentes de agua de los 23 municipios; los impactos de la expansión urbana sobre los suelos rurales destinados a la agricultura campesina en la zona del Altiplano donde se ubica Rionegro, y la zona de los embalses donde se encuentra Guatapé; los impactos de los monocultivos del aguacate en la zona Páramo y el Altiplano, el uso indiscriminado de agro tóxicos en la agricultura (Corporación Conciudadanía, 2017).

Para responder de manera articulada a este contexto histórico de conflictos las instituciones formales han hecho algunos esfuerzos como por ejemplo la ordenanza número 58 de 2014 que en su artículo 2 se crea La Red Departamental de Mesas Ambientales que tiene como objetivo brindar “apoyo en el proceso de administración eficiente del patrimonio ambiental y el desarrollo ambientalmente sostenible de la región, ente unificador de escenarios de planificación del territorio en el marco de la participación ciudadana, en los asuntos que le atañen, especialmente en materia de gestión del patrimonio ambiental en el Departamento de Antioquia, y tiene el propósito de coadyuvar en la administración y desarrollo sostenible del patrimonio ambiental, orientando sus actividades a la protección de la diversidad del medio ambiente” y a su vez estas Red departamental se incorpora al Consejo departamental ambiental (CODEAM).

Existen actualmente dos propuestas de implementación de la ordenanza 58 de 2014, una conformada por las instituciones formales Secretaría de Medio Ambiente de la Gobernación de Antioquia y las CARs (Corantioquia, Cornare, Corpourabá, Área Metropolitana del Valle de Aburrá) y por otro lado las mesas ambientales que inconformes por no estar incluidas en dicho Comité Interinstitucional, y preocupadas porque sus propuestas para la implementación de la ordenanza no fueran visibles y tenidas en cuenta, elaboraron una propuesta de implementación de la ordenanza. A la fecha, no existen acuerdos entre la institucionalidad y las mesas ambientales respecto de esta implementación (Restrepo & Osorio, 2019).

Sin embargo, para el oriente antioqueño las institucionalidad ciudadana ambiental funciona diferente puesto que como señala (Restrepo & Osorio, 2019) "en el oriente antioqueño no existen mesas ambientales propiamente dichas. Existen organizaciones integradas por personas naturales pertenecientes a procesos ciudadanos, comunitarios, ecológicos, campesinos, juveniles. Sergio Márquez (2018), líder de Avanso, indica que "en el 2003 surge una organización en la zona Valles de san Nicolás, y en 2013 decide ampliar su cobertura a toda la subregión y hace unos 4 años, cambiando su nombre a Avanso. Se transforma y nace Avanso con la intención de articular organizaciones legales o no legales constituidas; por eso hablan de organizaciones y procesos socioambientales (...) Crear términos, relaciones y confianzas para que el modelo que queremos desarrollar sea una articulación de todas las organizaciones y procesos socioambientales que funcionen como Red; aquí no tenemos el nombre de mesas. Se han ido creando algunas, pero las ha creado las administraciones municipales por un comunicado que sacó la secretaria de medio ambiente, pero no son procesos desde la ciudadanía". Márquez (2018) también expresa que Avanso, "(...) es una organización regional para la jurisdicción de Cornare, hay una representación a nivel municipal y allí se conforma a partir de estas representaciones municipales una vocería ante la asamblea, intentamos que haya un representante por cada municipio. Pero las organizaciones de cada municipio se ponen de acuerdo en su voto y a quien representa. Hacen parte de Avanso, 19 municipios de los 26 de Cornare, por ejemplo, San Rafael, San Carlos, Cocorná, San Luis, Marinilla, Carmen de Viboral, entre otros".

La historia del Oriente antioqueño está marcada por los conflictos socioambientales, en Libro ***San Carlos, Memorias del éxodo en la guerra,*** los miembros del grupo de memoria histórica hacen una descripción detallada de la historia de las dinámicas de uso y apropiación de los recursos naturales cuyos impactos se sufren hasta el día de hoy en la región. Sobre el origen los autores señalan que "La construcción en los años ochenta de embalses y de centrales eléctricas, dada la singular y enorme riqueza hídrica de la zona, significó para los sancarlitanos la transformación de su hábitat y de su modo de apropiación de este. A su vez este proceso ocasionó que la comunidad se organizara en un clamoroso movimiento cívico, que no sólo se extendió por todo el oriente antioqueño, sino que además alentó a dichas localidades a ir más lejos en sus reivindicaciones legítimas, impactando de diversas maneras la dinámica política tradicional" (Sánchez & CNRR, 2011).

Aun por estos días existen organizaciones de nivel internacional haciendo procesos de desminado en la cuenca del rio Samaná Sur y campesinos que sigue retornando a sus predios abandonados en el pasado en los municipios de las dos cuencas.

Las iniciativas para la conservación de la biodiversidad en algunos casos pueden generar conflictos derivados de las interacciones entre beneficiarios de los servicios que proveen los ecosistemas, este

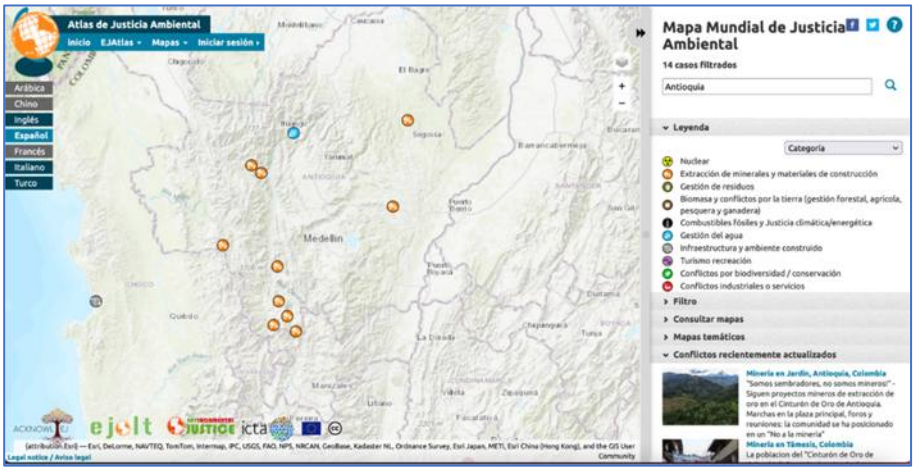
es el caso del proceso de la delimitación de páramos referenciado en el artículo *Disputas y conflictos en torno a la delimitación de los complejos de páramos en Colombia* por las autoras (Piedrahita Arcila & Peña Padierna, 2016).

Dentro de los resultados de la revisión las autoras encuentran que comparado con el departamento de Caldas y con respecto a los conflictos generados con la delimitación de páramos (Piedrahita Arcila & Peña Padierna, 2016) señalan que en Antioquia los procesos comunitarios funcionan de una manera más articulada a las JAC que han sido actores fundamentales en la cohesión de los campesinos en el territorio, pues han tenido una presencia más constante y han logrado legitimidad con las administraciones municipales. Así mismo, algunos campesinos se han articulado alrededor de organizaciones de víctimas del conflicto armado y de grupos ambientales presentes en municipios como Sonsón. Concluyen también que la delimitación de los páramos del país no se trate solamente de un ejercicio noble de gobernanza ambiental y de conservación de los recursos, sino que es un ejercicio pensado en el marco de un modelo de desarrollo extractivista, jerárquico e impositivo y, por ende, conflictivo.

Por otro lado, también sugieren que un modelo de desarrollo, para las regiones debe contemplar la satisfacción de las necesidades de la comunidad, procurando una vida digna, en el cual el objetivo debe ser brindar el máximo de bienestar y felicidad posible, facilitando la habitabilidad de los territorios en sana convivencia y armonía con la naturaleza. Este ha de ser el fondo del debate frente a los problemas socioambientales ocasionados con las llamadas locomotoras del progreso.

Algo que parece quedar claro después de la revisión de algunas publicaciones al respecto es que tanto los actores académicos y las organizaciones comunitarias son conscientes que para lograr la sostenibilidad en las cuencas es imprescindible la atención a los conflictos ambientales históricos y la resolución de disputas recurrentes que se han presentado a partir de estos. Existen diferentes espacios e iniciativas que documentan estos conflictos a escala global, regional y local. En la Figura 481 se presenta el mapa de los conflictos socioambientales reportados para el departamento de Antioquia a esta iniciativa global.

Figura 481. Conflictos socio ambientales identificados en el Atlas de Justicia ambiental para el departamento de Antioquia



Fuente: https://ejatlas.org/?translate=es , consultado el 30 de septiembre de 2021

26.2 Estrategias participativas de seguimiento y control

26.2.1 Introducción sobre percepción de comunidades y participación en toma de decisiones

Para TNC el rol de las comunidades en la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad asociada es fundamental, en este sentido, el trabajo que realiza TNC de la mano con los pueblos indígenas y comunidades locales, relacionados con conservación de la naturaleza y desarrollo sostenible, es orientado por el marco llamado (Voz elección y acción- VCA por sus siglas en inglés) y se basa en que el liderazgo de los pueblos indígenas y las comunidades locales es esencial para lograr objetivos compartidos (The Nature Conservancy, 2017b).

El marco VCA está fundamentada en cuatro pilares interconectados que deben ser implementados como un balance integral para que se refuercen entre ellos, mientras se desarrollan a través del tiempo y llegan a los resultados esperados (Zhang et al., 2020):

- Asegurar los derechos sobre los Territorios y Recursos.
- Liderazgo comunitario y capacidades fortalecidas.
- Plataformas multi-actores eficientes para la toma de decisiones.
- Oportunidades de desarrollo económico ambientalmente sostenibles.

Articulado al VCA y con el fin de asegurar que la cultura, las personas y sus conocimientos sean la base en los procesos de gestión de la naturaleza, para el proceso CBC se está implementando la metodología conocida como de "Planificación de territorios saludables (HCP Healthy country Planning)[40]" esta metodología de trabajo comunitario utiliza enfoques de facilitación y herramientas adaptadas a las necesidades de la comunidad, HCP se enfoca en la participación, el compromiso y el desarrollo de capacidades en las comunidades. El enfoque HCP reconoce que es más probable que un plan tenga éxito cuando las personas que lo implementan están empoderadas a través del proceso y creen en su plan.

HCP proporciona un enfoque y un conjunto de herramientas para unir el conocimiento de la comunidad y la ciencia, las partes se entienden y proporcionan una plataforma para implementar las soluciones adecuadas (ver Figura 482).

[40] https://www.ccnetglobal.com/resource/healthy-country-planning/

Figura 482. Esquema metodología general metodología planificación de territorios saludables. Adaptado documento fichas de referencia (2012)



Fuente: TNC, 2012

La metodología se basa en talleres y reuniones con la comunidad, en donde se identificaron los objetos de conservación, los elementos de bienestar humano y los servicios ecosistémicos relacionados con ***ecosistemas de agua dulce***, de importancia estratégica para las comunidades, paralelamente, se revisó el estado de salud de cada uno de estos objetos, sus amenazas asociadas y posibles estrategias para mejorar sus condiciones entre las que se priorizaron temas asociados a los cuatro pilares del VCA, entre los cuales el monitoreo comunitario surge como un interés común relacionado con diferentes aspectos del territorio, desde su conocimiento hasta la identificación de impactos de acciones y la identificación de elementos llamativos de la biodiversidad que puedan representar oportunidades económicas sostenibles como el turismo para observación de aves.

Dado el proceso comunitario para la identificación y priorización de las estrategias entre las que se encuentra el monitoreo comunitario para mantener/mejorar el estado de los objetos de conservación, se espera que con el acompañamiento del proyecto CBC, se aporte a la gobernanza que como comunidades locales tienen sobre su ecosistema de agua dulce principal, que es la cuenca del Río Samaná Norte.

El Monitoreo comunitario es reconocido como un "instrumento de participación social, multinivel que puede generar una mayor apropiación y gestión de los recursos naturales, identificando su estado actual y su conservación de tal manera que puedan generarse estrategias para su uso y manejo"[41]. "El monitoreo participativo fomenta la organización, colaboración y concientización de las poblaciones, al favorecer el intercambio de capacidades y coordinación, movilizando a la comunidad en defensa de sus recursos, estableciendo indicadores que faciliten hacer seguimiento sobre la condición en la que se encuentran los servicios ecosistémicos prestados y el grado de magnitud de los impactos asociados" [4].

41

http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35300/P%204.3%20Monitoreo%20Comunitario.pdf?sequence=2&isAllowed=y

26.2.2 Monitoreo comunitario como estrategia de participación y reconocimiento de las comunidades en seguimiento y control de sus recursos naturales y de la apropiación del territorio

Desde el programa de conservación de comunidades en TNC Colombia se han venido desarrollando propuestas de monitoreo comunitario para fortalecer la capacidad de las organizaciones comunitarias en la gestión de los recursos de los que dependen sus medios de vida. El enfoque conceptual ha sido que, la conservación basada en comunidades está basada en la idea de que, si la conservación y el desarrollo podrían lograrse simultáneamente, entonces se podrían servir los intereses de ambos. Ha sido controvertido porque los objetivos de desarrollo comunitario no son necesariamente consistentes con la conservación (Fikret Berkes, 2004).

Por otro lado, durante el siglo pasado, la conservación se ha basado en gran medida en los parques nacionales controlados por los gobiernos centrales, un modelo adoptado por gran parte del mundo como la principal, si no la única, forma de llevar a cabo la conservación. ¿Es el nivel nacional el único en el que se pueden tomar medidas de conservación? Algunos académicos han enfatizado la importancia de la conservación de la biodiversidad a nivel global y han sugerido que las soluciones deben ser impuestas por agencias internacionales (F. Berkes, 2007).

Otros han enfatizado la conservación basada en la comunidad y otros, la privatización de áreas de conservación. Ha habido mucho debate sobre los méritos de estas diversas soluciones, pero poca discusión sobre enfoques pluralistas, como la distribución de autoridad entre múltiples instituciones o consideraciones sobre las formas de utilizar la diversidad institucional en general (F. Berkes, 2007).

El monitoreo comunitario es una poderosa herramienta para la conservación basada en comunidades para la implementación, seguimiento y monitoreo de las estrategias de conservación. Los programas de monitoreo de la biodiversidad a largo plazo y con base local son esenciales para comprender y mitigar los efectos del cambio global en la biodiversidad tropical, al mismo tiempo que brindan capacitación, educación ambiental y divulgación pública. Sin embargo, estos programas faltan en la mayoría de los países tropicales (Şekercioğlu, 2012).

The Nature Conservancy (TNC) viene implementando desde Julio de 2019, un proyecto de conservación de ecosistemas de agua dulce basado en comunidades, cuyo objetivo es proteger ecosistemas de agua dulce de importancia crítica en América del Sur, específicamente en Colombia Ecuador y Brasil a través de iniciativas de conservación identificadas y priorizadas por las comunidades en las cuencas hidrográficas de trabajo.

26.2.3 El Rol del enfoque de género, equidad e intergeneracional en el monitoreo comunitario

Dada la creciente evidencia que indica que excluir los aportes de las mujeres de los proyectos y las políticas de conservación puede provocar proyectos menos integrales y eficaces, para TNC garantizar la inclusión efectiva del enfoque de género en los procesos de conservación es fundamental (The Nature Conservancy, 2020).

Es fundamental reconocer que mujeres y hombres tienen diferente acceso, uso, control, beneficios y dependencia de los recursos naturales; y sus puntos de vista se incluyen de manera desigual en la

toma de decisiones ambientales en todos los niveles[42]. Esta diferencia se constituye en una oportunidad de gestionar de manera eficiente un territorio o recurso, y una de las maneras de hacerlo es mediante la incorporación del enfoque en los procesos de monitoreo comunitario.

Al considerar la participación igualitaria de mujeres y hombres en el monitoreo, se diversifican las capacidades, se generan acciones más sólidas y efectivas, y se generan espacios para que la opinión de los diferentes actores sea escuchada. Además, se contribuye al fortalecimiento y se complementan capacidades dentro de los equipos de monitoreo, generando conocimientos más robustos y mayor entendimiento sobre el co-manejo de los recursos naturales[43].

Considerando el involucramiento que el monitoreo comunitario participativo implica, el enfoque de género e intergeneracional deber ser un pilar en el ejercicio del diseño e implementación de una iniciativa de monitoreo comunitario participativo, dado que muchos saberes y conocimiento tradicional y ancestral del territorio, se está perdiendo por falta de relevo generacional, el monitoreo puede ser una herramienta para evitar esta pérdida de conocimiento (Yepes et al., 2018).

En general, se presentan algunas recomendaciones para la incorporación efectiva del enfoque de género en cualquier proceso o proyecto, incluyendo el monitoreo comunitario:

- Aunque el enfoque de género e intergeneracional deberían considerarse en todas las etapas de un proyecto o programa y de ser posible desde el principio, nunca es demasiado tarde para incorporarlos y adaptarlos a los proyectos y actividades.
- Diferentes técnicas y áreas de uso entre mujeres y hombres podrían ayudar a mejorar los procesos de protección, restauración y uso sostenible de los recursos naturales.
- Los proyectos de conservación deben trabajar para lograr que mujeres y hombres obtengan beneficios equitativos derivados del uso sostenible de los ecosistemas locales.
- Es importante identificar factores determinantes en el enfoque de género en cada lugar específico, para definir las estrategias y las herramientas para gestionarlas o adecuarlas a las metas del Proyecto.

26.2.4 Planes de conservación comunitaria como insumos para la planificación, el seguimiento y control a escala local, municipal y regional

Los planes de conservación comunitario son los documentos que sintetizan el proceso de revisión y planificación comunitaria que ha resultado en la identificación de objetivos de conservación relacionados con los ecosistemas de agua dulce, su biodiversidad asociada, el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades asociadas a la cuenca del Río Samaná Norte y las estrategias y los mecanismos de implementación priorizados para alcanzar estos objetivos compartidos. Estos planes de conservación son formulados usando herramientas de estándares abiertos para la conservación y son socializados y ajustados a las necesidades de las comunidades locales.

[42] https://www.iucn.org/es/news/mexico-america-central-y-el-caribe/202109/enfoque-de-genero-en-acciones-de-conservacion-el-dialogo-en-el-congreso-mundial-de-la-uicn

[43] https://panorama.solutions/es/building-block/igualdad-de-genero-en-el-monitoreo-comunitario

Como resultado del proceso CBC cada comunidad de trabajo recibirá un documento a manera de plan comunitario de conservación que incluye los aspectos específicos desarrollados mediante la implementación de la metodología de territorios saludables (HCP). Parte importante de estos documentos son las metodologías e indicadores relacionados con el monitoreo comunitario, los cuales son insumos importantes para el seguimiento y control no solo al proceso CBC sino a cualquier otro proceso que se realice en el territorio y que incida de una u otra manera sobre los objetos de conservación priorizados.

Los planes de conservación son documentos vivos que para este caso se enfocan en los ecosistemas de agua dulce, pero que se pueden aplicar ya sea al territorio como un todo o a ecosistemas-sitios específicos.

Estas herramientas de planificación deben incluir lineamientos sobre las acciones necesarias para lograr metas de conservación y como hacer monitoreo del progreso hacia las metas para ajustar las prácticas adecuadamente, adicionalmente son la hoja de ruta para dirigir los esfuerzos y organizar la gestión para lograr los resultados esperados.[44] Estos planes deben estar alineados con otros instrumentos de planificación y gestión local, municipal, regional y a escala de cuenca como el POMCA, con el fin de contribuir a objetivos de conservación de mayor escala y a poder contar con recursos para su implementación, entre otros.

Una de las estrategias para la sostenibilidad de los procesos referidos en los planes de conservación y que contribuye directamente a la gobernanza en relación a los ecosistemas de agua dulce en la cuenca del río Samaná norte, es la articulación institucional que respalde técnica y operativamente la continuidad en la implementación de las estrategias priorizadas, dentro de las cuales el monitoreo comunitario puede contribuir significativamente al logro de objetivos compartidos de conservación y de desarrollo sostenible.

Un elemento importante de los planes de conservación es el monitoreo de los ecosistemas de agua dulce a partir de herramientas prácticas que puedan transferirse a las comunidades, una de estas herramientas es el protocolo de evaluación visual de cauces que TNC ha venido implementando en proyectos de conservación de ecosistemas de agua dulce en Colombia.

El Protocolo de Evaluación Visual de Corrientes de Agua (SVAP) es un protocolo nacional que provee una evaluación inicial de la condición general de las corrientes de agua vadeables, sus zonas riparias y sus hábitats acuáticos. es una herramienta preliminar de evaluación cualitativa que valora las características que afectan las condiciones generales de las corrientes a escala de cada propiedad. La herramienta evalúa visualmente las características físicas, químicas y biológicas dentro de un tramo específico del corredor fluvial. Debido a su naturaleza cualitativa, puede que el protocolo no detecte todos los factores causantes de los problemas de conservación de la corriente evaluada, especialmente si tales factores son el resultado del uso del suelo en otras partes de la cuenca hidrológica. Sin embargo, proporciona un medio para evaluar las condiciones del sitio en el contexto de la cuenca más grande.

[44] https://www.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/fauna-y-flora/programas-de-conservacion

Adicionalmente se están desarrollando ejercicios de monitoreo comunitario con organizaciones comunitarias de la cuenca Samaná Norte incluyendo los siguientes grupos biológicos: Aves, Mamíferos, plantas, Herpetos y monitoreo bioacústico. Esta es una iniciativa en convenio con la Universidad de Antioquia que espera fortalecer los mecanismos de gobernanza local a partir de generar capacidades para levantar información sobre aspectos básicos de la biodiversidad en sitios prioritarios de la cuenca.

Capítulo 19. Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se consolidan las conclusiones y recomendaciones más relevantes para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

- ✓ *Cuenca del río Samaná Norte*

Los objetos de conservación priorizados se concentran en 14 tramos de río sobre la Q. La Salada, Q. La Tebaida, Q. Romasón, Q. San Pedro, Q. Santa Bárbara Parte Alta, río Cocorná, río Dormilón, río Melcocho, río Samaná Norte, río San Lorenzo, Río Tafetanes y río Verde Los Montes Parte Baja; los cuales prestan servicios ecosistémicos de retención hídrica, almacenamiento de carbono y calidad del hábitat alta debido a la gran oferta atmosférica en términos de precipitaciones y reservas de bosques que contribuyen a la regulación hídrica, la captura de dióxido de carbono y corredores biológicos para el tránsito y mantenimiento de las especies. Sin embargo, debido a las actividades antropológicas estos tramos de río presentan características de altos aportes de fósforo y nitrógeno lo que se debe al uso de diferentes implementos como fertilizantes y pesticidas en gran proporción para el establecimiento de sistemas agropecuarios lo que puede alterar la calidad de las fuentes hídricas y por ende la provisión de sus servicios ecosistémicos para el mantenimiento del ecosistema. Cabe resaltar que los ríos San Pedro y Cocorná presta un alto servicio ecosistémico de recreación y turismo, lo que indica un alto valor ecoturístico y paisajístico que debe articularse con una adecuada gestión de los recursos para la conservación y protección de los objetos de conservación priorizados.

Los resultados del índice de sostenibilidad integrado en el escenario de los proyectos hidroeléctricos en operación, construcción, con licencia ambiental y concesión de agua; tiene como fin recomendar el 91% del área de la cuenca con oportunidad de manejo 1, 6% con oportunidad de manejo 2 y 3% con oportunidad de manejo 3, para la administración de los recursos con un estudio más detallado de las actividades permitidas teniendo en cuenta las dinámicas actuales de la cuenca, la articulación con los instrumentos de planificación ambiental y los objetos de conservación. Se debe tener en cuenta que la oportunidad la manejo no es una zonificación para la toma de decisiones, sino unas condiciones de oportunidad de manejo de la cuenca del río Samaná Norte enfocadas a actividades que se orienten a la conservación, a la restauración y/o al uso sostenible con el fin de mejorar y mantener la Sostenibilidad de la Cuenca.

Con la armonización de las categorías de oportunidad de manejo que se obtiene a partir de los resultados del Índice de Sostenibilidad bajo el escenario 3 y el cual integra los índices de gestión del riesgo y vulnerabilidad y riesgo al cambio climático junto con las categorías de ordenamiento del POMCA de la cuenca del río Samaná Norte, en donde desde un análisis prospectivo y tendencial determina áreas de conservación y protección ambiental y uso múltiple para la Sostenibilidad Ambiental de la cuenca; se identificaron áreas en conflicto correspondientes a 24 subcuencas NSS-3 en conflicto Nulo; 30 subcuencas NSS-3 en conflicto Bajo, 50 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Bajo, 32 subcuencas NSS-3 en conflicto Medio, 31 subcuencas NSS-3 en conflicto Alto y 53 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Alto. De acuerdo con lo anterior, es posible identificar las áreas en conflicto medio, alto y muy alto que prestan servicios ecosistémicos característicos y objetos de conservación y tramos de río priorizados en donde se recomienda tener una administración especial de los recursos naturales para el mantenimiento de los ecosistemas y la sostenibilidad de la cuenca.

- ✓ *Cuenca del río Samaná Sur*

Los objetos de conservación priorizados se concentran en 8 tramos de río sobre el río Samaná Sur 21 (mi), Q. El Caney, Q. El Rosario, Q. Las Mercedes, Q. San Pablo, Río Claro y río Venus; los cuales prestan servicios ecosistémicos de retención hídrica, almacenamiento de carbono y calidad del hábitat alta debido a la gran oferta atmosférica en términos de precipitaciones y reservas de bosques que contribuyen a la regulación hídrica, la captura de dióxido de carbono y corredores biológicos para el tránsito y mantenimiento de las especies. Sin embargo, debido a las actividades antrópicas, estos tramos de río presentan características de altos aportes de entrega de sedimentos, de fósforo y nitrógeno lo que se debe al uso de diferentes implementos como fertilizantes y pesticidas en gran proporción para el establecimiento de sistemas agropecuarios lo que puede alterar la calidad de las fuentes hídricas y la calidad del suelo incrementando los procesos erosivos en algunas áreas y por ende la provisión de sus servicios ecosistémicos para el mantenimiento del ecosistema. Cabe resaltar que en las quebradas Las Mercedes, San Pablo y el Río Claro prestan un alto servicio ecosistémico de recreación y turismo, lo que indica un alto valor ecoturístico y paisajístico que debe articularse con una adecuada gestión de los recursos para la conservación y protección de los objetos de conservación priorizados.

En cuanto a la oportunidad de manejo a partir de los resultados del índice de sostenibilidad integrado en el escenario de los proyectos hidroeléctricos con licencia ambiental y concesión de agua (ya que actualmente en la cuenca no se encuentran proyectos hidroeléctricos en operación y/o construcción); tiene como fin recomendar el 90.7% del área de la cuenca con oportunidad de manejo 1; 0,7% con oportunidad de manejo 2 y 8,6% con oportunidad de manejo 3, para la administración de los recursos con un estudio más detallado de las actividades permitidas teniendo en cuenta las dinámicas actuales de la cuenca, la articulación con los instrumentos de planificación ambiental y los objetos de conservación. Se debe tener en cuenta que la con oportunidad de manejo no es una zonificación para la toma de decisiones, sino unas condiciones de oportunidad de manejo de la Cuenca del río Samaná Sur enfocadas a actividades que se orienten a la conservación, a la restauración y/o al uso sostenible con el fin de mejorar y mantener la Sostenibilidad de la Cuenca.

Con la armonización de las categorías de oportunidad de manejo que se obtiene a partir de los resultados del índice de sostenibilidad integrado bajo el escenario 3 y el cual integra los índices de gestión del riesgo y vulnerabilidad y riesgo al cambio climático junto con las categorías de ordenamiento del POMCA de la Cuenca del río Samaná Sur, en donde desde un análisis prospectivo y tendencial determina áreas de conservación y protección ambiental y uso múltiple para la Sostenibilidad Ambiental de la cuenca; se identificaron áreas en conflicto correspondientes a 1 subcuenca NSS-3 en conflicto Nulo, 16 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Bajo, 22 subcuencas NSS-3 en conflicto Bajo, 31 subcuencas NSS-3 en conflicto Medio, 24 subcuencas NSS-3 en conflicto Alto y 39 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Alto. De acuerdo con lo anterior, es posible identificar las áreas en conflicto medio, alto y muy alto que prestan servicios ecosistémicos característicos y objetos de conservación y tramos de río priorizados en donde se recomienda tener una administración especial de los recursos naturales para el mantenimiento de los ecosistemas y la sostenibilidad de la cuenca.

✓ *Recomendación*

El índice de sostenibilidad integrado es un mecanismo de gestión que contribuye a realizar una adecuada administración de los recursos naturales renovables, como herramienta que orienta la toma de decisiones en la cuenca frente a trámite y otorgamiento de las licencias ambientales.

En este contexto, se recomienda como mecanismo vinculante viable desde el punto de vista jurídico, adoptar este índice de sostenibilidad integrado mediante acuerdo corporativo del consejo directivo, dadas las atribuciones de este consagradas en los estatutos corporativos de Cornare.

Por consiguiente, el índice de sostenibilidad integrado puede ser incorporado a los instrumentos de licenciamiento ambiental de proyectos de PCH como instrumentos regulatorio de comando y control, a través del diseño de un protocolo de actuación que oriente la forma en que se requiere información dentro de los términos de referencia para los estudios ambientales (DDA y EIA) y la forma en que se evalúa la información aportada como base para la prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales de un proyecto de PCH en el marco de la licencia ambiental. Para esto, la corporación debe revisar si dentro de su capacidad instalada cuenta y además dispone, de los profesionales necesarios para calcular el índice de sostenibilidad integrado en sus cuencas y mantenerlo actualizado. Producto de la experiencia adquirida en el marco del desarrollo del convenio, se identifica que las capacidades mínimas para abordar el cálculo del índice de sostenibilidad integrado son:

- **Hidrología:** conocimiento y experiencia en los indicadores (ej. índice de vulnerabilidad hídrica). Recolección y procesamiento de información hidrológica, climática y variables físicas de las cuencas.
- **Geomorfología fluvial:** conocimiento y experiencia en los indicadores fluviales (ej. índice de calidad geomorfológica).
- **Administración ambiental:** experiencia y conocimiento en el proceso de licenciamiento ambiental y capacidades técnicas para la integración de variables, indicadores e índices.
- **Biología de ecosistemas acuáticos:** conocimiento y experiencia en los indicadores de biodiversidad (ej. índice de idoneidad de hábitat basado en múltiples especies). Recolección y procesamiento de información sobre biodiversidad acuática (con énfasis en peces) y servicios ecosistémicos.
- **Sociología o ciencias humanas:** experiencia en manejo y resolución de conflictos, e indicadores sociales (ej. indicador de pobreza multidimensional).
- **Economía o ingeniería ambiental:** conocimiento y experiencia en indicadores económicos (ej. indicador de generación de empleos directos).
- **Sistemas de información geográfica:** conocimiento y experiencia en el manejo, procesamiento y estructuración de capas cartográficas, análisis y consolidación de resultados espaciales.

Con estas capacidades, la propuesta inicial de protocolo para la operativización del índice de sostenibilidad integrado dentro del proceso de licenciamiento se plantea de la siguiente manera:

❖ **Etapa 0 - Preliminares**

- Cornare, mediante acuerdo del consejo directivo, adopta la metodología de cálculo del índice de sostenibilidad para las cuencas hidrográficas de la jurisdicción de Cornare.
- Mediante un acto administrativo Cornare adopta el índice de sostenibilidad integrado para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

❖ **Etapa 1 - Permiso de estudio**

- Cornare deberá ajustar los términos de referencia para la solicitud de permisos de estudio incorporando que, como parte de la evaluación del permiso se tomará como referencia el índice de sostenibilidad integrado.
- Cornare dispondrá en su página web el índice de sostenibilidad integrado para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, de tal forma que sea considerado por el usuario que solicita la licencia como parte de los análisis del área de estudio.
- La resolución a través de la cual se otorga el permiso de estudio informará de acuerdo con el polígono del área de estudio el índice de sostenibilidad de la cuenca correspondiente.
- Como parte de los reportes semestrales que entrega el usuario a la corporación, este deberá incorporar un análisis conceptual en términos del índice de sostenibilidad integrado.
- Mediante el acto administrativo por el cual se archiva el permiso de estudio y se toman otras determinaciones, se establecerán las recomendaciones conforme al índice de sostenibilidad integrado.

❖ **Etapa 2 - Diagnóstico ambiental de alternativas (DAA)**

- Cornare ajustará los términos de referencia para solicitar que el usuario incluya en las estrategias de manejo y de seguimiento y monitoreo de las distintas alternativas el índice de sostenibilidad de la cuenca y/o las recomendaciones derivadas del resultado del permiso de estudio en relación con el índice de sostenibilidad.
- El usuario suministra a Cornare las alternativas del proyecto a licenciar, indicando el impacto en los indicadores de la dimensión ambiental, económica y social que componen el índice de sostenibilidad integrado.
- Cornare verifica para cada una de las alternativas el índice de sostenibilidad integrado y define la mejor alternativa de acuerdo con la oportunidad de las unidades de influencia (impacto) del proyecto:
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 1: la alternativa debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 2: la alternativa debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser mejor que la condición pre-proyecto.
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 3, debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.

- Con base en la información anterior y el análisis de las alternativas comparables, presentadas por el usuario, se conceptúa sobre la alternativa ambientalmente más viable
- Cornare utilizará el índice de sostenibilidad integrado como herramienta para la evaluación del DAA y la toma de decisiones.

❖ **Etapa 3 – Estudio de impacto ambiental**

- Cornare ajustará los términos de referencia para recomendar que el usuario incluya en las medidas de manejo y de seguimiento y monitoreo del índice de sostenibilidad de la cuenca y/o las recomendaciones derivadas del resultado del permiso de estudio y/o del DAA en relación con el índice de sostenibilidad.
- El usuario suministra a Cornare la identificación de impactos ambientales, económicos y sociales y la afectación en los indicadores que componen el índice de sostenibilidad integrado.
- Cornare calcula el índice de sostenibilidad integrado incorporando la información suministrada por el usuario en la condición pre-proyecto, post-proyecto y post-proyecto con plan de manejo.
- Cornare analiza las 3 condiciones descritas anteriormente utilizadas así:
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 1: la medida de manejo debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 2: la medida de manejo debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser mejor que la condición pre-proyecto.
    - Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 3, debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.
- Cornare utilizará el índice de sostenibilidad integrado como herramienta para la evaluación del estudio de impacto ambiental y la toma de decisiones.

❖ **Etapa 4 Modificación de licencia**

- Cornare ajustará los términos de referencia para orientar al usuario en las medidas de manejo y de seguimiento y monitoreo del índice de sostenibilidad de la cuenca, cuando aplique el trámite de modificación de licencia.
- El usuario suministra a Cornare la identificación de los nuevos impactos ambientales, económicos y sociales y la afectación en los indicadores que componen el índice de sostenibilidad integrado.
- Cornare calcula el índice de sostenibilidad integrado incorporando la información suministrada por el usuario en la condición pre-proyecto, post-proyecto y post-proyecto con plan de manejo.
- Cornare analiza las 3 condiciones descritas anteriormente utilizadas así:

- Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 1: la medida de manejo debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.
- Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 2: la medida de manejo debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser mejor que la condición pre-proyecto.
- Si el proyecto está en una unidad con mejor oportunidad de manejo 3, debe garantizar que el índice de sostenibilidad integrado en la condición post-proyecto debe ser igual o mejor que la condición pre-proyecto.

- Cornare utilizará el índice de sostenibilidad integrado como herramienta para la evaluación de la modificación de la licencia.

❖ **Etapa 6 Control y seguimiento, cierre y abandono**

- Cornare incluirá una obligación para que el usuario en las etapas de control y seguimiento cierre y abandono, suministre la información necesaria para determinar el estado del índice de sostenibilidad.

Así mismo se recomienda establecer el índice de sostenibilidad integrado para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, mediante acto administrativo del director de Cornare, en la que defina como referente de revisión y evaluación de los estudios técnicos que se pretende en los procesos de licenciamiento ambiental de proyectos, obras o actividades que se desarrollen en la zona.

Tanto el acuerdo corporativo como el acto administrativo son los mecanismos viables jurídicamente, que permitirán soportar la implementación de las acciones de manejo propuestas por el equipo de trabajo en materia de sostenibilidad, a través de la obligación derivada de licenciamiento Ambiental para proyectos, obras o actividades que se pretendan ejecutar en la zona.

La figura de reservas fluviales se reconoce como una estrategia complementaria de conservación, que no tiene definiciones específicas en la legislación colombiana y que ella de forma individualmente considerada, así como las ECC en sí mismas, no se han reglamentado a nivel nacional.

Dada la connotación de bienes de uso público que ostenta los cuerpos de agua en Colombia, es una figura que solo podría ser establecida por las instituciones públicas en el marco de las competencias ambientales establecidas en la legislación, por lo que sin existir una regulación específica no es posible que CORNARE la pueda utilizar para la protección de las cuencas o transectos de cuenca identificados como críticos.

Referencias

Adamowicz, W. L., Naidoo, R., Nelson, E., Polasky, S., & Zhang, J. (2011). Nature-based tourism and recreation. In P. Kareiva, H. Tallis, T. H. Ricketts, G. C. Daily, & S. Polasky (Eds.), *Natural Capital* (pp. 188–205). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199588992.003.0011

Afgan, N. H., Carvalho, M. G., & Hovanov, N. V. (2000). Energy system assessment with sustainability indicators. *Energy Policy*, *28*(9), 603–612. https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00045-8

Agricultura, M. de. (2019). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2019)*. Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA (2019).

Agudelo Daniela. (2020). *Puerto Garza: "El paraíso escondido". Conflictos hídricos y sociambientales alrededor del río Samaná Norte, Oriente Antioqueño.* Universidad de Antioquia.

Alcadía de Argelia. (2020). *Plan De Desarrollo Argelia 2020-2023 "El desarrollo es pa ' todos"*.

Alcaldía de Cocorná. (2013). *AJUSTE ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2014-2027*.

Alcaldía de Cocorná. (2020). *Plan de Desarrollo Cocorná 2020-2023 "Cocorná es esperanza."*

Alcaldía de El Carmen de Viboral. (2017). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial El Carmen de Viboral, Antioquia*. 318.

Alcaldía de El Carmen de Viboral. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023. Más Cerca Más Oportunidades*.

Alcaldía de El Santuario. (2000). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el Municipio de El Santuario, Antioquia*.

Alcaldía de El Santuario. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 El Santuario, Antioquia*. 129.

Alcaldía de Granada. (2002). *Ajuste Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Granada*.

Alcaldía de Granada. (2020). *Plan de Desarrollo Granada 2020-2023: Unidos por una Granada Mejor*. *20*, 1–291.

Alcaldía de Nariño. (2020a). *Ajuste Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Granada*.

Alcaldía de Nariño. (2020b). *PLAN DE DESARROLLO " JUNTOS POR AMOR A NARIÑO " ANTIOQUIA Desarrollo Territorial 2020 - 2023* (Vol. 07).

Alcaldía de Norcasia. (2020). *Plan de Desarrollo Norcasia*.

Alcaldía de Pensilvania. (2020). *Plan de Desarrollo Municipio de Pensilvania Caldas*.

Alcaldía de Puerto Nare. (2020). *Plan de Desarrollo Municipio de Puerto Nare Antioquia 2020-2023 "Unidos constrimos el cambio." 002*(002), 292.

Alcaldía de Samaná. (2020a). *Plan de Desarrollo Territorial Samaná*.

Alcaldía de Samaná. (2020b). *Plan Territorial de Salud 2020-2023 Armonización con Plan de Desarrollo Municipio de Samaná Caldas*.

Alcaldía de Sonsón. (2001). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Sonsón*.

Alcaldía de Sonsón. (2020). *Plan de Desarrollo Territorial Juntos Construyendo Futuro 2020-2023*.

Alcaldía Municipal de San Francisco. (2018). *Ajuste Esquema de Ordenamiento Territorial de San Francisco* (Issue 10).

Alcaldía Municipal de San Francisco. (2020). *Plan de desarrollo municipal de San Francisco 2020-2023* (p. 195).

Alcaldia Municipal de San Luis. (2016). *Ajuste Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de San Luis*.

Alcaldia Municipal de San Luis. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal "Juntos por San Luis 2020-2023." 17*, 1–137.

Alcaldia San Carlos. (1999). *Esquema de ordenamiento territorial diagnóstico ambiental municipio de San Carlos*.

Alcaldia San Carlos. (2020). Plan De Desarrollo San Carlos Somos Todos 2020-2023. *2020*.

Alford, M. H. (2021). (Casearia quinduensis). In R Bernal, S. R. Gradstein, & M. Celis (Eds.), *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

Ali, R., Kuriqi, A., Abubaker, S., & Kisi, O. (2019). Hydrologic Alteration at the Upper and Middle Part of the Yangtze River, China: Towards Sustainable Water Resource Management Under Increasing Water Exploitation. *Sustainability*, *11*(19), 5176. https://doi.org/10.3390/su11195176

Alkemade, R., van Oorschot, M., Miles, L., Nellemann, C., Bakkenes, M., & ten Brink, B. (2009). GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. *Ecosystems*, *12*(3), 374–390. https://doi.org/10.1007/s10021-009-9229-5

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. In *Estudio FAO Riego y Drenaje*. https://doi.org/M-56

Álvarez-Villa, Ó. D. (2007). *Cuantificación de la Incertidumbre en la Estimación de Campos Hidrológicos. Aplicación al Balance Hídrico de Largo Plazo.* Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia.

Álvarez León, R. (2019). Registros de los hallazgos originales de peces dulceacuícolas de Colombia, entre 2010 y 2019. *Bol.Cient.Mus.Hist.Nat*, 259–279.

Alvarez, V. M., González-Real, M. M., Baille, A., & Martínez, J. M. M. (2007). A novel approach for estimating the pan coefficient of irrigation water reservoirs. *Agricultural Water Management*, *92*(1–2), 29–40. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.04.011

Amaya, G., Restrepo Tamayo, C., Vélez, M. V., Vélez, J. I., & Alvarez, O. D. (2009). MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DE TRES CUENCAS EN EL URABÁ ANTIOQUEÑO -

COLOMBIA. *Avances En Recursos Hidráulicos*, *0*(19 SE-).

Amoros, C., Roux, A. L., Reygrobellet, J. L., Bravard, J. P., & Pautou, G. (1987). A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. *Regulated Rivers: Research & Management*, *1*(1), 17–36. https://doi.org/10.1002/rrr.3450010104

Anderson, E. P., Freeman, M. C., & Pringle, C. M. (2006). Ecological consequences of hydropower development in Central America: Impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages. *River Research and Applications*, *22*(4), 397–411. https://doi.org/10.1002/rra.899

Andrade, S. H., Faria, V. E. M., Santos, P. P., & Barreira, M. C. (2012). Velocidades óptimas de nado por respirómetro: un análisis de tres especies neotropicales. *Neotrop. Ictiol.*, 805–8011.

Angarita, H, Santos Fleischmann, A., Rogéliz, C., Campo, F., Narváez Campo, G., Delgado, J., Santos, T., Santos, A., Herrera, R. G., & Jiménez Segura, L. F. (2020). Modificación del hábitat para los peces para la cuenca del río Magdalena, Colombia. In *Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible* (pp. 265–293).

Angarita, Héctor, Wickel, A. J., Chavarro, J., Escobar-arias, M. I., & Delgado, J. (2015). Implicaciones de la expansión de hidroenergía en los ecosistemas de humedales y planicies de inundación de la cuenca del Magdalena. *I CONGRESO NACIONAL RÍOS Y HUMEDALES*.

Angarita, Héctor, Wickel, A. J., Sieber, J., Chavarro, J., Maldonado-Ocampo, J. A., Herrera-R., G. A., Delgado, J., & Purkey, D. (2018). Basin-scale impacts of hydropower development on the Mompós Depression wetlands, Colombia. *Hydrology and Earth System Sciences*, *22*(5), 2839–2865. https://doi.org/10.5194/hess-22-2839-2018

Angermeier, P., & Winston, M. (1997). Assessing conservation value of stream communities: a comparison of approaches based on centres of density and species richness. *Freshwater Biology*, *37*(3), 699–710.

ANLA. (2017). Resolución 00977 de 2017. In *Resolución 822* (Issue 3382).

ANLA. (2018). *Resolución 01329 de 2018*.

Antonio, R., Agosthino, A., Pelicice, F., Bally, D. Y., & Okada, E. K. (2007). Blockage of migration routes by dam construction: can migratory fish find alternative routes? *Neotropical Ichthyology*, 177–184.

Areendran, G., Sahana, M., Raj, K., Kumar, R., Sivadas, A., Kumar, A., Deb, S., & Gupta, V. D. (2020). A systematic review on high conservation value assessment (HCVs): Challenges and framework for future research on conservation strategy. *Science of The Total Environment*, *709*, 135425. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135425

Arenas, J. (2017). *¿Qué son los Servicios Ecosistémicos?* https://www.restauraciondeecosistemas.com/que-son-los-servicios-ecosistemicos/

ASOPUNGRA - Asociación de Paneleros Unidos de Granada. (2016). *Economía de Granada*.

Aventure., B. T. &. (2020). *Lugares de ensueño para conocer en Norcasia, Caldas.*

Ayalew, T. B., Krajewski, W. F., Mantilla, R., Wright, D. B., & Small, S. J. (2017). Effect of Spatially Distributed Small Dams on Flood Frequency: Insights from the Soap Creek Watershed. *Journal*

of Hydrologic Engineering, *22*(7), 04017011. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001513

BAKIS, R., & DEMIRBAS, A. (2004). Sustainable Development of Small Hydropower Plants (SHPs). *Energy Sources*, *26*(12), 1105–1118. https://doi.org/10.1080/00908310390265932

Baptiste, P., García, M., Acevedo, O., Acosta, A., Alarcón, J., Arévalo, E., Avella, C., Blanco, A., Botero, J., Caicedo, R., & Martínez, C. (2020). *Grupo de Especialistas en Especies Invasoras ISSG.*

Barbier, E. B. (1987). The concept of sustainable economic development. *Environmental Conservation*, *14*(2), 101–110.

Basiago, A. D. (1998). Economic, social, and environmental sustainability in development theory and urban planning practice. *Environmentalist*, *19*(2), 145–161.

Bateman, I. J., Mace, G. M., Fezzi, C., Atkinson, G., & Turner, K. (2011). Economic Analysis for Ecosystem Service Assessments. *Environmental and Resource Economics*, *48*(2), 177–218. https://doi.org/10.1007/s10640-010-9418-x

Bautista, A. F. (2018). Análisis de accesibilidad y conectividad de la red vial intermunicipal en el micro-sistema regional de la provincia Centro en Boyacá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, *23*(1), 123–141. https://doi.org/10.19053/01233769.8058

Beechie, T. J., Liermann, M., Pollock, M. M., Baker, S., & Davies, J. (2006). Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems. *Geomorphology*, *78*(1–2), 124–141. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.01.030

Ben-Eli, M. (2015). Sustainability: definition and five core principles. *A Sustainability Laboratory Publication, New York*.

Benaim, A., Collins, A., & Raftis, L. (2008). *Social dimension of sustainable development: guidance and application*.

Berg, M. D., Popescu, S. C., Wilcox, B. P., Angerer, J. P., Rhodes, E. C., Mcalister, J., & Fox, W. E. (2016). Small farm ponds: Overlooked features with important impacts on watershed sediment transport. *Journal of the American Water Resources Association*, *52*(1), 67–76. https://doi.org/10.1111/1752-1688.12369

Berkes, F. (2007). Community-based conservation in a globalized world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(39), 15188–15193. https://doi.org/10.1073/pnas.0702098104

Berkes, Fikret. (2004). Rethinking Community-Based Conservation. *Conservation Biology*, *18*(3), 621–630. http://www.jstor.org/stable/3589072

Bernal, Rodrigo, Hoyos-Gómez, S. E., & Borchsenius, F. (2017). A new, critically endangered species of Aiphanes (Arecaceae) from Colombia. *Phytotaxa*, *298*(1), 65. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.298.1.6

Black, A. R., Rowan, J. S., Duck, R. W., Bragg, O. M., & Clelland, B. E. (2005). DHRAM: a method for classifying river flow regime alterations for the EC Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *15*(5), 427–446. https://doi.org/10.1002/aqc.707

Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-Benefit Analysis*.

Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108235594

Bodin, Ö., & Saura, S. (2010). Ranking individual habitat patches as connectivity providers: Integrating network analysis and patch removal experiments. *Ecological Modelling*, *221*(19), 2393–2405. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.06.017

Botero, J., & Botero, L. (1989). *Problemática del sistema Ciénaga Grande de Santa Marta, Delta Exterior del Río Magdalena. En: Colombia y el agua: tres aspectos*. Fescol.

Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, *63*(2–3), 616–626. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002

Brandon, P. S., & Lombardi, P. (2011). Evaluating Sustainable Development in the Built Environment. *Structural Survey*, *29*(2). https://doi.org/10.1108/ss.2011.11029bae.008

Brandt, P., Ernst, A., Gralla, F., Luederitz, C., Lang, D. J., Newig, J., Reinert, F., Abson, D. J., & von Wehrden, H. (2013). A review of transdisciplinary research in sustainability science. *Ecological Economics*, *92*, 1–15. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.04.008

Brierly, G. J., & Fryirs, K. (2005). Geomorphology and river management. *Applications of the River Styles Framework*.

Brinkhoff, P. (2011). *Multi-Criteria Analysis for Assessing Sustainability of Remedial Actions Applications in Contaminated Land Development*. *2011:14*.

Brodhag, C., & Taliere, S. (2006). Sustainable development strategies: Tools for policy coherence. *Natural Resources Forum*, *30*(2), 136–145. https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2006.00166.x

Brown, E., N. Dudley, A., Lindhe, D., R, M., Stewart, C., & Synnott, T. (2013). *High Conservation Values (HCVs) evaluation framework*. *61*(03), 1–20.

Brown, G., & Fagerholm, N. (2015). Empirical PPGIS/PGIS mapping of ecosystem services: A review and evaluation. *Ecosystem Services*, *13*, 119–133. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.10.007

Brundtland. (1987). *Our common future/world commission on environment and development*. WESTDEUTSCHER VERLAG GMBH POSTFACH 5829, W-6200 WIESBADEN, GERMANY.

BUNN, S. E., & ARTHINGTON, A. H. (2002). Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. *Environmental Management*, *30*(4), 492–507. https://doi.org/10.1007/s00267-002-2737-0

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, *21*, 17–29. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019

Cakir, R., Raimonet, M., Sauvage, S., Paredes-Arquiola, J., Grusson, Y., Roset, L., Meaurio, M., Navarro, E., Sevilla-Callejo, M., Lechuga-Crespo, J. L., Pascual, J. J. G., Bodoque, J. M., & Sánchez-Pérez, J. M. (2020). Hydrological alteration index as an indicator of the calibration complexity ofwater quantity and quality modeling in the context of global change. *Water (Switzerland)*, *12*(1). https://doi.org/10.3390/w12010115

Calderón, E. (1998). *(Casearia quiduensis) The IUCN Red List of Threatened Species*.

Capmourteres, V., & Anand, M. (2016). “Conservation value”: a review of the concept and its quantification. *Ecosphere*, *7*(10). https://doi.org/10.1002/ecs2.1476

Cárdenas-Rodríguez, E. S., & López-Feldman, A. (2015). Más allá del ingreso: pobreza y bienestar subjetivo en cuatro comunidades rurales de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, *12*(4), 483–498.

Carluer, N., Babut, M., Belliard, J., Bernez, I., Burger-Leenhardt, D., Dorioz, J.M.; Douez, O. Dufour, S., Grimaldi, C., Habets, F., Le Bissonnais, Y., Molénat, J., Rollet, A. J., Rosset, V., Sauvage, S., Usseglio-Polatera, P., & Leblanc, B. (2016). *Cumulative Impact of Reservoirs on the Aquatic Environmen*. *May 2016*, 146.

Carvajal-Quintero, J. D., Escobar, F., Alvarado, F., Villa-Navarro, F. A., Jaramillo-Villa, Ú., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2015). Variation in freshwater fish assemblages along a regional elevation gradient in the northern Andes, Colombia. *Ecology and Evolution*, *5*(13), 2608–2620. https://doi.org/10.1002/ece3.1539

Carvajal, J. (2008). *Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia* (Igeominas (ed.)).

Carvajal Quintero, J. D., Januchowski Hartly, S., Maldonado Ocampo, J. A., Jézequel, C., Delgado, J., & Tedesco, P. A. (2017). Damming Fragments Species’ Ranges and Heightens Extinction Risk. *CONSERVATION LETTERS*, 708–716.

Carvalho, A. T. F., & Cabral, J. J. da S. P. (2020). METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE HIDROAMBIENTAL PARA PROJETOS DE INTERVENÇÕES EM RIOS PERENES (MASRios): CONCEITO E ESTRUTURAÇÃO DO INSTRUMENTO. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, *21*(3). https://doi.org/10.20502/rbg.v21i3.1746

Carvalho, D. R., & Araújo, F. G. (2020). Influences of small hydroelectric power plants on homogenization of the ichthyofauna in a tropical river. *Environmental Biology of Fishes*, *103*(6), 757–770. https://doi.org/10.1007/s10641-020-00981-w

Castro-Buitrago, É., Vélez-Echeverri, J., & Madrigal-Pérez, M. (2019). Governança da água e Conselhos de Bacia: análise a partir dos Direitos Humanos à água e à participação ambiental. *Opinión Jur{\’\i}dica*, *18*(37), 43–63.

Centro Nacional de Memoria Histórica. (2018). *Observatorio de Memoria y Conflicto del Centro Nacional de Memoria Histórica*.

Cetin, L. T., Freebairn, A. C., Jordan, P. W., & Huider, B. J. (2009). A model for assessing the impacts of farm dams on surface waters in the WaterCAST catchment modelling framework. *18th World IMACS Congress and MODSIM 2009 - International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, Proceedings*, *July*, 3478–3484.

Chaves, H. M. L., & Alipaz, S. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: The watershed sustainability index. *Water Resources Management*, *21*(5), 883–895. https://doi.org/10.1007/s11269-006-9107-2

Chicharo, L., Müller, F., & Fohrer, N. (2015). *Ecosystem Services and River Basin Ecohydrology* (L. Chicharo, F. Müller, & N. Fohrer (eds.)). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9846-4

CMGRD Pensilvania de Caldas. (2014). *Estrategia Municipal para la Respuesta a Emergencias*.

Codazzi, I. G. A. (2001). *Los conflictos de uso de las tierras en Colombia*.

Ley 388 de 1997: Ley de Desarrollo Territorial, Pub. L. No. 10 (1997).

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017a). *4.11_Coberturas_Pomca Samaná Norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017b). *Capítulo 10. Síntesis Ambiental POMCA Cuenca del río Samaná Norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017c). *Capítulo 4.2. Geología POMCA Cuenca del Río Samaná Norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017d). *Capítulo 4.9. Geomorgología POMCA Cuenca del Río Samaná Norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017e). *Capítulo 7. Caracterización socioeconómica. POMCA de la cuenca del río Samaná Norte*. *9*(18), 109. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2005.1.a09

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017f). *Capítulo 8. Gestión del Riesgo POMCA Cuenca del Río Samaná Norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017g). *Capítulo 9. Análisis Situacional POMCA Cuenca del río Samaná Norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017h). *Diagnóstico POMCA Cuenca del río Samaná norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017i). *Diagnóstico POMCA Cuenca del río Samaná Sur*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017j). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017k). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Sur*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017l). *Prospectiva y Zonificación Ambiental POMCA Cuenca del río Samaná Norte*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2017m). *Prospectiva y Zonificación Ambiental POMCA Cuenca del río Samaná Sur*.

Consorcio POMCA Oriente Antioqueño. (2018). *Documento Introductorio del POMCA Cuenca del río Samaná Norte*.

Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño. (2017a). *Plan de Manejo y Ordenamiento de Cuencas del río Samaná Norte*.

Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño. (2017b). *Plan de Manejo y Ordenamiento de Cuencas del río Samaná Sur*.

Cordy, P., Veiga, M. M., Salih, I., Al-Saadi, S., Console, S., García, O., Mesa, L. A., Velásquez-López, P. C., & Roeser, M. (2011). Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The world's highest per capita mercury pollution. *Sci. Total Environ*, 154–160.

Cornare. (2009). *PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CALDERAS-ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DEL RÍO CALDERAS-CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO Y NARE-CORNARE-ISAGEN*.

Cornare. (2014a). *DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA DEL RIO SAMANÁ SUR (Código 2305- 01)*. *1*.

Cornare. (2014b). Plan de gestión ambiental reginonal 2014-2032 Río Negro-Nare sostenibilidad del oriente Antioqueño. *Plan de Gestion Ambiental Regional 2014-2032 : Servicios Ecosistemicos y Adaptacion Al Cambio Climatico , Un Pacto Por La Sostenibilidad Del Oriente Antioqueño.Regional 2014-2032 : Servicios Ecosistemicos y Adaptacion Al Cambio Climatico , Un Pacto Por La*, 289.

Cornare. (2015). *Acuerdo 324 de 2015*.

Cornare. (2016). *PORH y los objetivos de calidad de las fuentes receptoras de vertimiento de los 26 municipios de la jurisdicción de Cornare para el periodo 2016-2026*.

Cornare. (2019a). *Acuerdo 388 de 2019*.

Cornare. (2019b). *Acuerdo 395 DE 2019*.

Cornare. (2019c). *Referentes Ambientales para la construcción del componente ambiental de los Planes de Desarrollo 2020-2023 Jurisdicción CORNARE*.

Cornare. (2020a). *Acuerdo N° 404 "Por el cual se declara la veda para algunas especies de flora silvestre, en la jurisdicción de CORNARE y se toman otras determinaciones."*

Cornare. (2020b). *Plan de Acción 2020-2021. Conectados por la vida, la equidad y el desarrollo sostenible*.

Cornare. (2021). *Documento propuesta escenarios (Pesimista, moderado y optimista) convenio 507-2020 CORNARE-TNC*.

Cornare, & Corantioquia. (2017). *Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Samaná Norte (codigo 2308-03)*.

Cornare, & TNC. (2021a). *Cálculo de Límites de Sostenibilidad y Análisis de Escenarios*.

Cornare, & TNC. (2021b). *Diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur*.

Cornare, & TNC. (2021c). *Marco de Referencia para el Cálculo de Límites de Sostenibilidad e Identificación de Objetos de Conservación y Servicios Ecosistémicos Asociados al Recurso Hídrico*.

Corpocaldas-Cornare. (2017). *Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca Hidrográfica del río Samaná Sur (Código 2305-01)*.

Corpocaldas. (2020). *Anexo iii comunidades etnicas*. 1–9.

Correa Gutiérrez, D., & Jaramillo Giraldo, J. E. (2019). *Reconfiguración del conflicto*.

Corredor, V., Renjifo, J. M., & Ayala, S. (1985). Discover of Morunasaurus groi (Sauria: Iguanidae) in

northwestern Colombia. *Journal of Herpetology*, *19 (1)*, 162–164.

Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, *387*(6630), 253–260. https://doi.org/10.1038/387253a0

Cote, D., Kehler, D. G., Bourne, C., & Wiersma, Y. F. (2009). A new measure of longitudinal connectivity for stream networks. *Landscape Ecology*, *24*(1), 101–113. https://doi.org/10.1007/s10980-008-9283-y

Cowart, D. A., Pinheiro, M., Mouchel, O., Maguer, M., Grall, J., Miné, J., & Arnaud-Haond, S. (2015). Metabarcoding is powerful yet still blind: A comparative analysis of morphological and molecular surveys of seagrass communities. *PLoS ONE*, *10*(2), 1–26. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117562

Crook, K. E., Pringle, C. M., & Freeman, M. C. (2009). A method to assess longitudinal riverine connectivity in tropical streams dominated by migratory biota. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *19*(6), 714–723. https://doi.org/10.1002/aqc.1025

Cucherousset, J., & Olden, J. D. (2011). Ecological Impacts of Nonnative Freshwater Fishes. *Fisheries*, 215–230.

Culler, R. C. (1961). Hydrology of the upper Cheyenne River basin. *Geological Survey Water-Supply Paper ; 1531 US Geological Survey, Washington, DC.*, 136 p.

CVC. (2017). Capitulo 7 Morfometria. In *Actualización POMCA Río La Vieja* (Vol. 7, p. 32).

D'Ambrosio, E., Gentile, F., & De Girolamo, A. M. (2020). Assessing the sustainability in water use at the basin scale through water footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*, *244*, 118847. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118847

Daily, G. . (1997). Introduction What Are Ecosystem Services In Daily, G.C., Ed., Nature's Services Societal Dependence on Natural Ecosystems, Island Press, Washington DC, 1-10. - References - Scientific Research Publishing. *Daily, G.C*. https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1618997

Daly, H. E. (1992). U.N. conferences on environment and development: Retrospect on Stockholm and prospects for Rio. *Ecological Economics*, *5*(1), 9–14. https://doi.org/10.1016/0921-8009(92)90018-N

DANE. (1993). *XVI CENSO NACIONAL DE POBLACION Y V DE VIVIENDA - 1993*.

DANE. (2005). *Población total censada, por áreas y sexo segun dapartamentos y municipios*.

DANE. (2013). *Metodología de la Matriz Insumo-Producto (MIP)*.

DANE. (2018a). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*.

DANE. (2020a). *Déficit Habitacional CNPV 2018*.

DANE, D. A. N. de E. (2018b). *Censo Nacional de Población y Vivienda (2018)*. Censo Nacional de Población y Vivienda (2018).

DANE, D. A. N. de E. (2018c). *Metodología Necesidades Básicas Insatisfechas- NBI*.

DANE, D. A. N. de E. (2019a). *Boletín Técnico. Pobreza monetaria en Colombia*.

DANE, D. A. N. de E. (2019b). *Boletín Técnico. Pobreza multidimensional en Colombia*.

DANE, D. A. N. de E. (2020b). *Metodología Déficit Habitacional*.

De La Mora-Orozco, C., Flores-Lopez, H., Rubio-Arias, H., Chavez-Duran, A., & Ochoa-Rivero, J. (2017). Developing a water quality index (WQI) for an irrigation dam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(5), 1–10. https://doi.org/10.3390/ijerph14050439

de Pinna, M., & Wosiacki, W. (2003). Family Trichomycteridae (pencil or parasitic catfishes). In R. E. Reis, S. O. Kullander, & C. J. Ferraris (Eds.), *Checklist of the freshwater fishes of south America* (p. 729). Edipucrs.

Departamento de Planeación Nacional. (2012). *Planeación para el desarrollo integral en las entidades territoriales. El plan de desarrollo 2012-2015*.

Diaz, A., Córdoba, D., Mosquera, F., Trujillo, F., Cicedo, D., & Lasso, C. (2017). Mamíferos. In *Áreas clave para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos* (p. 353). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Diaz, A., Córdoba, D., Velasquez, J., & Lasso, C. (2017). Aves. In *Áreas clave para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos* (p. 353). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Diáz, G., Arriagada, P., Górski, K., Link, O., Karelovic, B., Gonzalez, J., & Habit, E. (2019). Fragmentation of Chilean Andean rivers: Expected effects of hydropower development. *Revista Chilena de Historia Natural*, *92*(1). https://doi.org/10.1186/s40693-019-0081-5

Diebel, M. W., Fedora, M., Cogswell, S., & O'Hanley, J. R. (2015). Effects of Road Crossings on Habitat Connectivity for Stream-Resident Fish. *River Research and Applications*, *31*(10), 1251–1261. https://doi.org/10.1002/rra.2822

Diener, E. (1995). Cross-cultural correlates of life satisfaction and self-esteem. *Journal of Personality and Social Psychology*, *68*, 653–663.

DNP. (2012). *Documento Conpes Social 150*.

DNP. (2015). *Rutas especializadas para la formulación de los Planes de Desarrollo Territoriales " Plan de Ordenamiento Territorial Muncipal y Distrital ."* 1–3.

DNP. (2018a). *Índice Municipal de Riesgo de Desastres ajustado por Capacidades*.

DNP. (2018b). *Índices municipal de riesgo de desastres de Colombia*.

Dolores Garay, D., & Gabriel Aguero, J. N. (2018). *Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón*. 32.

Dombi, M., Kuti, I., & Balogh, P. (2014). Sustainability assessment of renewable power and heat generation technologies. *Energy Policy*, *67*, 264–271. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.032

Domroese, M., & Sterling, E. (2009). Conservation Values: Assessing Public Attitudes. In *Problem-Solving in Conservation Biology and Wildlife Management* (pp. 269–278). Blackwell Publishing Ltd. https://doi.org/10.1002/9781444319576.ch28

DoNascimiento, C, Villa, F., Albornoz, J., & Herrera, E. (2020). Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia. v. 2.12. *Asociación Colombiana de Ictiólogos. Dataset/Checklist.*

DoNascimiento, Carlos, Herrera-Collazos, E. E., Herrera-R, G. A., Ortega-Lara, A., Villa-Navarro, F. A., Oviedo, J. S. U., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2017). Checklist of the freshwater fishes of colombia: A darwin core alternative to the updating problem. *ZooKeys*, *2017*(708), 25–138. https://doi.org/10.3897/zookeys.708.13897

Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas. teoría y práctica. In *United Nations Publications* (Vol. 1). https://doi.org/1680-9025

Drinan, T. J., Foster, G. N., Nelson, B. H., O'Halloran, J., & Harrison, S. S. C. (2013). Macroinvertebrate assemblages of peatland lakes: Assessment of conservation value with respect to anthropogenic land-cover change. *Biological Conservation*, *158*, 175–187.

Dubreuil, P., & Girard, G. (2013). *Influence of a Very Large Number of Small Reservoirs on the Annual Flow Regime of a Tropical Stream* (pp. 295–299). https://doi.org/10.1029/GM017p0295

EAFIT. (2014). *Central hidroeléctrica Calderas*. 3–5.

Ehsani, N., Vörösmarty, C. J., Fekete, B. M., & Stakhiv, E. Z. (2017). Reservoir operations under climate change: Storage capacity options to mitigate risk. *Journal of Hydrology*, *555*, 435–446. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.008

El Congreso de la República de Colombia. (2001). Ley 697 de 2001. *Diario Oficial*, *CXXXVII*(44573), 5–8.

Elorrieta, B. (2019). *Cómo medir la sostenibilidad en la planificación territorial*.

Emergente. (2020). *K-Hydro*. https://www.emergente.com.co/blog/k-hydro-modelacion-automatica-del-recurso-hidrico-para-un-desarrollo-energetico-sostenible/

Ersado, L. (2005). *Small-Scale Irrigation Dams, Agricultural Production, and Health: Theory and Evidence from Ethiopia*. The World Bank. https://doi.org/10.1596/1813-9450-3494

Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(5), 1082–1088. https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008

FAO. (2021). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*.

Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, *68*(3), 643–653. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014

Flores, A. N., Bledsoe, B. P., Cuhaciyan, C. O., & Wohl, E. E. (2006). Channel-reach morphology dependence on energy, scale, and hydroclimatic processes with implications for prediction using geospatial data. *Water Resources Research*, *42*(6), 6412. https://doi.org/10.1029/2005WR004226

Foladori, G. (2001). Controversias Sobre Sustentabilidad. La coevolución sociedad-naturaleza. In *Controversiad sobre sustentabilidad*. Miguel Angel Porrua.

Fondo de promoción turística Colombia. (2012). *Plan de Desarrollo Turístico de Caldas*.

Fontalvo, P. P., Orozco Berdugo, G., & Narváez Barandica, J. C. (2018). Diversidad y estructura genética del Prochilodus magdalenae (Pisces: Prochilodontidae) aguas arriba y abajo de la represa Betania, Colombia. *Intropica*, 101–114.

Foro Nuclear. (2021). *¿Qué es una central hidroeléctrica?* https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-una-central-hidroelectrica/

Foster, S., & Hirata, R. (1987). *Contaminación de Aguas Subterráneas*.

Fowler, K., Morden, R., Lowe, L., & Nathan, R. (2015). Advances in assessing the impact of hillside farm dams on streamflow. *Australasian Journal of Water Resources*, *19*(2), 96–108. https://doi.org/10.1080/13241583.2015.1116182

Freeman, L. C. (1977). A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. *Sociometry*, *40*(1), 35. https://doi.org/10.2307/3033543

Fricke, R., Eschmeyer, W., & Van der Laan, R. (2020). *Catalog of fishes: genera, species, references*.

Frickel, D. . (1972). Hydrology and effects of conservation structures, Willow Creek basin, Valley County, Montana. *Tech. Rep. US Geological Survey.*

Fu, B. P. (1981). On the calculation of the evaporation from land surface. *Sci. Atmos. Sin*, *5*(1), 23–31.

Fuller, M. R., Doyle, M. W., & Strayer, D. L. (2015). Causes and consequences of habitat fragmentation in river networks. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1355*(1), 31–51. https://doi.org/10.1111/nyas.12853

Fung, Z., Pomun, T., Charles, K. J., & Kirchherr, J. (2019). Mapping the social impacts of small dams: The case of Thailand's Ing River basin. *Ambio*, *48*(2), 180–191. https://doi.org/10.1007/s13280-018-1062-7

Gaillot, S., & Piégay, H. (1999). Impact of gravel-mining on stream channel and coastal sediment supply: example of the Calvi Bay in Corsica (France). *Journal of Coastal Research*, 744–788.

Galéa, G., Vasquez-Paulus, B., Renard, B., & Breil, P. (2005). L'impact des prélèvements d'eau pour l'irrigation sur les régimes hydrologiques des sous-bassins du Tescou et de la Séoune (bassin Adour-Garonne, France). *Revue Des Sciences de l'eau*, *18*(3), 273–305. https://doi.org/10.7202/705560ar

Gallego-García, N., & Castaño-Mora, O. V. (2008). Ecology and Status of the Magdalena River Turtle, Podocnemis lewyana , a Colombian Endemic. *Chelonian Conservation and Biology*, *7*(1), 37–44. https://doi.org/10.2744/CCB-0643.1

Gallego Carrera, D., & Mack, A. (2010). Sustainability assessment of energy technologies via social indicators: Results of a survey among European energy experts. *Energy Policy*, *38*(2), 1030–1039. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.055

Gallego, J. D. (2015). *Potencial Hidroenergético en Colombia Mediante Pequeñas*.

Gallopin, G. C. (2005). INDICATORS AND THEIR USE. *Sustainability: Sustainability Indicators*, *3*, 257.

García, C., DoNascimiento, C., Villa, F., García, J., & Herrera, R. (2020). Diversidad de peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia. In *XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible* (pp. 85–113). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

García, J., Gómez, A., Quijano, M., Salazar, D., Villabona, S., Ortiz, L., López, Y., Medina, M., Ospina, J., Zapata, L., Vanegas, K., Correa, H., Ramírez, J., Villa, J., Rivera, M., & Restrpo, J. (2018). Exploración biótica de los humedales urbanos en el altiplano del oriente Antioqueño. In M. Quijano, S. Villabona, J. García, & A. Gómez (Eds.), *Los humedales del altiplano del oriente de Antioquia y su conceptualización* (p. 212). Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.

García, O., Veiga, M. M., Cordy, P., Suescúm, O. E., Molina, J. M., & Roeser, M. (2015). Artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: a successful case of mercury reduction. *Journal of Cleaner Production*, 244–252.

García, V. (2020). *Producto Turístico de Nariño Antioquia. Una propuesta desde el diseño social para el desarrollo de turismo rural comunitario*.

GBIF.org. (2021).

Gehrke, P. C., Brown, P., Schiller, C. B., Moffatt, D. B., & Bruce, A. M. (1995). River regulation and fish communities in the Murray-Darling river system, Australia. *Regulated Rivers: Research & Management*, *11*(3–4), 363–375. https://doi.org/10.1002/rrr.3450110310

GEN+. (2016). *Capítulo 3.1: Área de influencia PCH Paloma IV*.

GENSA. (2021a). *PCH Río Dulce*.

GENSA. (2021b). *PCH Río Hondo*.

George, R., McManamay, R., Perry, D., Sabo, J., & Ruddell, B. L. (2021). Indicators of hydro-ecological alteration for the rivers of the United States. *Ecological Indicators*, *120*, 106908. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106908

Gippel, C. J., & Stewardson, M. J. (1998). Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows. *River Research and Applications*, *14*(1), 53–67. https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1646(199801/02)14:1<53::aid-rrr476>3.0.co;2-z

Giraldo, E. (2019). Efecto del riego intermitente en el rendimiento del cultivo de papa (solanum tuberosum l.) variedad única. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3271

Giraldo, J., & Aisales, H. (2019). *Plan de desarrollo turístico municipal San Francisco Antioquia 2019*.

Gleick, P. H. (1992). Environmental consequences of hydroelectric development: The role of facility

size and type. *Energy*, *17*(8), 735–747. https://doi.org/10.1016/0360-5442(92)90116-H

Gobernación de Antioquia. (2018). *Anuario estadístico de Antioquia (2018)*. Anuario Estadístico de Antioquia (2018).

Gobernación de Antioquia. (2019). *Encuesta Calidad de Vida Antioquia (2019)*. Encuesta Calidad de Vida Antioquia (2019).

Gobernación de Antioquia. (2020). *Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia (PICCA).*

Gobernación de Caldas. (2019). *Comunidades Indígenas de Caldas*.

Gómez, D., & Villarino, G. (2011). Evaluación ambiental estratégica (EAE); un instrumento preventivo de gestión ambiental. *Revista de Salud Ambiental*, *11*(11), 9–16.

González, D., Buriticá, C., Naranjo, C., Ciro, Á., Hoyos, D., & Buitrago, M. (2018). *Plan local de turismo San Luis, Antioquia 2018 - 2032*.

Goodland, R. (1994). ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND THE POWER SECTOR. *Impact Assessment*, *12*(4), 409–470. https://doi.org/10.1080/07349165.1994.9725877

Gorla, L., & Perona, P. (2013). On quantifying ecologically sustainable flow releases in a diverted river reach. *Journal of Hydrology*, *489*, 98–107. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.02.043

Gotta. (2018). *INFORME FINAL: Elaboración del concepto técnico sobre el manejo de sedimentos aguas arriba del azud en las PCH San Miguel , Popal y El Molino*.

Graham, S. (2009). Cuphea fluviatilis (Lythraceae), a New Species from Antioquia, ColombiaNo Title. *Novon A Journal for Botanical Nomenclature*, 45–48.

Grill, G., Ouellet Dallaire, C., Fluet Chouinard, E., Sindorf, N., & Lehner, B. (2014). Development of new indicators to evaluate river fragmentation and flow regulation at large scales: A case study for the Mekong River Basin. *Ecological Indicators*, *45*, 148–159. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.03.026

Grundel, R., Frohnapple, K. J., Zaya, D. N., Glowacki, G. A., Weiskerger, C. J., Patterson, T. A., & Pavlovic, N. B. (2014). Geographic coincidence of richness, mass, conservation value, and response to climate of US land birds. *Ecological Applications*, *24*(4), 791–811.

GRUPO CIVIS. (2014). *Guía para el Retorno Social de la Inversión (SROI)*.

Güiza, L., & Aristizábal, J. D. (2013). Mercury and gold mining in Colombia: a failed state. *Univ. Sci*, 33–49.

Güntner, A., Krol, M. S., Araújo, J. C. De, & Bronstert, A. (2004). Simple water balance modelling of surface reservoir systems in a large data-scarce semiarid region / Modélisation simple du bilan hydrologique de systèmes de réservoirs de surface dans une grande région semi-aride pauvre en données. *Hydrological Sciences Journal*, *49*(5). https://doi.org/10.1623/hysj.49.5.901.55139

Gutiérrez, F., Lasso, C., Baptiste, M. P., Sánchez Duarte, P., & Díaz, A. M. (2012). *Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia.

Gutiérrez Moreno, L. C., & De la Parra Guerra, A. C. (2020). Contaminación en la cuenca del río Magdalena (Colombia) y su relación con los peces. In *XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible.* (pp. 239–263). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Habets, F., Philippe, E., Martin, E., David, C. H., & Leseur, F. (2014). Small farm dams: impact on river flows and sustainability in a context of climate change. *Hydrology and Earth System Sciences*, *18*(10), 4207–4222. https://doi.org/10.5194/hess-18-4207-2014

Habets, Florence, Molénat, J., Carluer, N., Douez, O., & Leenhardt, D. (2018). The cumulative impacts of small reservoirs on hydrology: A review. *Science of the Total Environment*, *643*, 850–867. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.188

Habit, E., García, A., Díaz, G., Arriagada, P., Link, O., Parra, O., & Thoms, M. (2019). River science and management issues in Chile: Hydropower development and native fish communities. *River Research and Applications*, *35*(5), 489–499. https://doi.org/10.1002/rra.3374

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2009). *Methodologies for defining and assessing ecosystem services*.

Hall, C. J., Jordaan, A., & Frisk, M. G. (2011). The historic influence of dams on diadromous fish habitat with a focus on river herring and hydrologic longitudinal connectivity. *Landscape Ecology*, *26*(1), 95–107. https://doi.org/10.1007/s10980-010-9539-1

Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, *1*(2), 96–99.

Harlan, T., Xu, R., & He, J. (2021). Is small hydropower beautiful? Social impacts of river fragmentation in China's Red River Basin. *Ambio*, *50*(2), 436–447. https://doi.org/10.1007/s13280-020-01367-z

Harrison, P. A., Holman, I. P., & Berry, P. M. (2015). Assessing cross-sectoral climate change impacts, vulnerability and adaptation: an introduction to the CLIMSAVE project. *Climatic Change*, *128*(3–4), 153–167. https://doi.org/10.1007/s10584-015-1324-3

Harrison, P., Dunford, R., Barton, D. N., Kelemen, E., Martín-López, B., Norton, L., Termansen, M., Saarikoski, H., Hendriks, K., Gómez-Baggethun, E., Czúcz, B., García-Llorente, M., Howard, D., Jacobs, S., Karlsen, M., Kopperoinen, L., Madsen, A., Rusch, G., van Eupen, M., … Zulian, G. (2018). Selecting methods for ecosystem service assessment: A decision tree approach. *Ecosystem Services*, *29*, 481–498. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.016

Häyhä, T., & Franzese, P. P. (2014). Ecosystem services assessment: A review under an ecological-economic and systems perspective. *Ecological Modelling*, *289*, 124–132. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.002

Hengl, T., Mendes de Jesus, J., Heuvelink, G. B. M., Ruiperez Gonzalez, M., Kilibarda, M., Blagotić, A., Shangguan, W., Wright, M. N., Geng, X., Bauer-Marschallinger, B., Guevara, M. A., Vargas, R., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., Leenaars, J. G. B., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S., & Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLOS ONE*, *12*(2), e0169748. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748

Hennig, T., Wang, W., Feng, Y., Ou, X., & He, D. (2013). Review of Yunnan's hydropower

development. Comparing small and large hydropower projects regarding their environmental implications and socio-economic consequences. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 27, pp. 585–595). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.023

Henriksen, J. A., Heasley, J., Kennen, J. G., & Nieswand, S. (2006). Users' Manual for the Hydroecological Integrity Assessment Process Software (including the New Jersey Assessment Tools). *U. S. Geological Survey*.

Hernández, M., Ochoa, L., & Jiménez, L. (2018). Métodos de ADN Barcode revelan diversidad de especies de Astroblepus en la cuenca del río Porce, Colombia. *Actual Biol*, 59–71.

Hernández, S., Barreto, C., & Valderrama, M. (2020). Presión de uso del recurso íctico por la pesca artesanal en la cuenca del río Magdalena, Colombia. In *IX. Peces de la cuenca del río Magdalena Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible* (pp. 369–386). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia.

Higgins, J., Zablocki, J., Newsock, A., Krolopp, A., Tabas, P., & Salama, M. (2021). Durable Freshwater Protection: A Framework for Establishing and Maintaining Long-Term Protection for Freshwater Ecosystems and the Values They Sustain. *Sustainability*, *13*(4), 1950. https://doi.org/10.3390/su13041950

Higuita, H., & Álavarez, D. (2015). Representatividad a escala regional de un inventario florístico detallado de un hectárea en los Andes Tropicales. *Colombia Forestal*, 207–224.

HMV INGENIEROS. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico El Molino*.

HMV INGENIEROS, & SAG. (2009a). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico El Popal*.

HMV INGENIEROS, & SAG. (2009b). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico San Miguel*.

HMV INGENIEROS, & SAG. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico San Matías*.

Hoyos, S., & Bernal, R. (2018). Rheophytes of the Samana´ Norte River, Colombia: A Hydroelectric Project Threatens an Endemic Flora. *Tropical Conservation Science*, 1–13.

Hughes, D. A., & Mantel, S. K. (2010). Estimating the uncertainty in simulating the impacts of small farm dams on streamflow regimes in South Africa. *Hydrological Sciences Journal*, *55*(4), 578–592. https://doi.org/10.1080/02626667.2010.484903

I-consult. (2020). *DAA Proyecto Hidroeléctrico Guadualito*.

Ibarra, A. A. (2005). Los Peces Como Indicadores. *Revista Digital Universitaria*, *6*(8), 1067–6079.

ICA, I. C. A. (2020). *Censo Nacional Pecuario (2020)*. Censo Nacional Pecuario (2020).

IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de uniades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*.

IDEAM. (2015). Estudio nacional del agua. *Ministerio de Medio Ambiente*, 253.

IDEAM. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCILLERÍA. (2017). *Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático en Colombia.*

IGAC. (2021). *Datos Abiertos Cartografía y Geografía*. https://www.igac.gov.co/es/ide/datos-e-

informacion/cartografia

IHA. (2020a). *Hydropower sustainability assessment report*.

IHA. (2020b). *Hydropower Sustainability Guidelines*.

INGETEC, & ISAGEN. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Palagua*.

Ingfocol Ltda. (2015). Hidroenergía. *Atlas de Potencial Hidroenergético de Colombia*, 25–36.

INMAQ S.A.S. E.S.P. (2021). *El Proyecto Pequeña Central Hidroelectrica de la Cascada de Granada*.

Instituto de Estudios Regionales, I. (2015). Caracterización socioeconómica y cultural del Complejo de Páramos Sonsón en jurisdicción de Cornare y Corpocaldas con énfasis en caracterización de actores, análisis de redes y de servicios ecosistémicos. *Reponame: Repositorio Institucional de Documentación Científica Humboldt*, *014*.

INTERPOL, D. –. (2017). *Dirección de Investigación Criminal e INTERPOL de la Policía Nacional DIJIN*.

IPCC. (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change—Chapter 5, Hydropower, Cambridge University Press, New York, NY, USA.*

ISAGEN. (2013). *Plan de Manejo Ambiental - Central Hidroeléctrica Calderas*. 8.

ISAGEN. (2021). *Central Hidroeléctrica Calderas*.

ISAGEN, & Integral. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrcio Tafetanes*.

IUCN. (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*.

Jager, H. I., & McManamay, R. A. (2014). Comment on “cumulative biophysical impact of small and large hydropower development in Nu River, China” by Kelly M. Kibler and Desiree D. Tullos. *Water Resources Research*, *50*(1), 758–759. https://doi.org/10.1002/2013WR014378

Jaramillo-Villa, U., Maldonado-Ocampo, J. A., & Escobar, F. (2010). Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *Journal of Fish Biology*, *76*(10), 2401–2417. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02629.x

Jaramillo, U., Maldonado, J., & Bogotá, J. (2008a). No Title. *Peces Del Oriente de Antioquia, Colombia*, *Biota Colo*, 279–293.

Jaramillo, U., Maldonado, J., & Bogotá, J. (2008b). Peces del Oriente de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, *9*, 279–293.

Jiménez-Segura, L. F., Galvis-Vergara, G., Cala-Cala, P., García-Alzate, C. A., López-Casas, S., Ríos-Pulgarín, M. I., Arango, G. A., Mancera-Rodríguez, N. J., Gutiérrez-Bonilla, F., & Álvarez-León, R. (2016). Freshwater fish faunas, habitats and conservation challenges in the Caribbean river basins of north-western South America. *Journal of Fish Biology*, *89*(1), 65–101. https://doi.org/10.1111/jfb.13018

Jiménez-Segura, L. F., Palacio, J., & Leite, R. (2010). River flooding and reproduction of migratory fish species in the Magdalena River basin, Colombia. *Ecology of Freshwater Fish*, 178–186.

Jiménez, L. (2016). Estado de conservación y distribución de los peces de agua dulce. *Biodiversidad de Agua Dulce En Los Andes Tropicales*, 199.

Jørgensen, S., Xu, L., & Costanza, R. (2016). *Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health*. CRC press.

Jumani, S., Deitch, M. J., Kaplan, D., Anderson, E. P., Krishnaswamy, J., Lecours, V., & Whiles, M. R. (2005). Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems. *Science*, *308*(5720), 405–408. https://doi.org/10.1126/science.1107887

Jumani, S., Deitch, M. J., Kaplan, D., Anderson, E. P., Krishnaswamy, J., Lecours, V., & Whiles, M. R. (2020). River fragmentation and flow alteration metrics: a review of methods and directions for future research. *Environmental Research Letters*, *15*(12), 123009. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abcb37

Juwana, I., Muttil, N., & Perera, B. J. C. (2012). Indicator-based water sustainability assessment — A review. *Science of The Total Environment*, *438*, 357–371. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.093

Kaygusuz, K. (2009). The Role of Hydropower for Sustainable Energy Development. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *4*(4), 365–376. https://doi.org/10.1080/15567240701756889

Kaygusuz, Kamil. (2002). Sustainable Development of Hydroelectric Power. *Energy Sources*, *24*(9), 803–815. https://doi.org/10.1080/00908310290086725

Kefayati, M., Saghafian, B., Ahmadi, A., & Babazadeh, H. (2018). Empirical evaluation of river basin sustainability affected by inter-basin water transfer using composite indicators. *Water and Environment Journal*, *32*(1), 104–111. https://doi.org/10.1111/wej.12304

Kennon, F. . (1966). *Hydrologic effects of small reservoirs in Sandstone Creek watershed, Beckham and Roger Mills Counties, western Oklahoma*.

Kennon, K. . (1966). Hydrologic effects of small reservoirs in sandstone creek watershed. Report Water Supply paper 1839-C. *US Geological Survey*.

Khan, M. A. (1995). *Concepts, definitions and key issues in sustainable development: the outlook for the future*.

Kibler, K. M., & Tullos, D. D. (2013). Cumulative biophysical impact of small and large hydropower development in Nu River, China. *Water Resources Research*, *49*(6), 3104–3118. https://doi.org/10.1002/wrcr.20243

Kiran, V. S. S., & Srivastava, Y. K. (2014). Micro watershed level water resource management based on three years runoff estimation using Remote Sensing and GIS techniques for Simlapal Block …. *International Journal of Earth Science …*, *March 2014*.

Klimpt, J.-É., Rivero, C., Puranen, H., & Koch, F. (2002). Recommendations for sustainable hydroelectric development. *Energy Policy*, *30*(14), 1305–1312. https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00092-7

Kondolf, G. M., & Matthews, W. G. (1991). *Management of Coarse Sediment in Regulated Rivers of California*.

Konrad, M. T., Andersen, H. E., Gyldenkœrne, S., & Termansen, M. (2017). Synergies and Trade-offs in Spatially Targeted Water Quality and Climate Change Mitigation Policies. *Land Economics*, *93*(2), 309–327. https://doi.org/10.3368/le.93.2.309

Kopperoinen, L., Itkonen, P., & Niemelä, J. (2014). Using expert knowledge in combining green infrastructure and ecosystem services in land use planning: an insight into a new place-based methodology. *Landscape Ecology*, *29*(8), 1361–1375. https://doi.org/10.1007/s10980-014-0014-2

Kosow, H., & Gaßner, R. (2008). *Methods of Future and Scenario Analysis - Overview, assessment, and selection criteria* (Issue January). https://doi.org/ISBN 978-3-88985-375-2

Kumar, D., & Katoch, S. S. (2014). Sustainability indicators for run of the river (RoR) hydropower projects in hydro rich regions of India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *35*, 101–108. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.048

Kumar Sharma, A., & Thakur, N. S. (2017). Assessing the impact of small hydropower projects in Jammu and Kashmir: A study from north-western Himalayan region of India. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 80, pp. 679–693). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.285

Kyle McKay, S., Schramski, J. R., Conyngham, J. N., & Craig Fischenich, J. (2013). Assessing upstream fish passage connectivity with network analysis. *Ecological Applications*, *23*(6), 1396–1409. https://doi.org/10.1890/12-1564.1

L, A., T, B., J, L., R, P., & G, H. (1987). *DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollutionpotential using hydrogeologic settings: U.S. environmental protection agency report*.

Laizé, C. L. R., Acreman, M. C., Schneider, C., Dunbar, M. J., Houghton-Carr, H. A., Flörke, M., & Hannah, D. M. (2014). PROJECTED FLOW ALTERATION AND ECOLOGICAL RISK FOR PAN-EUROPEAN RIVERS. *River Research and Applications*, *30*(3), 299–314. https://doi.org/10.1002/rra.2645

Lancaster, K. J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, *74*(2), 132–157. https://doi.org/10.1086/259131

Landinez García, R. M., & Márquez, E. J. (2018). Microsatellite loci development and population genetics in Neotropical fish Curimata mivartii (Characiformes: Curimatidae). *Peerj*.

Lasso, C. A., Escobar, M. D., Herrera, J., Castellanos, M. C., Valencia Rodriguez, D., Campuzano, J., García, F., & Jiménez Segura, L. F. (2020). Peces introducidos en el río magdalena y cuencas vecinas. In *XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible* (pp. 295–367). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Lasso, C., & Córdoba, D. (2017). Moluscos. In *Áreas clave para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces,tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos* (p. 353). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Lasso, C., Córdoba, D., & Campos, M. (2017). Cangrejos. In *Áreas clave para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos* (p. 353). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Lasso, C., Córdoba, D., & Morales, M. (2017). *XVI. Áreas clave para la conservación de la*

biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. https://omacha.org/wp-content/uploads/2019/12/areas-clave-conservacion-biodiversidad-dulceacuicola-amenazada-colombia.pdf

Latrubesse, E. M., Arima, E. Y., Dunne, T., Park, E., Baker, V. R., D'Horta, F. M., Wight, C., Wittmann, F., Zuanon, J., Baker, P. A., Ribas, C. C., Norgaard, R. B., Filizola, N., Ansar, A., Flyvbjerg, B., & Stevaux, J. C. (2017). Damming the rivers of the Amazon basin. In *Nature* (Vol. 546, Issue 7658, pp. 363–369). Nature Publishing Group. https://doi.org/10.1038/nature22333

Leat, P., Revoredo-Giha, C., & Lamprinopoulou, C. (2011). Scotland's Food and Drink Policy Discussion: Sustainability Issues in the Food Supply Chain. *Sustainability*, *3*(4), 605–631. https://doi.org/10.3390/su3040605

Lehner, B., Liermann, C. R., Revenga, C., Vörömsmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P., Döll, P., Endejan, M., Frenken, K., Magome, J., Nilsson, C., Robertson, J. C., Rödel, R., Sindorf, N., & Wisser, D. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. In *Frontiers in Ecology and the Environment* (Vol. 9, Issue 9, pp. 494–502). https://doi.org/10.1890/100125

Leithold. (1998). *El Cálculo*.

Li, H., Zhou, D., Hu, S., Zhang, J., Jiang, Y., & Zhang, Y. (2018). Barrier-based longitudinal connectivity index for Managing urban rivers. *Water (Switzerland)*, *10*(11). https://doi.org/10.3390/w10111701

Li, J., Dong, S., Liu, S., Yang, Z., Peng, M., & Zhao, C. (2013). Effects of cascading hydropower dams on the composition, biomass and biological integrity of phytoplankton assemblages in the middle Lancang-Mekong River. *Ecological Engineering*, *60*, 316–324. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.029

Li, J., Dong, S., Peng, M., Yang, Z., Liu, S., Li, X., & Zhao, C. (2013). Effects of damming on the biological integrity of fish assemblages in the middle Lancang-Mekong River basin. *Ecological Indicators*, *34*, 94–102. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.04.016

Liang, X., Si, D., & Xu, J. (2018). Quantitative Evaluation of the Sustainable Development Capacity of Hydropower in China Based on Information Entropy. *Sustainability*, *10*(2), 529. https://doi.org/10.3390/su10020529

Lichfield, N., & Prat, A. (1998). *Linking Ex Ante and Ex Post Evaluation in British Town Planning* (pp. 283–298). https://doi.org/10.1007/978-94-017-1495-2_14

Liu, J., Zuo, J., Sun, Z., Zillante, G., & Chen, X. (2013). Sustainability in hydropower development—A case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *19*, 230–237. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.036

Liverman, D. M., Hanson, M. E., Brown, B. J., & Merideth, R. W. (1988). Global sustainability: Toward measurement. *Environmental Management*, *12*(2), 133–143. https://doi.org/10.1007/BF01873382

Lobo, M.-J., Pietriga, E., & Appert, C. (2015). An Evaluation of Interactive Map Comparison Techniques. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing*

Systems, 3573–3582. https://doi.org/10.1145/2702123.2702130

López Casas, S, Jiménez Segura, L., Agostinho, A., & Pérz, C. (2016). Potamodromous migrations in the Magdalena River basin: bimodal reproductive patterns in neotropical rivers. *Journal of Fish Biology*, 157–171.

López Casas, Silvia. (2015). *Magdalena Potadromous Migrations: Efects of Regulated and Natural Hydrological Regimes* (Issue December).

López, S., Rogeliz, C., Angarita, H., Jiménez, L., & Moreno, C. (2018). Modelling potential spawning grounds for Madalena bsin potadromous fish: A tier 1 tool for evironmental impact assement of hydopower projetc. *12th International Symposium on Ecohydraulics*.

Lowe-McConnell, & Green, J. (1988). *Ecological studies in tropical fish communities*.

Lu, H., Campbell, D., Chen, J., Qin, P., & Ren, H. (2007). Conservation and economic viability of nature reserves: an emergy evaluation of the Yancheng Biosphere Reserve. *Biological Conservation*, *139*(3–4), 415–438.

Lucas, M. C., & Baras, E. (2001). *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science.

Mace, G. M., Norris, K., & Fitter, A. H. (2011). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, *27*(1), 19–26. https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006

MAD. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*.

MAD. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, POMCAS*.

MADS. (2010). *Decreto 2820*.

MADS y Cornare. (2016). *Evaluar la propuesta de estimación de caudales ambientales a escala regional, con fines de gestion integral del recurso hídrico en la cuenca del río Nare*.

Maldonado, J. H. (2009). *Formulación y Evaluación de Estrategias Institucionales y Comunitarias para el Manejo Sostenible de Recursos Hidrobiológicos en Áreas de Importancia para la Conservación en el Caribe Colombiano Valoración económica de áreas de conservación y sus recursos* .

Maldonado, J., Ortega, A., Usma, J., Galvis, G., Villa, F., Vásquez, L., Prada, S., & Ardila, C. (2005). *Peces de los Andes de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt».

Malveira, V. T. C., Araújo, J. C. de, & Güntner, A. (2012). Hydrological Impact of a High-Density Reservoir Network in Semiarid Northeastern Brazil. *Journal of Hydrologic Engineering*, *17*(1), 109–117. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000404

Mancera Rodríguez, N. J., & Álvarez León, R. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 3–23.

Margalef, F. (1983). *Limnología*.

Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., Lomas, P. L., & Montes, C. (2009). Effects of spatial and temporal scales on cultural services valuation. *Journal of Environmental Management*, *90*(2), 1050–1059. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.03.013

Martínez Alvarez, V., González-Real, M. M., Baille, A., Maestre Valero, J. F., & Gallego Elvira, B. (2008). Regional assessment of evaporation from agricultural irrigation reservoirs in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*, *95*(9), 1056–1066. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.04.003

Mascarenahas Alves, C. B. (2007). Evaluation of fish passage through the Igarapé Dam fish ladder (rio Paraopeba, Brazil), using marking and recapture. *Neotropical Ichthyology*, 233–236.

MAVDT. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del recurso hidrico, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial* .

Maxim, A. (2014). Sustainability assessment of electricity generation technologies using weighted multi-criteria decision analysis. *Energy Policy*, *65*, 284–297. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.059

Mbaka, J. G., & Wanjiru Mwaniki, M. (2015). A global review of the downstream effects of small impoundments on stream habitat conditions and macroinvertebrates. *Environmental Reviews*, *23*(3), 257–262. https://doi.org/10.1139/er-2014-0080

Medina, L. (2000). *Tradición Académica*. Diccionario Biográfico y Bibliográfico de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Meigh, J. (1995). The impact of small farm reservoirs on urban water supplies in Botswana. *Natural Resources Forum*, *19*(1), 71–83. https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1995.tb00594.x

Meile, T., Boillat, J.-L., & Schleiss, A. J. (2011). Hydropeaking indicators for characterization of the Upper-Rhone River in Switzerland. *Aquatic Sciences*, *73*(1), 171–182. https://doi.org/10.1007/s00027-010-0154-7

Mensah, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. *Cogent Social Sciences*, *5*(1), 1653531. https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1653531

Mesa, L., Córdoba, D., & Lasso, C. (2017). Peces. In *Áreas clave para la biodiversidad dulceacuícola amenzada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces, tortugas, crocodilidos, aves y mamiferos.* (p. 353). Serie editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt.

MinAmbiente. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*.

MinAmbiente. (2014). *Anexo A Diagnóstico. Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS.*

MinAmbiente. (2016). *Resolución 2200 de 2016*.

MinAmbiente. (2018). Guía de aplicación de la Valoración Económica Ambiental. In *Resolución*.

Minambiente y ANLA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, & AMBIENTALES, A. N. D. L. (2017). *Criterios Técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental*. 26.

MinEducación. (2018). *Cartilla de Rendición de Cuentas 2018*.

Minenergía. (2019). *Guía para la incorporación minero energético en los Planes de Ordenamiento Territorial Municipal*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Instituto Alexander Von Humboldt. Departamento Nacional de Planeación. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos –PNGIBSE*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Resolución 1922 del 2013* (p. 14).

Ministerio de Medio Ambiente, V. y D. T. (2007). *Decreto 3600 de 2007 del MAVDT. Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en es*.

Ministerio de Minas y Energía. (2017). *Resolución 119 de 2017*.

Ministerio del Interior. (2016). *Certificado 011 de 2016*.

Minsalud. (2021). *Cifras del aseguramiento en salud*.

Monfreda, C., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2008). Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, *22*(1), 1–19. https://doi.org/10.1029/2007GB002947

Montenegro-Muñoz, S. A., Delgado, F., Pantoja, Y. P., Calderon-Leyton, J. J., & Noguera-Urbano, E. A. (2019a). Especies emblemáticas para la conservación de ecosistemas en el departamento de Nariño, Colombia. *Ecosistemas*, *3*, 174–184.

Montenegro-Muñoz, S. A., Delgado, F., Pantoja, Y. P., Calderon-Leyton, J. J., & Noguera-Urbano, E. A. (2019b). Selection of emblematic species as a conservation experience in the department of Nariño Colombia. *Ecosistemas*, *28*(3), 174–184. https://doi.org/10.7818/ECOS.1750

Montgomery, D. R., & Buffington, J. M. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Bulletin of the Geological Society of America*, *109*(5), 596–611. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1997)109<0596:CRMIMD>2.3.CO;2

Moore, W. E. (1968). The Year 2000. A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years. Herman Kahn and Anthony J. Wiener. Macmillan, New York, 1967. xxx + 431 pp., illus. $9.95. *Science*, *160*(3828), 647–648. https://doi.org/10.1126/science.160.3828.647

Morales, M., Córdoba, D., & Lasso, C. A. (2017). Tortugas. In *Áreas clave para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos* (p. 353). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Morimoto, R. (2013). Incorporating socio-environmental considerations into project assessment models using multi-criteria analysis: A case study of Sri Lankan hydropower projects. *Energy Policy*, *59*, 643–653. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.020

Moyano Díaz, E., & Ramos Alvarado, N. (2007). Bienestar subjetivo: midiendo satisfacción vital, felicidad y salud en población chilena de la Región Maule. *Universum (Talca)*, *22*(2).

https://doi.org/10.4067/S0718-23762007000200012

Müller, F., Fohrer, N., & Chicharo, L. (2015). The Basic Ideas of the Ecosystem Service Concept. In *Ecosystem Services and River Basin Ecohydrology* (pp. 7–33). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9846-4_2

Munda, G. (2004). Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research*, *158*(3), 662–677. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00369-2

Municipio de Norcasia. (1999). *Inventario turístico Norcasia*.

Municipio de Samaná. (2018). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*. *5*.

Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide, Ispra, Italy: OECD Statistics Working Paper (2005)*. https://doi.org/10.1787/533411815016

Nathan, R., & Lowe, L. (2012). The hydrologic impact of farm dams. *Australian Journal Water Resources*, *16*(1), 75–83.

Nautiyal, H., Singal, S. K., Varun, & Sharma, A. (2011). Small hydropower for sustainable energy development in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(4), 2021–2027. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.006

Neal, B. P., Shephard, P., Austin, K. A., & Nathan, R. J. (2000). The Effect of Catchment Farm Dams on Streamflows -- Victorian Case Studies. *Proceedings of 3rd International Hydrology and Water Resources Symposium, Institution of Engineers, Australia*, *1*, 836–841.

NGPRP, (Northern Great Plains Resource Program). (1974). *Instream Needs Subgroup Report: Work Group C), Northern Great Plains Resource Program, USFWS, Washington DC*.

Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzer, E., & Goodspeed, T. (2012). *A guide to Social Return on Investment (SROI)*.

Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzert, E., & Goodspeed, T. (2014). *Guía para el Retorno Social de la Inversión (SROI)*.

Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M., & Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. In *Science* (Vol. 308, Issue 5720, pp. 405–408). American Association for the Advancement of Science. https://doi.org/10.1126/science.1107887

Nunn, A. D., & Cowx, I. G. (2012). Restoring river connectivity: Prioritizing passage improvements for diadromous fishes and lampreys. *Ambio*, *41*(4), 402–409. https://doi.org/10.1007/s13280-012-0281-6

Nuttle, T., Leidolf, A., & Burger Jr, L. W. (2003). Assessing conservation value of bird communities with Partners in Flight-based ranks. *The Auk*, *120*(2), 541–549.

O'Connor, T. G. (2001). Effect of small catchment dams on downstream vegetation of a seasonal river in semi-arid African savanna. *Journal of Applied Ecology*, *38*(6), 1314–1325. https://doi.org/10.1046/j.0021-8901.2001.00680.x

Ojeda, A. O., Ferrer, D. B., Bea, E. D., Mur, D. M., Fabre, M. S., Naverac, V. A., Teresa, M., Arnedo, E.,

García, D. G., Matauco, I. G. De, Gil, L. S., & Gil, S. (2007). Un Indice Hidrogeomorfologico (Ihg) Para La Evaluación Del Estado Ecológico De Sistemas Fluviales. *Geographicalia*, *52*, 113–141.

Onat, N., & Bayar, H. (2010). The sustainability indicators of power production systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(9), 3108–3115. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.022

Opperman, J., Grill, G., & Hartman, J. (2015). The Power of Rivers: Finding balance between energy and conservation in hydropower development. In *The Nature Conservancy*.

Oriente Magdalena Caldense. (2018). *Sistema de Información Turística del Oriente y Magdalena Caldense*.

Ortiz Flórez, R. (2011). *Pequeñas centrales hidroeléctricas*. Ediciones de la U.

Osorio, A., & Cifuentes, L. (2020). Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) en el Oriente del departamenteo de Caldas. "Impactos ambientales y resistencias sociales en el posconflicto." *Revista Jurídicas*, *17(2)*, 180–198.

Osorio, I. (2017). *Impactos ambientales, sociales y económicos de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) en Antioquia*.

Ospina, J. (2018). Capitulo Fauna Peces. In J. García, M. Quijano, & M. Gomez (Eds.), *Catálogo ilustrado de flora y fauna en el municipio de Guarne* (p. 172). Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.

Oxley, R. L., & Mays, L. W. (2017). Sustainability Index for the Management of River Basins Based Upon Ecological, Environmental and Hydrological Integrity and the Minimization of Long Term Risks to Supply. *Environment and Natural Resources Research*, *7*(4), 1. https://doi.org/10.5539/enrr.v7n4p1

Padgham, M., & Webb, J. A. (2010). Multiple structural modifications to dendritic ecological networks produce simple responses. *Ecological Modelling*, *221*(21), 2537–2545. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.04.022

Page, W., & James, M. (1981). The antiquity of the erosion surfaces and Late Cenozoic deposits near Medellín, Colombia : implications to tectonics and erosion rates. *Revista CIAF*, 421–454.

Paillex, A., Castella, E., & Carron, G. (2007). Aquatic macroinvertebrate response along a gradient of lateral connectivity in river floodplain channels. *Journal of the North American Benthological Society*, *26*(4), 779–796. https://doi.org/10.1899/06-12.1

Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Chornesky, E. A., Collins, S. L., Dobson, A. P., Duke, C. S., Gold, B. D., Jacobson, R. B., Kingsland, S. E., Kranz, R. H., & others. (2005). Ecological science and sustainability for the 21st century. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *3*(1), 4–11.

Pandeya, B., Buytaert, W., Zulkafli, Z., Karpouzoglou, T., Mao, F., & Hannah, D. M. (2016). A comparative analysis of ecosystem services valuation approaches for application at the local scale and in data scarce regions. *Ecosystem Services*, *22*, 250–259. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.015

Park, D., Sullivan, M., Bayne, E., & Scrimgeour, G. (2008). Landscape-level stream fragmentation caused by hanging culverts along roads in Alberta's boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research*, *38*(3), 566–575. https://doi.org/10.1139/X07-179

Parques Nacionales, D., & Occidentales, A. (2018). *Plan de Manejo 2018-2023 Parque Nacional Natural Selva de FLorencia*.

Pascual-Hortal, L., & Saura, S. (2006). Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: Towards the priorization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*, *21*(7), 959–967. https://doi.org/10.1007/s10980-006-0013-z

Peña, K. (2019). *Variación de las coberturas terrestres de Antioquia (2000 – 2017) y su relación con los servicios ecosistémicos de regulación y aprovisionamiento*.

Penche, C. (1998). *Layman's Handbook on How to Develop a Small Hydro Site; European Small Hydropower Association (ESHA): Brussels, Belgium*.

Perez Arango, J., & Mesa, O. (2002). *Estimación del factor de erosividad de la lluvia en Colombia*.

Petrosyan, A. F. (2010). A Model for Incorporated Measurement of Sustainable Development Comprising Remote Sensing Data and Using the Concept of Biodiversity. *Journal of Sustainable Development*, *3*(2). https://doi.org/10.5539/jsd.v3n2p9

Phillips, J. ., Duque, A. ., Cabrera, K. ., Yepes, A. ., Navarrete, D. ., García, M. ., Álvarez, E., Cabrera, E., Cárdenas, D., Galindo, G., Ordóñez, M. ., Rodríguez, M. ., & Vargas, D. . (2011). Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la bioma- sa aérea en bosques naturales de Colombia[Estimation of potential carbon stocks stored in aboveground biomass in natural forests in Colombia]. In *Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM*.

Piedrahita Arcila, I., & Peña Padierna, C. (2016). Disputes and conflicts over the delimitation of the complexes of moors in Colombia. The case of the complex of the Sonson moors in the states of Antioquia and Caldas. *El Ágora USB*, *16*(1), 257–275.

Pini Prato, E., Comoglio, C., & Calles, O. (2011). A simple management tool for planning the restoration of river longitudinal connectivity at watershed level: Priority indices for fish passes. *Journal of Applied Ichthyology*, *27*(SUPPL. 3), 73–79. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01856.x

Pinsky, M. L., Springmeyer, D. B., Goslin, M. N., & Augerot, X. (2009). Range-wide selection of catchments for Pacific salmon conservation. *Conservation Biology*, *23*(3), 680–691.

Pintér, L., Hardi, P., Martinuzzi, A., & Hall, J. (2012). Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. *Ecological Indicators*, *17*, 20–28. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.001

Planeación, D. N. de. (2018). *Ficha de caracterización Municipal*.

Poff, N. L., Richter, B. D., Arthington, A. H., Bunn, S. E., Naiman, R. J., Kendy, E., Acreman, M., Apse, C., Bledsoe, B. P., Freeman, M. C., Henriksen, J., Jacobson, R. B., Kennen, J. G., Merritt, D. M., O'Keeffe, J. H., Olden, J. D., Rogers, K., Tharme, R. E., & Warner, A. (2010). The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): A new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater Biology*, *55*(1), 147–170. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02204.x

Poff, N. L., & Zimmerman, J. K. H. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: A literature

review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, *55*(1), 194–205. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x

Pomcas, C., Antioque, O., & De, S. (2017). *Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río samaná sur (código 2305-01) informe diagnóstico*.

Porter, M. E., & Linde, C. van der. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, *9*(4), 97–118. https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97

Posner, S., Verutes, G., Koh, I., Denu, D., & Ricketts, T. (2016). Global use of ecosystem service models. *Ecosystem Services*, *17*, 131–141. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.12.003

Potschin, M. B., & Haines-Young, R. H. (2011). Ecosystem services. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, *35*(5), 575–594. https://doi.org/10.1177/0309133311423172

Pourmoghadam, N., Poorbagher, H., Eagderi, S., & Rezaei Tavabe, K. (2019). *Original Article Assessment of habitat suitability index of Capoeta species in the Caspian Sea and Namak Lake basins, Iran*. 146–154. https://doi.org/10.22034/ijab.v7i3.622

Poveda, C. (2017). *Sustainability Assessment: A Rating System Framework For Best Practices*.

PRAMING. (2018). *DAA Proyecto Hidroeléctrico Sabaletas I*.

PRAMING, & Taborda Velez & Cia. (2020). *Estudio de Impacto Ambiental – Resumen Ejecutivo-Proyecto Hidroeléctrico Cocorná III*. 1–40.

Priess, J. A., & Hauck, J. (2014). Integrative Scenario Development. *Ecology and Society*, *19*(1), art12. https://doi.org/10.5751/ES-06168-190112

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *Perfil Productivo Municipio de San Francisco*.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015a). *Perfil Productivo Granada*.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015b). *Perfil Productivo San Luis*.

Provincia del Agua Bosques y El Turismo. (2020). *Plan Estratégico Provincial - PEP.*

Punys, P., Dumbrauskas, A., Kasiulis, E., Vyčienė, G., & Šilinis, L. (2015). Flow Regime Changes: From Impounding a Temperate Lowland River to Small Hydropower Operations. *Energies*, *8*(7), 7478–7501. https://doi.org/10.3390/en8077478

Purohit, P. (2008). Small hydro power projects under clean development mechanism in India: A preliminary assessment. *Energy Policy*, *36*(6), 2000–2015. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.02.008

QGIS. (2021).

Ramireddygari, S. ., Sophocleous, M. ., Koelliker, J. ., Perkins, S. ., & Govindaraju, R. . (2000). Development and application of a comprehensive simulation model to evaluate impacts of watershed structures and irrigation water use on streamflow and groundwater: the case of Wet Walnut Creek Watershed, Kansas, USA. *Journal of Hydrology*, *236*(3–4), 223–246. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00295-X

Rapoport, E. H., Borioli, G., Monjeau, J. A., Puntieri, J. E., & Oviedo, R. D. (1986). The design of nature reserves: a simulation trial for assessing specific conservation value. *Biological Conservation*, *37*(3), 269–290.

Ratcliffe. (1977). A Nature Conservation Review: The Selection of Biological Sites of National Importance to Nature Conservation in Britain. Edited by D. Ratcliffe 2 Volumes. Cambridge University Press, 1977. Volume 1: xvi, 401 pp. Price £35.00. Volume 2: vii, 320 pp. Price. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *57*(4), 1149–1149. https://doi.org/10.1017/S0025315400026229

Reca, A., Úbeda, C., & Grigera, D. (1994). Conservación de la fauna de tetrápodos. I. Un {\'\i}ndice para su evaluación. *Mastozoolog{\'\i}a Neotropical*, *1*(1), 17–28.

Reckendorfer, W., Baranyi, C., Funk, A., & Schiemer, F. (2006). Floodplain restoration by reinforcing hydrological connectivity: Expected effects on aquatic mollusc communities. *Journal of Applied Ecology*, *43*(3), 474–484. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01155.x

Reece, J. S., & Noss, R. F. (2014). Prioritizing species by conservation value and vulnerability: a new index applied to species threatened by sea-level rise and other risks in Florida. *Natural Areas Journal*, *34*(1), 31–45.

Reid, W., Mooney, H., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S., & Chopra, K. (2005). *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis*.

Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. United States Government Printing.

Rendón, A., Caballero, J., Arias, A., González, A., Arenas, J., & Gallego, J. (2011). Estudio geológico-geomorfológico en el Oriente cercano a Medellín, apoyo a la búsqueda de actividad tectónica reciente. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 39–54.

Restrepo, J., Cárdenas-Rozo, A., Paniagua-Arroyave, J., & Jiménez-Segura, L. (2020). Aspectos físicos de la cuenca del río Magdalena, Colombia: geología, hidrología, sedimentos, conectividad, ecosistemas, acuáticos e implicaciones para la biota. In *Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible* (pp. 41–83).

Restrepo, N., & Osorio, D. (2019). *ESTUDIO DE CASO: LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN LAS MESAS AMBIENTALES DE ANTIOQUIA*.

Riato, L., Leibowitz, S. G., & Weber, M. H. (2020). The use of multiscale stressors with biological condition assessments: A framework to advance the assessment and management of streams. *Science of the Total Environment*, *737*, 139699. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139699

Richards, D. R., & Friess, D. A. (2015). A rapid indicator of cultural ecosystem service usage at a fine spatial scale: Content analysis of social media photographs. *Ecological Indicators*, *53*, 187–195. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.034

RICHTER, B., BAUMGARTNER, J., WIGINGTON, R., & BRAUN, D. (1997). How much water does a river need? *Freshwater Biology*, *37*(1), 231–249. https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00153.x

Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Braun, D. P., & Powell, J. (1998). A spatial assessment of hydrologic

alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research & Management*, *14*(4), 329–340. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199807/08)14:4<329::AID-RRR505>3.0.CO;2-E

Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Powell, J., & Braun, D. P. (1996). A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems. *Conservation Biology*, *10*(4), 1163–1174. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10041163.x

Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussettini, M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, *180–181*, 96–108. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.09.009

Ríos-Ocampo, J.-P., & Vélez-Gómez, L.-D. (2015). Efectos fiscales de los asentamientos hidroeléctricos: el caso de la cuenca de los ríos Negro y Nare en Colombia. *Semestre Económico*, *18*(38), 137–160. https://doi.org/10.22395/seec.v18n38a5

Rojas, M. (2008). Experienced Poverty and Income Poverty in Mexico: A Subjective Well-Being Approach. *World Development*, *36*(6), 1078–1093. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.10.005

Román-valencia, C., Ruiz-c, R. I., Taphorn, D. C., Mancera-rodriguez, N. J., & García-alzate, C. A. (2013). *Three new species of Hemibrycon (Characiformes : Characidae) from the Magdalena River Basin , Colombia*. *61*(September), 1365–1387.

Román, C., & Ruiz, C. (2007). Una nueva especie de pez del género Hemibrycon (Characiformes: Characidae) del alto río Atrato, noroccidende de Colombia. *Caldasia*, 121–131.

Román, C., Vanegas, J., & Ruiz, R. (2008). Una nueva especie de pez del género Bryconamericus (Ostariophysi: Characidae) del río Magdalena, con una clave para las especies de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 1749–1763.

Román Valencia, C. (2001). Ecología trófica y reproductiva de Trichomycterus caliensis y Astroblepus cyclopus (Piscis:Siluriformes) en el río Quindío, alto Cauca. *Rev Biol Trop*, 657–666.

Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, *82*(1), 34–55. https://doi.org/10.1086/260169

Ross, C. W., Prihodko, L., Anchang, J., Kumar, S., Ji, W., & Hanan, N. P. (2018). HYSOGs250m, global gridded hydrologic soil groups for curve-number-based runoff modeling. *Scientific Data*, *5*(1), 180091. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.91

Rosset, V., Simaika, J. P., Arthaud, F., Bornette, G., Vallod, D., Samways, M. J., & Oertli, B. (2013). Comparative assessment of scoring methods to evaluate the conservation value of pond and small lake biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *23*(1), 23–36.

Rosso, M., Bottero, M., Pomarico, S., La Ferlita, S., & Comino, E. (2014). Integrating multicriteria evaluation and stakeholders analysis for assessing hydropower projects. *Energy Policy*, *67*, 870–881. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.007

Ruiz, C. (2021). Listado de Aves Acuáticas de Colombia. *Asociación Calidris*.

Sakulphan, K., & Bohez, E. (2018). A New Optimal Selection Method with Seasonal Flow and Irrigation Variability for Hydro Turbine Type and Size. *Energies*, *11*(11), 3212. https://doi.org/10.3390/en11113212

Sala, S., Ciuffo, B., & Nijkamp, P. (2015). A systemic framework for sustainability assessment. *Ecological Economics*, *119*, 314–325. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.09.015

Sala, S., Farioli, F., & Zamagni, A. (2013). Progress in sustainability science: lessons learnt from current methodologies for sustainability assessment: Part 1. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *18*(9), 1653–1672. https://doi.org/10.1007/s11367-012-0508-6

Sánchez, G., & CNRR. (2011). *Área de Memoria Histórica. San Carlos: memorias del éxodo en la guerra*.

Sandoval-Solis, S., McKinney, D. C., & Loucks, D. P. (2011). Sustainability Index for Water Resources Planning and Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *137*(5), 381–390. https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000134

Santos, J. M., Ferreira, M. T., Pinheiro, A. N., & Bochechas, J. H. (2006). Effects of small hydropower plants on fish assemblages in medium-sized streams in central and northern Portugal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *16*(4), 373–388. https://doi.org/10.1002/aqc.735

Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecologia,*.

Sarkar, A. U., & Karagöz, S. (1995). Sustainable development of hydroelectric power. *Energy*, *20*(10), 977–981. https://doi.org/10.1016/0360-5442(95)00059-P

Saura, S., & Pascual-Hortal, L. (2007). A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning*, *83*(2–3), 91–103. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.005

Scannapieco, D., Naddeo, V., & Belgiorno, V. (2014). Sustainable power plants: A support tool for the analysis of alternatives. *Land Use Policy*, *36*, 478–484. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.09.008

Schaefer, S., Chakrabarty, P., Geneva, A., & Sabaj Pérez, M. (2011). Nucleotide sequence data confirm diagnosis and local endemism of variable morphospecies of Andean astroblepid catfishes (Siluriformes: Astroblepidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, *90–112*.

Schmidt, J. C., & Wilcock, P. R. (2008). Metrics for assessing the downstream effects of dams. *Water Resources Research*, *44*(4). https://doi.org/10.1029/2006WR005092

Schreider, S. Y., Jakeman, A. J., Letcher, R. A., Nathan, R. J., Neal, B. P., & Beavis, S. G. (2002). Detecting changes in streamflow response to changes in non-climatic catchment conditions: farm dam development in the Murray–Darling basin, Australia. *Journal of Hydrology*, *262*(1–4), 84–98. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00023-9

Schweitzer, C., Priess, J. A., & Das, S. (2011). A generic framework for land-use modelling. *Environmental Modelling & Software*, *26*(8), 1052–1055. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.02.016

Searcy, J. K. (1959). *Flow-duration curves, Manual of hydrology—Part 2. Low-flow techniques: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1542-A, 33 p.*

Şekercioğlu, Ç. H. (2012). Promoting community-based bird monitoring in the tropics: Conservation,

research, environmental education, capacity-building, and local incomes. *Biological Conservation*, *151*(1), 69–73. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.10.024

Senior, M. J. M., Brown, E., Villalpando, P., & Hill, J. K. (2015). Increasing the Scientific Evidence Base in the "High Conservation Value" (HCV) Approach for Biodiversity Conservation in Managed Tropical Landscapes. *Conservation Letters*, *8*(5), 361–367. https://doi.org/10.1111/conl.12148

SGC. (2012). *Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa. Escala 1:100.000*.

Shaad, K., Souter, N. J., Farrell, T., Vollmer, D., & Regan, H. M. (2018). Evaluating the sensitivity of dendritic connectivity to fish pass efficiency for the Sesan, Srepok and Sekong tributaries of the Lower Mekong. *Ecological Indicators*, *91*(April), 570–574. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.034

Shaefer, S. A. (2003). Family Astroblepidae. In S. O. Kullander & C. J. Ferraris (Eds.), *Checklist of the freshwater fishes of South and Central America* (p. 742). Edipucrs.

Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, *27*(3), 379–423. https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x

Sharp, E. R., Chaplin-kramer, R., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H., Ricketts, T., Authors, C., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Penning-, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., … Sharp, C. (2018). *InVEST User ' s Guide*.

Sharp, R., Tallis, H. T., Ricketts, T., Guerry, A. D., Wood, S. A., Chaplin-Kramer, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., … Bierbower, W. (2016). *InVEST +VERSION+ User's Guide, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy and World Wildlife Fund, The Natural Capital Project, Stanford, USA.*

Shiau, J.-T., & Wu, F.-C. (2007). Pareto-optimal solutions for environmental flow schemes incorporating the intra-annual and interannual variability of the natural flow regime. *Water Resources Research*, *43*(6), 6433. https://doi.org/10.1029/2006WR005523

Shokri, M. R., & Gladstone, W. (2013). Integrating vulnerability into estuarine conservation planning: Does the data treatment method matter? *Estuaries and Coasts*, *36*(4), 866–880.

SIB. (2017a). *Certificado del Reporte PCH Granada*. 6–9.

SIB. (2017b). *Certificado del Reporte PCH La Rica*.

SIB. (2017c). *Certificado del Reporte PCH Paloma III*.

SIB. (2018). *Certificado del Reporte PCH Argelia*.

SiB Colombia. (2021).

Smith, R. I., Barton, D. N., Dick, J., Haines-Young, R., Madsen, A. L., Rusch, G. M., Termansen, M., Woods, H., Carvalho, L., Giucă, R. C., Luque, S., Odee, D., Rusch, V., Saarikoski, H., Adamescu, C. M., Dunford, R., Ochieng, J., Gonzalez-Redin, J., Stange, E., … Vikström, S. (2018). Operationalising ecosystem service assessment in Bayesian Belief Networks: Experiences within the OpenNESS project. *Ecosystem Services*, *29*, 452–464.

https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.004

Staus, N. L., Strittholt, J. R., & Dellasala, D. A. (2010). Evaluating Areas of High Conservation Value in Western Oregon with a Decision-Support Model. *Conservation Biology*, *24*(3), 711–720.

Stoddart, H. (2011). *A Pocket guide to sustainable development governance*.

Tabeni, M. S., Bender, J. B., & Ojeda, R. A. (2004). Puntos calientes para la conservación de mam{\'\i}feros en la provincia de Tucumán, Argentina. *Mastozoolog{\'\i}a Neotropical*, *11*(1), 55–67.

Tapia, M. (1994). *POLITICAS PUBLICAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE: LA GESTION INTEGRADA DE CUENCAS*.

Tarboton, K. C., & Schulze, R. E. (1991). *The "ACRU" modelling system for large catchment water resources management*. *June*.

Teoh, K. (2003). *Estimating the impact of current farm dams development on the surface water resources of the Onkaparinga River Catchment*.

Tharme, R. E. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*, *19*(5–6), 397–441. https://doi.org/10.1002/rra.736

The Nature Conservancy. (2017a). *Piloto de evaluación de impactos acumulativos del sector hidroelectrico en la macrocuenca Magadalena Cauca. Región priorizadas 1 - Antioquia*.

The Nature Conservancy. (2017b). *Strong Voices, Active Choices: TNC's Practitioner Framework to Strengthen Outcomes for People and Nature*.

The Nature Conservancy. (2020). *Guía de la integración de la equidad de género en la conservación en The Nature Conservancy*.

The Nature Consevancy. (2021). *Reservas Naturales Fluviales (RNF): Nota Conceptual*.

Thompson, J. C. (2012). Impact and Management of Small Farm Dams in Hawke's Bay, New Zealand. In *Ph.D Thesis of the Victoria University of Wellington, New Zealand*.

Thorsteinsson, V. (2002). Tagging Methods for Stock assessment and research in fishes. Reporte of concerted action FAIR CT. 96 1394 (CATAG). *Reykiayik Marine Researcho Institute Technical Report*, 179.

TNC. (2017). *Piloto de evaluación de impactos acumulativos del sector hidroelectrico en la macrocuenca Magadalena Cauca. Región priorizadas 1 - Antioquia*.

TNC. (2019). *Evaluación de impactos acumulativos del sector hidroeléctrico en la jurisdicción de Cornare*.

TNC. (2021). *Conservación Basada en Comunidades*.

UNAL, & Cornare. (2016). *Zonificación Y Ordenación Forestal De Las Áreas En Bosques Naturales De Los Municipios De San Luis Y San Francisco, Antioquia*.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres -UNGRD. (2016). *Articulación de instrumentos de planificación para la Gestión del Riesgo de Desastre*.

Unidad para las Víctimas. (2018). *Registro Único de Víctimas (RUV)*.

UNIDAS, O. D. N. (2005). *Millennium Ecosystem Assessment*.

UPRA, U. de P. R. A. –. (2017). *Línea base de precios comerciales de la tierra rural agropecuaria - Departamento Antioquia - vigencia 2016-2017.*

Usma, S., Valderrama, M., Escobar, M., Ajiaco, R., Villa, F., Ramirez, H., Sanabria, A. I., Ortega, O., Maldonado, J., Alonso, J., & Cipamocha, C. (2009). *Peces dulceacuícolas migratorios en Colombia. Plan Nacional de las especies migratorias -Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & WWF Colombia. Bogotá D. C.: Comunicaciones y Equipo de Conservación - WWF Colombia.

Valderrama, M., Escobar, J., Pardo, B., Toro, S., Gutiérrez, J., & López, C. (2020). Servicios ecosistémicos generados por los peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia. In *XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible* (pp. 205–235). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Valencia-Hernandez, D. S., Robledo, S., Pinilla, R., Duque-Méndez, N. D., & Olivar-Tost, G. (2020). SAP Algorithm for Citation Analysis: An improvement to Tree of Science. *Ingeniería e Investigación*, *40*(1), 45–49. https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n1.77718

Valle, D., & Kaplan, D. (2019). Quantifying the impacts of dams on riverine hydrology under non-stationary conditions using incomplete data and Gaussian copula models. *Science of the Total Environment*, *677*, 599–611. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.377

Van Stempvoort, D., Ewert, L., & Wassenaar, L. (1992). *AVI: A Method for Groundwater Protection Mapping in the Prairie Provinces of Canada. Prairie Provinces Water Board, Regina, Saskatchewan.*

Vásquez Restrepo, J. D. (2021). *35 years behind the scenes : range extension of the rare Gro ' s manticore , Morunasaurus groi (Squamata , Hoplocercidae), in Colombia*. 0–4.

Velázquez Velázquez, E., & Vega-Cendejas, M. E. (2004). Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *CONABIO. Biodiversitas*, *57*, 12–15.

Velez, J. (2003). *DESARROLLO DE UN MODELO DISTRIBUIDO DE PREDICCIÓN EN TIEMPO REAL PARA EVENTOS DE CRECIDAS*. https://doi.org/10.13140/2.1.4996.1288

Vélez, J., Poveda, G., & Mesa, O. (2000). *Balances Hidrologicos de Colombia* (1st ed.).

Vera, I., & Langlois, L. (2007). Energy indicators for sustainable development. *Energy*, *32*(6), 875–882. https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.08.006

Verweij, P., Janssen, S., Braat, L., van Eupen, M., Pérez Soba, M., Winograd, M., de Winter, W., & Cormont, A. (2016). QUICKScan as a quick and participatory methodology for problem identification and scoping in policy processes. *Environmental Science & Policy*, *66*, 47–61. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.07.010

Vogel, R. M., Sieber, J., Archfield, S. A., Smith, M. P., Apse, C. D., & Huber-Lee, A. (2007). Relations among storage, yield, and instream flow. *Water Resources Research*, *43*(5), 5403. https://doi.org/10.1029/2006WR005226

Vollmer, D., Regan, H. M., & Andelman, S. J. (2016). Assessing the sustainability of freshwater systems: A critical review of composite indicators. *Ambio*, *45*(7), 765–780. https://doi.org/10.1007/s13280-016-0792-7

Vučijak, B., Kupusović, T., Midžić-Kurtagić, S., & Ćerić, A. (2013). Applicability of multicriteria decision aid to sustainable hydropower. *Applied Energy*, *101*, 261–267. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.024

Waas, T., Hugé, J., Block, T., Wright, T., Benitez-Capistros, F., & Verbruggen, A. (2014). Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development. *Sustainability*, *6*(9), 5512–5534. https://doi.org/10.3390/su6095512

Wagenhals, S., Garner, W., Duckers, L., & Kuhn, K. (2014). SUSTAINABILITY INDEX WITH INTEGRATED INDICATOR DEPENDENCIES. *Business, Management and Education*, *12*(1), 15–29. https://doi.org/10.3846/bme.2014.02

Wallis, C., Séon-Massin, N., Martini, F., & Schouppe, M. (2011). Onema meeting: implementation of the Water Framework Directive – when ecosystem services come into play. Brussels. In *2011*.

Wang, Q. G., Du, Y. H., Su, Y., & Chen, K. Q. (2012). Environmental Impact Post-Assessment of Dam and Reservoir Projects: A Review. *Procedia Environmental Sciences*, *13*(2011), 1439–1443. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.135

Wieringa, J. J., & Sosef, M. S. M. (2011). The applicability of Relative Floristic Resemblance to evaluate the conservation value of protected areas. *Plant Ecology and Evolution*, *144*(3), 242–248.

Williamson, S., Stark, B., & Booker, J. (2011). *"Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis," vol. 6 of Hydropower Applications, pp. 1377–1395, Proceedings of World Renewable Energy Congress, Linkoping, Sweden.*

Wilson, M. A., & Howarth, R. B. (2002). Discourse-based valuation of ecosystem services: establishing fair outcomes through group deliberation. *Ecological Economics*, *41*(3), 431–443. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00092-7

Wittmer, H., & Gundimeda, H. (2017). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Local and Regional Policy and Management*.

Wood, S. A., Guerry, A. D., Silver, J. M., & Lacayo, M. (2013). Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. *Scientific Reports*, *3*. https://doi.org/10.1038/srep02976

Woodward, & Clyde, C. (1983). *Geología Sísmica y Sismicidad del Noroccidente de Colombia*.

World Commission on Dams. (2000). *Dams and Development A New Framework for Decision-making - The Report of the World Commission on Dams*.

Wu, H., Darton, R., & Borthwick, A. (2015). *Defining and measuring river basin sustainability: a case study of the Yellow River* (pp. 383–394). https://doi.org/10.2495/SD150331

Wu, W., Xu, Z., Yin, X., & Zuo, D. (2014). Assessment of ecosystem health based on fish assemblages in the Wei River basin, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, *186*(6), 3701–3716. https://doi.org/10.1007/s10661-014-3651-7

Xia, J., Zhang, Y., Zhao, C., & Bunn, S. E. (2014). Bioindicator Assessment Framework of River

Ecosystem Health and the Detection of Factors Influencing the Health of the Huai River Basin, China. *Journal of Hydrologic Engineering*, *19*(8), 04014008. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000989

Xu, Y. D., Fu, B. J., & He, C. S. (2013). Assessing the hydrological effect of the check dams in the Loess Plateau, China, by model simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*, *17*(6), 2185–2193. https://doi.org/10.5194/hess-17-2185-2013

Yepes, A., Arango, C. F., Cabrera, E., González, J. J., Galindo, G., Barbosa, A. P., Urrego, D., Tobón, P., Suárez, A., & Camacho, A. (2018). *Propuesta de Lineamientos Para el Monitoreo Comunitario Participativo en Colombia y su Articulación con el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques*.

Zapata, V. M., & Robledano, F. (2014). Assessing biodiversity and conservation value of forest patches secondarily fragmented by urbanisation in semiarid southeastern Spain. *Journal for Nature Conservation*, *22*(2), 166–175.

Zhang, Hickel, K., Dawes, W. R., Chiew, F. H. S., Western, A. W., & Briggs, P. R. (2004). A rational function approach for estimating mean annual evapotranspiration. *Water Resources Research*, *40*(2). https://doi.org/10.1029/2003WR002710

Zhang, Q., Gu, X., Singh, V. P., & Chen, X. (2015). Evaluation of ecological instream flow using multiple ecological indicators with consideration of hydrological alterations. *Journal of Hydrology*, *529*, 711–722. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.08.066

Zhang, W., ElDidi, H., Swallow, K. A., Meinzen-Dick, R. S., Ringler, C., Masuda, Y., & Aldous, A. (2020). *Community-based management of freshwater resources: A practitioners' guide to applying TNC's voice, choice, and action framework*. https://doi.org/10.2499/p15738coll2.133692

Zhao, C. S., Yang, S. T., Xiang, H., Liu, C. M., Zhang, H. T., Yang, Z. L., Zhang, Y., Sun, Y., Mitrovic, S. M., Yu, Q., & Lim, R. P. (2015). Hydrologic and water-quality rehabilitation of environments for suitable fish habitat. *Journal of Hydrology*, *530*, 799–814. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.031

Zinck, A. (2012). *Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation.

Anexos

Lista de anexos

Anexo - Fase 0 - 1.0 - Cronograma de trabajo

Anexo – Fase I -1.0 - Descripción de modelo hidrológico – LU3

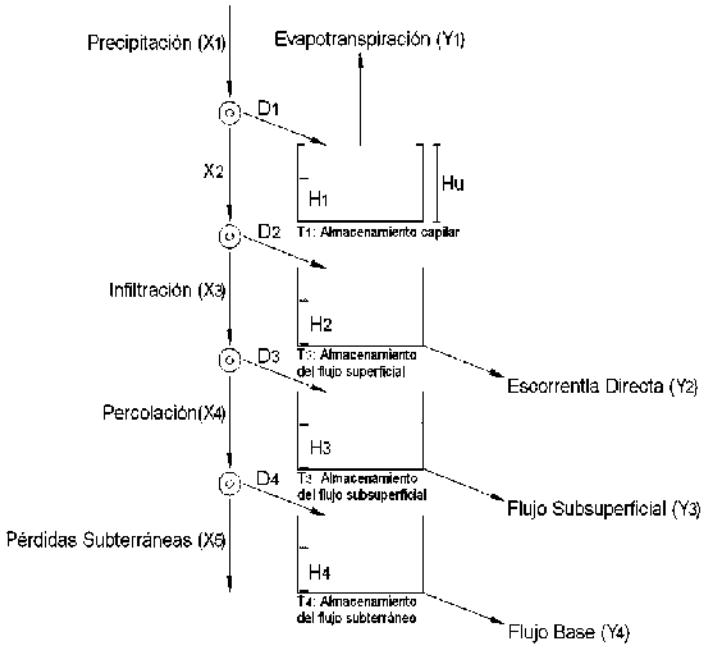
A continuación, se presenta la descripción del modelo matemático hidrológico descrito por Amaya et al. (2009).

El modelo LU3 representa por medio de un sistema de tanques interconectados entre sí los procesos determinantes de la producción de la escorrentía: interceptación de las plantas, detección de agua en los charcos, infiltración, evapotranspiración, recarga del acuífero, y escorrentía superficial, subsuperficial, y flujo base. En cada intervalo de tiempo, la precipitación (XI) se distribuye a los distintos almacenamientos, donde en función del volumen almacenado en cada uno de ellos (Hi), se determina su contribución a la escorrentía (Yi). El modelo realiza el balance de agua en cada tanque y actualiza los volúmenes almacenados en cada uno.

La cantidad de agua que se deriva en cada nodo (Di) y la que continua hacia los niveles inferiores (Xi) por el conducto distribuidor aguas abajo del nodo, la cual se puede relacionar con la conductividad hidráulica en el subsuelo (Velez, 2003).

La descarga (Yi) en cada uno de los tanques es función del volumen almacenado y de las características de la cuenca que se pueden asociar con el tiempo de permanencia del agua en un elemento de almacenamiento temporal.

Figura 483. Representación esquemática de modelo matemático hidrológico LU3



Fuente: Amaya et al, (2009)

- Tanque I (T1): Tanque de almacenamiento capilar

Este taque representa la interceptación de las plantas, la detección del agua en los charcos y el agua que se retiene en el suelo por las fuerzas capilares. De este tanque sólo sale agua producto de la evapotranspiración real (Y1) y no contribuye a la escorrentía superficial.

El valor de la lluvia obtenido mediante algún método de interpolación espacial de los datos de precipitación diaria registrados en las estaciones entra a un conducto del que se deriva una cantidad (D1) para el tanque (T1). Se supone que este tanque tiene una capacidad máxima (Hu), igual a la suma de la capacidad de almacenamiento de "agua útil" en el suelo y la capacidad de la cobertura de la superficie para almacenar agua (Velez, 2003).

La evapotranspiración real (Y1) depende de la cantidad de agua disponible en el tanque (H1), así cuando hay déficit de agua en el suelo la evapotranspiración es menor que la evapotranspiración potencial (ETP). Se supone que se conoce la evapotranspiración potencial media diaria en la cuenca y para todo el intervalo de tiempo considerado. Dadas las limitaciones en la estimación de la evapotranspiración potencial, se recomienda el uso de un método que permita estimarla a nivel diario.

- Tanque 2 (T2): Almacenamiento del flujo superficial

En este almacenamiento se representa el agua que fluye por la ladera o escorrentía directa. Se supone que la capa superior del suelo tiene una conductividad hidráulica (ks) representativa o característica y que se asocia al tipo de suelo y a su estructura, lo cual está relacionando la cobertura vegetal, el uso y el manejo del suelo.

La cantidad de agua que entra al almacenamiento (T2), está relacionada con la capacidad del suelo para dejar pasar el agua a su interior (ks), una conductividad hidráulica de la capa superior del suelo asociada a la cobertura en condiciones de saturación y con el flujo excedente del almacenamiento capilar (X2).

La velocidad de respuesta de este tanque es "rápida", y está representada por el tiempo de residencia (Tr2) del agua en dicho almacenamiento, el cual es del orden de una fracción de día hasta hace pocos días, dependiendo de las características propias de la cuenca.

- Tanque 3 (T3): Almacenamiento del flujo subsuperficial

Este almacenamiento representa el agua almacenada en la capa superior del suelo mientras fluye lentamente hacia la red de drenaje, se desarrolla inicialmente sobre una capa delgada que fluye lateralmente hacia abajo por el interior de esta capa hasta que sale a los elementos de la red de drenaje.

DE acuerdo con lo propuesto en el modelo, durante el intervalo de tiempo, se tiene una cantidad de agua gravitacional (X3) que se mueve verticalmente hacia el interior del suelo. De esta cantidad, una parte (X4), podrá percolar o seguir hacia la zona inferior del suelo, mientras que el resto del agua se deriva al almacenamiento superior del suelo donde se convertirá en flujo subsuperficial.

Se supone igualmente que la capa inferior del suelo tiene una capacidad de percolación representativa (kp) que se asocia al tipo de subsuelo y su estructura, lo cual está estrechamente relacionado con las características geológicas (litológicas y estructurales) y geomorfológicas de las

capas inferiores del suelo. En algunos casos la capacidad de percolación y su variabilidad espacial se pueden inferir por las características del relieve, algunos rasgos morfológicos, el desarrollo de la vegetación, el uso y manejo del suelo y la producción de flujo base aguas abajo.

La velocidad de respuesta de este tanque es "intermedia", y está representada por el tiempo de residencia (Tr3) del agua en dicho almacenamiento el cual es del orden de días.

- Tanque 4 (T4): Almacenamiento del flujo subterráneo

Se representa por un tanque donde se considera el almacenamiento del agua gravitacional mientras fluye a través del interior del suelo hacia la red de drenaje, en lo que se podría considerar como el acuífero, y donde sale a formar el flujo base.

El volumen de agua que durante el intervalo de tiempo ingresa por percolación (X4) tiene la posibilidad de que una cantidad de agua siga hacia las pérdidas subterráneas (X5) y que el resto sea derivado hacia el almacenamiento subterráneo (T4).

La velocidad de respuesta de este tanque es "lenta", y está representada por el tiempo de residencia (Tr4) del agua en dicho almacenamiento el cual es del orden de decenas de días.

Finalmente, el caudal total en la cuenca para cada intervalo de tiempo es la suma del flujo producido los tanques o almacenamientos de flujo superficial, flujo subsuperficial y flujo subterráneo.

Anexo – Fase I -2.0 - Métodos de normalización de indicadores

De acuerdo con Juwana et al. (2012) los métodos de normalización más utilizados son:

- Método de clasificación

El método de clasificación es el método más simple ya que se obtiene el subíndice en función de la importancia relativa de los indicadores identificados. Este método se utiliza para comparar los valores de un indicador en particular para diferentes áreas. Una vez que se obtienen los valores, simplemente se ordenan en orden ascendente o descendente, y se definen las clasificaciones. La ecuación para calcular los valores de los subíndices utilizando este método es:

$$S_i = Rank(I_i)$$

Donde S_i es el valor del subíndice para el indicador *i* y I_i es el valor real para el indicador *i*.

- Método de cambio de escala continuo

El método de cambio de escala continuo se utiliza para producir un rango idéntico para los valores de los indicadores, por ejemplo, 0–1 o 0–100. La ecuación general para calcular los valores de los subíndices utilizando este método es la siguiente:

$$S_i = \frac{I_i - I_{min}}{I_{max,i} - I_{min}}$$

Donde S_i es el valor del subíndice para el indicador *i*, $I_i$es el valor real para el indicador *i*, y I_{min} y I_{max} son los valores umbral mínimo y máximo del indicador. La ecuación da el valor del subíndice en una escala de 0 a 1. La ecuación anterior se utiliza cuando I_{min} es el valor menos preferido y I_{max}

es el valor más preferido. Si I_{min} y I_{max} son los valores más y menos preferidos respectivamente, la ecuación se modifica a:

$$S_i = 1 - \frac{I_i - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

- Método de diferencias anuales

Este método calcula el valor del subíndice de un indicador en particular basándose en la diferencia de un valor real en un año en particular en comparación con el año anterior. El uso de este método está sujeto a la disponibilidad de datos de series de tiempo para los indicadores identificados. La ecuación para calcular los valores de los subíndices utilizando este método es:

$$S_i = \frac{I_{i,t} - I_{i,t-1}}{I_{i,t}}$$

Donde S_i es el valor del subíndice del indicador *i*, $I_{i,t}$ es el valor real del indicador *i* en el momento t, $I_{i,t-1}$ es el valor real del indicador I en el momento $t - 1$.

- Método de escalas categóricas

El método de escala categórica asigna categorías a los indicadores en función de algunos criterios definidos. Las categorías pueden ser numéricas (valores como 1–5) o cualitativas (como 'muy buena', 'buena' o 'mala'). En comparación con el método de cambio de escala continuo, en lugar de tener los valores del subíndice en forma continua, este método produce los valores del subíndice en categorías. La ecuación para calcular los valores de los subíndices utilizando este método es:

$$S_i = \begin{matrix} Z_j & if & I_i\ cumple\ el\ criterio\ 1 \\ Z_j & if & I_i\ cumple\ el\ criterio\ 2 \\ & \dots & \dots \quad \dots \\ Z_j & if & I_i\ cumple\ el\ criterio\ n \end{matrix}$$

Donde S_i es el valor del subíndice del indicador *i*, I_i es el valor real del indicador *i*, $Z_j$es la categoría para I_i que cumple con el criterio *j*, y *n* es el número de categorías.

- Método de distancia a una referencia

Este método normaliza el indicador en función de sus condiciones relativas al valor o valores de referencia. La ecuación para calcular los valores de los subíndices utilizando este método es:

$$S_i = \frac{I_i}{I_r}$$

Donde S_i es el valor del subíndice del indicador *i*, I_i es el valor real del indicador y I_r es el valor real utilizado como referencia.

Anexo – Fase I -3.0 - Métodos para la definición de pesos

De acuerdo con Nardo et al. (2005) existen diferentes técnicas para estimar los pesos o equivalencia de un grupo de indicadores. Según (Nardo et al., 2005), las técnicas de ponderación se clasifican en dos categorías: Métodos basados en estadísticas y métodos basados en la participación. En el primer método, las ponderaciones se asignan en función del análisis de los datos de los indicadores

mientras que en el segundo caso las ponderaciones se dan en función de la opinión de expertos o del público en general.

Métodos como el análisis factorial (FA) / análisis de componentes principales (PCA) y el modelo de componentes no observados (MCU) son ejemplos del enfoque de ponderación basado en estadísticas. En general, el FA/PCA asigna ponderaciones basadas en el factor de carga de cada indicador al índice final. El uso de FA / PCA para determinar los pesos implica cuatro pasos. El primer paso es analizar la correlación de los indicadores; si no existe correlación, es probable que los indicadores no compartan factores comunes. Por consiguiente, en los casos en que los indicadores no están correlacionados, a los indicadores se les asignan pesos iguales. Sin embargo, es poco probable que los indicadores no tengan ninguna correlación por completo. Si existe la correlación, el segundo paso es identificar factores comunes que representen grupos de indicadores. En PCA, los factores se conocen como componentes (principales). Cada factor indica qué tan bien explica la varianza general. El tercer paso es determinar la contribución de cada indicador a su factor correspondiente, utilizando el análisis de carga factorial. Posteriormente, el paso final es calcular los pesos basados en el factor común y el análisis de carga de factores. Se otorgan mayores ponderaciones a los indicadores con alto factor de carga y alto porcentaje para explicar la varianza general. En cualquier caso, ya sea que existan correlaciones fuertes o débiles, las interpretaciones sobre las correlaciones deben presentarse sobre la base de criterios claros y documentados (Juwana et al., 2012; Nardo et al., 2005).

En el enfoque basado en la participación, se encuentran disponibles métodos como la asignación presupuestaria (BAL), el proceso jerárquico analítico (AHP) y el procedimiento revisado de Simos. El método BAL se utiliza para asignar ponderaciones para diferentes indicadores en función de la asignación de presupuesto por parte de expertos seleccionados. Se solicita a los expertos que asignen determinados presupuestos a cada indicador. Una vez que se asigna el presupuesto, los pesos se calculan en función del presupuesto. Si es necesario (opcional), la asignación presupuestaria se repite hasta que se alcanza la convergencia entre expertos (Juwana et al., 2012; Nardo et al., 2005)

El método AHP es una técnica de toma de decisiones multicriterio utilizada en diferentes campos como el servicio al cliente, el diseño operativo y la conservación del agua. Este método se utiliza para determinar los pesos de diferentes criterios en la toma de decisiones. Usando AHP, los pesos se determinan mediante la comparación por pares de los criterios identificados. Se descubrió que el método es útil para determinar los pesos de los criterios en los que interviene el juicio cualitativo de expertos o del público en general (Juwana et al., 2012).

Anexo - Fase II - 1.0 - GDB

Anexo - Fase II - 2.0 - Fase II -Salida de Campo 1

Anexo - Fase II - 3.0 - Fase II -Salida de Campo 2

Anexo - Fase II - 4.0 - Fase II -Salida de Campo 3

Anexo - Fase II - 5.0 - Fase II -Salida de Campo 4

Anexo - Fase II - 6.0 - Fase II -Salida de Campo 5

Anexo - Fase II - 7.0 - Fase II -Talleres

Anexo - Fase II - 8.0 - Fase II -Modelos InVEST

Anexo - Fase II - 9.0 - Fase II -Biodiversidad Samaná Norte

Anexo - Fase II - 10.0 - Fase II -Biodiversidad Samaná Sur

Anexo - Fase II - 11.0 - Fase II -Memorias de cálculo de valoración económica

Anexo - Fase II - 12.0 - Fase II -Descripción de escenarios 6, 7 y 8

Anexo - Fase II - 13.0 - Fase II -Base de datos de proyectos hidroenergéticos

Anexo - Fase III - 1.0 - GDB

Anexo - Fase III - 2.0 - Salida de campo 1

Anexo - Fase III - 3.0 - Salida de campo 2

Anexo - Fase III - 4.0 - Salida de campo 3

Anexo - Fase III - 5.0 - Talleres

Anexo - Fase III - 6.0 - Memorias de cálculo de indicadores ambientales, económicos y sociales de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur

Anexo - Fase III - 7.0 - Consolidado de indicadores ambientales, económicos y sociales de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur

Anexo - Fase III - 8.0 - Memorias de cálculo de subíndices de sostenibilidad integrados por dimensión y del índice de sostenibilidad integrado de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur

Anexo - Fase III - 9.0 - Consolidado de subíndices de sostenibilidad integrados por dimensión y del índice de sostenibilidad integrado de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur

Anexo - Fase III - 10.0 - Curvas de sostenibilidad de las unidades NSS-2 y NSS-3 de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur

Anexo – Fase IV - 1.0 - GDB

Anexo – Fase IV - 2.0 - Objetos de conservación

Anexo – Fase IV - 3.0 - Servicios ecosistémicos

Anexo – Fase IV - 4.0 - Armonización de las áreas en conflicto de manejo

Anexo – Fase IV - 5.0 - Mesas de trabajo conjunto

Anexo – Fase IV - 6.0 - Mesas técnicas de socialización