

**Conectados por la Vida,
La Equidad y el Desarrollo Sostenible**



Índice de Sostenibilidad Integrado para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur



**The Nature
Conservancy**

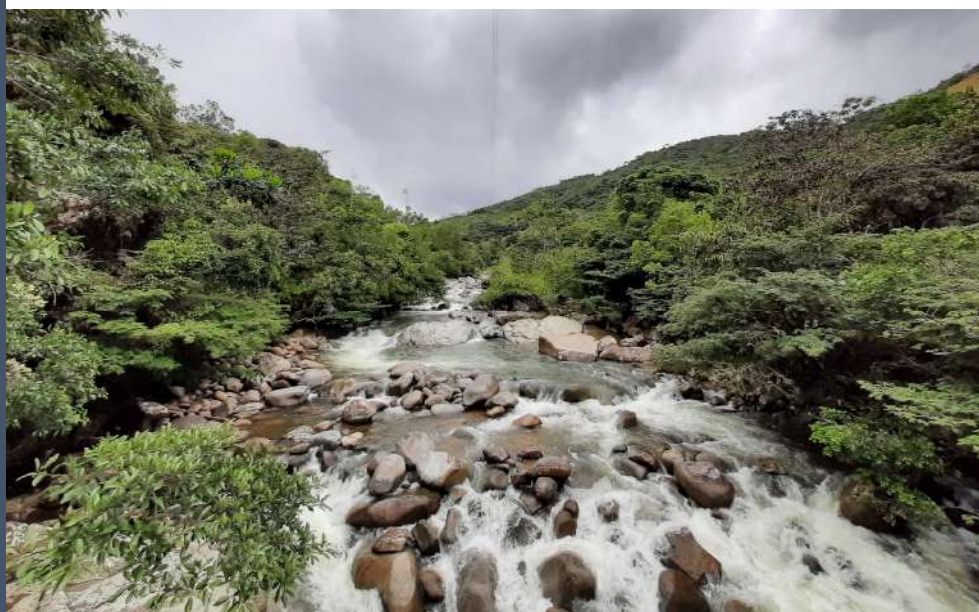


5-11-2021

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

Producto 5: Fase IV

Resumen Ejecutivo - 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

Producto 5: Fase IV – Resumen Ejecutivo - Convenio de Asociación CORNARE –TNC Número 507-2020

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



Revisión y Supervisión

Oladiel Ramírez Gómez, Secretario General (CORNARE)
Oscar Enrique Martínez Moreno, Jefe Oficina de Licencias y Permisos Ambientales (CORNARE)
Grupo técnico y jurídico Oficina de Licencias y Permisos Ambientales (CORNARE)
Grupos de apoyo otras dependencias (CORNARE)



Contenido

Introducción	1
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Alcance	4
Límites de sostenibilidad, objetos de conservación y servicios ecosistémicos	5
Límites de sostenibilidad	5
Paso 1: Unidad mínima de análisis	7
Paso 2: Diagnóstico ambiental, económico y social	7
Paso 3: Escenarios de análisis	13
Paso 4: Indicadores por dimensión ambiental, económica y social para los escenarios definidos	17
Paso 5: Subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social para los escenarios definidos	19
Paso 6: Índice de sostenibilidad integrado para los escenarios definidos	21
Paso 7: Rangos y categorías de sostenibilidad	22
Paso 8: Límites de sostenibilidad	22
Servicios ecosistémicos	25
Objetos de conservación	28
Propuesta de administración de los recursos naturales	29
Oportunidad de manejo basada en el índice de sostenibilidad integrado	29
Comparación de zonificaciones y áreas críticas	30
Propuesta de armonización	31
Marco normativo para la protección de los recursos naturales y el manejo de ecosistemas hídricos	32
Marco normativo constitucional:	32
Marco Normativo Ambiental	33
Marco normativo del ordenamiento territorial	34
Marco Normativo asociado a la gestión del riesgo	35
Propuesta de implementación y reglamentación del Índice de sostenibilidad	36
Conclusiones	39
Referencias	45

Lista de figuras

Figura 1. Subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)	7
Figura 2. Escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Norte	15
Figura 3. Escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Sur	16
Figura 4. Curva de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte.....	23
Figura 5. Curva de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Sur.....	24
Figura 6. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para el escenario 3	25
Figura 7. Servicios ecosistémicos para la cuenca del río Samaná Norte	26
Figura 8. Servicios ecosistémicos para la cuenca del río Samaná Sur.....	27
Figura 9. Objetos de conservación y tramos de río priorizados de la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)	28
Figura 10. Propuesta de oportunidad de manejo de la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha) bajo el escenario 3	29
Figura 11. Áreas en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo y el POMCA para la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)	30
Figura 12. Propuesta de áreas que requieren una administración “especial” de los recursos naturales para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur	31
Figura 13. Armonización de las áreas en conflicto para la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)	32
Figura 14. Proceso de trabajo participativo para la definición del mecanismo de implementación de índice	37

Lista de tablas

Tabla 1. Rangos de indicadores ambientales.....	20
Tabla 2. Rango de escalamiento de indicadores ambientales, económicos y sociales	20
Tabla 3. Pesos de indicadores por dimensión.....	21
Tabla 4. Categorías de oportunidad de manejo	29
Tabla 5. Nivele 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.....	30

Introducción

Este documento presenta el resumen ejecutivo de 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 (CORNARE) y The Nature Conservancy (TNC).

La evaluación de la sostenibilidad es uno de los tipos más complejos de metodologías de evaluación, pues no solo incluye aspectos multidisciplinarios (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 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.

Considerando este contexto, el documento que se presenta a continuación tiene como objetivo mostrar de manera sintética el marco metodológico planteado para la definición de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. Así como también, mostrar como el esquema metodológico propuesto puede traducirse en una propuesta de implementación y reglamentación para ambos sistemas hídricos. En total fueron ocho los pasos considerados para la estimación de la sostenibilidad:

- **Paso 1 - Definición de unidad mínima de análisis:** consiste en la segmentación espacial de las unidades en las cuales se realizarán los análisis de sostenibilidad.
- **Paso 2 - Diagnóstico ambiental, económico y social:** tiene como objetivo realizar un diagnóstico completo de la dimensión ambiental, 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.
- **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.
- **Paso 5 - Cálculo de subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social:** este paso aborda la construcción de los subindicadores integrados por cada una de las dimensiones.

- **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:** 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 límite de una función identificar los valores de sostenibilidad a los cuales tienden las cuencas bajo una configuración específica de los escenarios de análisis.

En este sentido, al interior del documento se encontrará el desarrollo de la metodología formulada tanto en la cuenca del río Samaná Norte como la del río Samaná Sur. Por otra parte, se muestra la identificación de áreas a nivel de subcuencas NSS-3 que requieren una administración especial de los recursos naturales, articulando los objetos de conservación y tramos de río priorizados, los servicios ecosistémicos y los determinantes ambientales de mayor jerarquía, para finalmente traducir los resultados de sostenibilidad en una propuesta de implementación y reglamentación del índice de sostenibilidad integrado.

Objetivo general

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 sostenibilidad, a partir de la oferta y demanda de los recursos naturales renovables y los servicios ecosistémicos.

Objetivos específicos

- 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.
- Realizar el 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 (NSS2) 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
- Calcular 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 (NSS2) 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.
- Desarrollar una propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur (considerando subcuencas y tramos), que incluya un listado con actividades permitidas y prohibidas de acuerdo con los resultados de límites de sostenibilidad.

Alcance

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 (CORNARE) y The Nature Conservancy (TNC), el actual documento tiene como alcance presentar la síntesis de los productos obtenidos en las 4 fases del convenio:

- 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 límites de sostenibilidad.

Límites de sostenibilidad, objetos de conservación y servicios ecosistémicos

Límites de sostenibilidad

De acuerdo con Sala et al. (2015), en la actualidad no existe un consenso sobre el concepto de sostenibilidad, por lo que para el desarrollo del Convenio de Asociación CORNARE –TNC Número 507-2020 se realizó una revisión de estudios técnicos y científicos para aproximarse a una respuesta a la pregunta ¿Qué es sostenibilidad?. Como resultado, se encontró que si se piensa desde un punto de vista abstracto, la sostenibilidad puede entenderse como la capacidad de mantener alguna entidad, resultado o proceso a lo largo del tiempo (Basiago, 1998), pero cuando para este concepto se consideran las actividades humanas y el medio ambiente en el cual se desarrollan, las definiciones se orientan hacia la prevalencia de un equilibrio entre la población y la capacidad de carga de su entorno, de tal forma que la población puede desarrollarse para expresar todo su potencial sin producir efectos adversos irreversibles sobre la capacidad de carga del medio ambiente del cual se depende (Ben-Eli (2015) (Mensah, 2019)). En el producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c), se presentan las múltiples definiciones sobre el concepto de sostenibilidad, no obstante, para efectos del convenio se definió 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 y que propicien el crecimiento económico, la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social de las comunidades”* (Cornare & TNC, 2021c).

El marco técnico para la definición de límites de sostenibilidad se construyó a partir de una extensa revisión de estudios técnicos y científicos, los cuales pueden ser consultados en el producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c). Como parte de esta revisión, se encontró que el Análisis Multicriterio (ACM) resulta ser la metodología de mayor uso en la evaluación de la sostenibilidad en sistemas naturales. En razón a lo anterior, la propuesta de Wu et al. (2015) y Petrosyan (2010) en conjunto con los lineamientos para la evaluación de la sostenibilidad mediante indicadores definidos por Juwana et al. (2012), fueron considerados como la guía principal, dado que en conjunto consolidan de manera general todos los componentes para la evaluación de la sostenibilidad en cuencas hidrográficas.

En síntesis, el proceso metodológico que se adoptó para la evaluación de la sostenibilidad en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur consta de 8 pasos:

- **Paso 1 - Definición de unidad mínima de análisis:** consiste en la segmentación espacial de las unidades en las cuales se realizarán los análisis de sostenibilidad.
- **Paso 2 - Diagnóstico ambiental, económico y social:** tiene como objetivo realizar un diagnóstico completo de la dimensión ambiental, económica y social en las unidades mínimas de análisis.

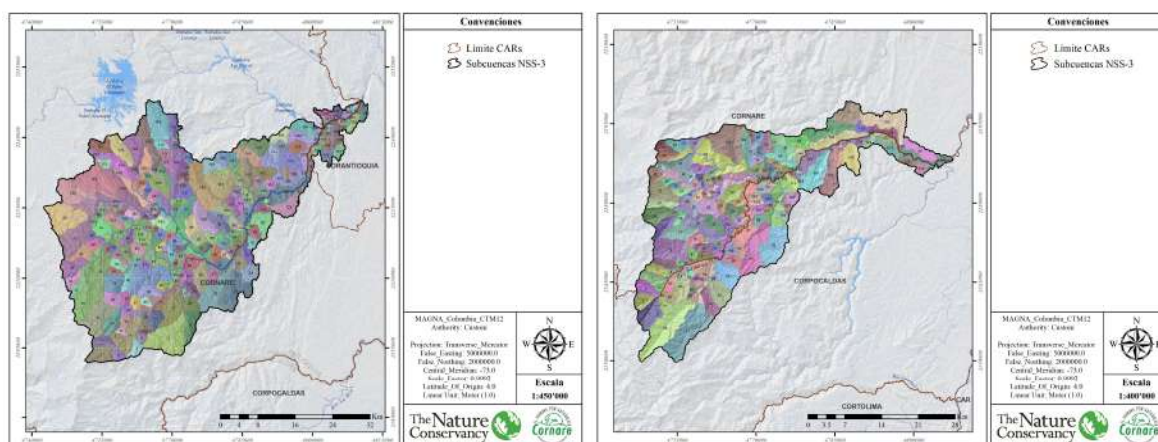
- **Paso 3 - Definición de escenarios:** consiste en plantear diferentes condiciones de los generadores de impacto en las unidades mínimas de análisis. Para esto se deben realizar los siguientes pasos:
 - **Paso 3.1:** identificar los generadores de impacto.
 - **Paso 3.1:** seleccionar los generadores 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 límite de una función identificar los valores de sostenibilidad a los cuales tienden las cuencas bajo una configuración específica de los escenarios de análisis.

A continuación, se detallan cada uno de los pasos del esquema metodológico propuesto para la definición de límites de sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Paso 1: Unidad mínima de análisis

Las unidades mínimas de análisis consideradas para ambas cuencas correspondieron a la división espacial de subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3), definida por sus respectivos Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA). En total fueron 220 unidades las consideradas para la cuenca del Samaná Norte (Consortio POMCA Oriente Antioqueño, 2017a) y 140 unidades para la cuenca del río Samaná Sur (Consortio POMCA Oriente Antioqueño, 2017b). En la Figura 1 se presenta su distribución espacial para ambas cuencas.

Figura 1. Subcuencas de nivel subsiguiente 3 (NSS-3) de la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y del POMCA río Samaná Norte

Paso 2: Diagnóstico ambiental, económico y social

El diagnóstico de la situación actual de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, consolidado en el Producto 3 – Fase II (Cornare & TNC, 2021b), se realizó a partir de la revisión de estudios técnicos y científicos sobre las características ambientales, económicas y sociales en ambas cuencas. Los documentos revisados incluyeron los POMCAS, los instrumentos de planificación ambiental para 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. Adicionalmente, el diagnóstico se complementó con levantamiento de información primaria, la cual se recopiló mediante 5 salidas de campo y 25 talleres realizados con múltiples actores de ambas cuencas. A continuación, se presenta una síntesis de la condición diagnóstica de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

✓ *Cuenca del río Samaná Norte*

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, anfíbolitas del Complejo El Retiro y esquistos del Complejo Cajamarca.

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, las lluvias comienzan 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°C - 9,4°C con un valor promedio de 23°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.

Con relación a los proyectos hidroeléctricos, se identificaron un total de 36, los cuales se encuentran en diferentes estados de trámite, como son: 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 y/o en trámite de licencia ambiental, 11 proyectos en diagnóstico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes, 11 proyectos con licencias negadas y/o archivadas (concesiones que desistieron o 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 que degraden la condición de la cuenca y afecten 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 Guatapapé, 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 presentó cambios positivos o de permanencia de coberturas boscosas, representadas en 72.990,25 ha. Sin embargo, de acuerdo con lo evidenciado en campo, la cuenca está experimentando actualmente una alta 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 4.238 especies, agrupadas en 2.715 especies de plantas (7,8% a nivel nacional), 13 especies de hongos (0,74% a nivel nacional) y 1.510 especies de fauna (6,1% a nivel nacional) incluidas arañas, caracoles, cangrejos e insectos. Esta riqueza que agrupa varias fuentes de información, supera las 3.770 reportadas por el POMCA y las 3.514 especies agrupadas en GBIF. En las áreas protegidas se han reportan 10.137 registros agrupados en 1647 especies, de las cuales 1024 son plantas, 12 son hongos y 612 son especies de animales.

En lo que respecta al saneamiento de aguas residuales, en los últimos años se han hecho esfuerzos en las ocho cabeceras de la jurisdicción CORNARE, para mejorar las condiciones de recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales domésticas. 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 deja a los habitantes de la cuenca en una situación de desventaja en un mundo globalizado e interconectado.

Con relación al 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, 2020). 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 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, en la cuenca se estima con 51,74 metros cuadrados por habitante. Este indicador elegido como referente, comparado con el estándar internacional, resulta ser muy superior. Esta medición confirma el alto sentido de pertenencia de los habitantes del territorio, 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 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 la población mantiene una preocupación muy fuerte por amenazas sobre los recursos naturales, principalmente relacionadas con la construcción de centrales hidroeléctricas, minería y deforestación. De acuerdo con esto, se identifican importantes niveles de conocimiento de los pobladores frente al tema y una actitud de defensa por el territorio que se basa en la experiencia de las comunidades y líderes en procesos adelantados por los múltiples proyectos hidroeléctricos que han tenido lugar en el territorio.

✓ *Cuenca del río Samaná Sur*

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 3350 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 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, las lluvias comienzan 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°C - 5,9°C con un valor promedio de 20,6°C y una desviación estándar de 4,6°C.

Con relación a los proyectos hidroeléctricos, se identificó que la cuenca del río Samaná Sur no cuenta actualmente con proyectos en estado de construcción u operación, sin embargo, se identificaron un total de 18 proyectos, los cuales se encuentran en diferentes estados de trámite: 5 proyectos con licencia ambiental o concesión de agua, 6 proyectos en diagnóstico ambiental de alternativas aprobado y/o tramite de licencia ambiental, 6 proyectos en diagnóstico en trámite y solicitudes o permisos de estudio vigentes, 1 proyectos con licencias negadas y/o archivadas (concesiones que desistieron o permisos de estudio vencidos).

Lo anterior evidencia que al igual que la cuenca del río Samaná Norte, 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 que degraden la cuenca y afecten 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, 2014^a).

Por otra parte, de acuerdo con los análisis multitemporales realizados entre el 2000 y 2017, se encontró que la cuenca del Samaná Sur presentó 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 red hídrica del río Samaná Sur, al no tener proyectos hidroeléctricos, se encuentra totalmente conectada, por lo que los procesos migratorios que realizan los peces, 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 lo que respecta al saneamiento de aguas residuales, en los últimos años se han hecho esfuerzos en las cabeceras municipales de Sonsón, Nariño y Argelia, para mejorar las condiciones de recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales domésticas. 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 favorable es Norcasia con 6,6%, superando 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%. 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, que 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 se estima 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, 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.

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 territorial.

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. Con relación a 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 está decreciendo.

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 relacionados con la comunidad, se encontró que la población mantiene 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.

Paso 3: Escenarios de análisis

Un escenario constituye una secuencia hipotética de eventos contruidos 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 a través de la observación de ciertos factores clave relevantes en un sistema (Kosow & Gaßner, 2008). En principio, un escenario no tiene que representar 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 anterior y en concordancia con lo establecido en el convenio de asociación CORNARE –TNC Número 507-2020, se consideraron un total de 8 escenarios de análisis tanto para la cuenca del río Samaná Norte como para la cuenca del río Samaná Sur.

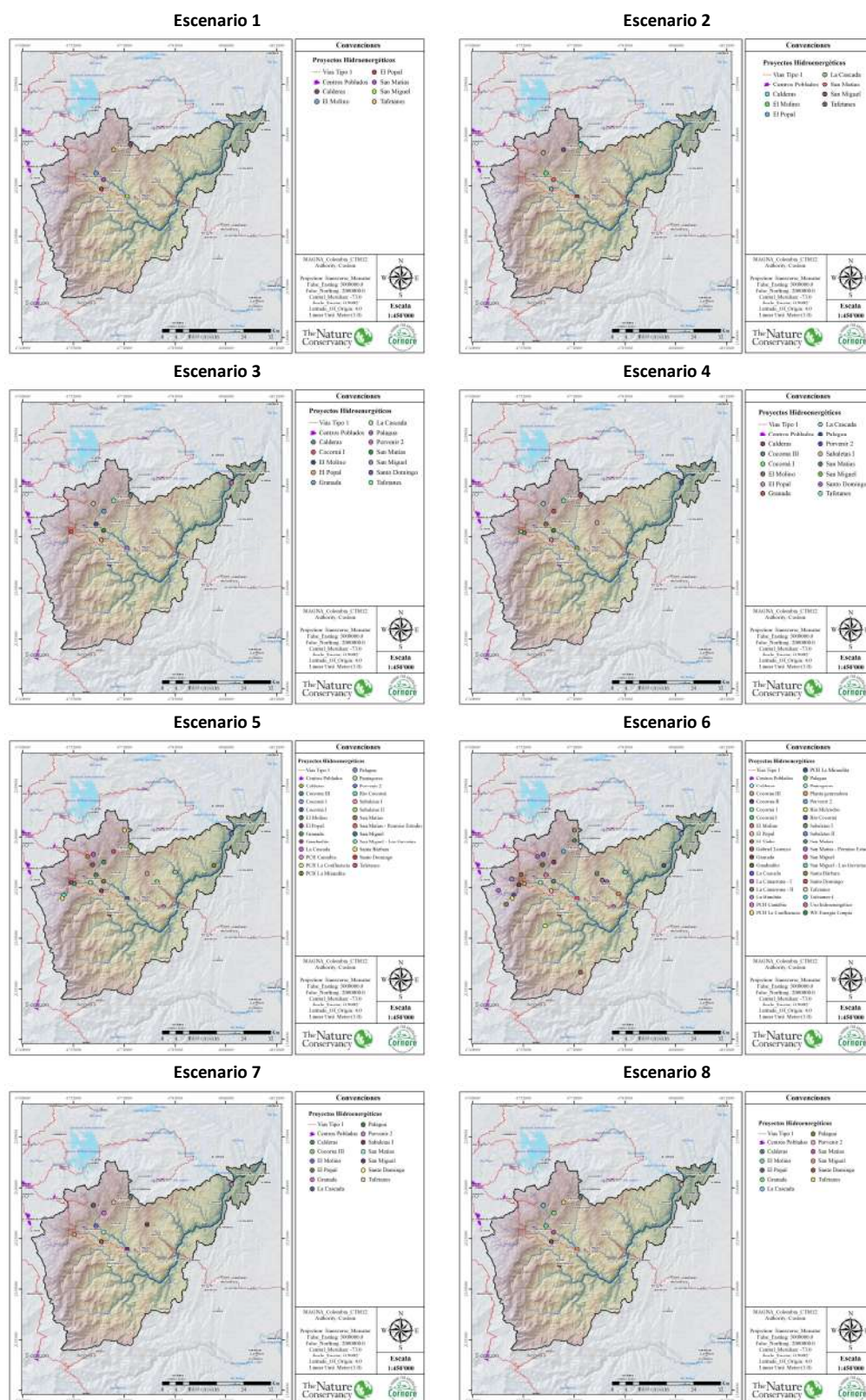
Los proyectos hidroeléctricos que se consideraron para la configuración de los escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Norte fueron: PCH Calderas, Tafetanes, El Molino, San Miguel, El Popal y San Matías en operación, los proyectos en construcción PCH La Cascada, los proyectos con licencia

ambiental PCH Granada, Cocorná I, Santo Domingo, Palagua y Porvenir 2, Cocorná III en trámite de licencia ambiental, Sabaletas I con DAA aprobado; Guadualito DAA en solicitud; Cantabria, La Mirandita, San Miguel-Las Gaviotas, Río Cocorná, Santa Bárbara, Sabaletas 2, Cocorná I, La Confluencia, Pantágoras en solicitudes de estudio vigentes y Gabriel Lorenzo, Río Melcocho, La Cimarrona I, La Cimarrona II, Planta generadora de energía - Proyecto san Luis, WE Energía Limpia, Uso hidro energético, La Hundida, El Viaho y Tafetanes-I con permisos de estudio vencidos; para un total de 36 proyectos.

Los proyectos hidroeléctricos que se consideraron para la configuración de los escenarios de análisis en la cuenca del río Samaná Sur fueron: hidroeléctrica 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 solicitud de estudio vencida, para una total de 18 proyectos. La descripción detallada de los escenarios de análisis puede ser consultada 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).

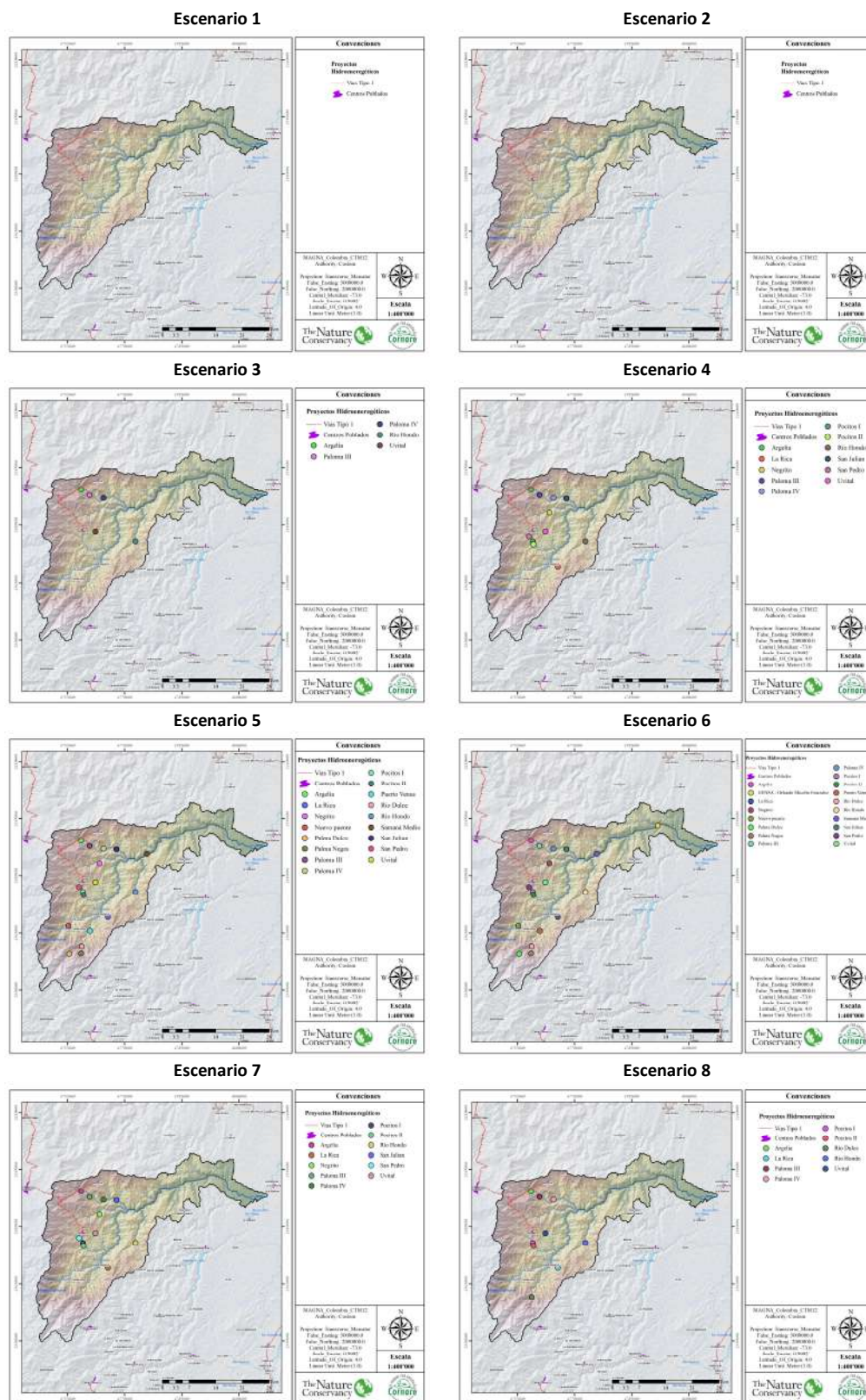
La distribución espacial de los proyectos en cada uno de los escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur se presentan en la Figura 2 y Figura 3 respectivamente.

Figura 2. Escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de POMCA río Samaná Norte

Figura 3. Escenarios de análisis para la cuenca del río Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC a partir de cartografía básica nacional (IGAC, 2021) y de POMCA río Samaná Sur

Paso 4: Indicadores por dimensión ambiental, económica y social para los escenarios definidos

La selección de los indicadores para cada una de las dimensiones (ambiental, social y económica) se realizó mediante una revisión exhaustiva de estudios técnicos y científicos que relacionan los diferentes indicadores que permiten cuantificar el impacto que generan los proyectos hidroeléctricos sobre las cuencas hidrográficas. El resultado de esta revisión se reflejó en un total de 17 indicadores de los cuales 9 son ambientales, 3 son económicos y 5 son sociales. A continuación, se listan los indicadores considerados para cada dimensión:

- 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 (I β)

En el Producto 2 – Fase I (Cornare & TNC, 2021c) y el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a) puede consultarse la descripción detallada de los indicadores anteriormente mencionados. A partir de la información recopilada en el diagnóstico realizado en el Producto 3 – Fase II - (Cornare & TNC, 2021b) y el levantamiento de información primaria en 3 salidas de campo en conjunto con 17 talleres adicionales en fase de diagnóstico, se estimaron los 19 indicadores para los 8 escenarios de análisis en el nivel de las unidades NSS-3 de ambas cuencas. El detalle de cada indicador en los 8 escenarios de análisis puede ser consultado en el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a).

A nivel general, los resultados muestran que para la cuenca del río Samaná Norte, los mayores valores de MQI se presentan en la parte baja de la cuenca, debido a las diversas obras hidráulicas como puentes vehiculares, la descarga del embalse San Carlos y alcantarillas pontón. Por otra parte, para ambas cuencas se evidencia que, para todos los escenarios, las unidades con presencia de proyectos hidroeléctricos sufren una disminución en los valores de MQI que pueden llegar a ser

hasta del 50% con respecto a la condición actual. Tanto para la cuenca del río Samaná Norte como del río Samaná Sur, indicadores como el HP1 y DOR muestran para todos los escenarios que las fluctuaciones en los caudales y la regulación hídrica, entre el tramo de captación y descarga de los proyectos, aumenta a medida que lo hace el número de proyectos. En lo que respecta a la regulación de sedimentos, de acuerdo con lo observado en campo, el modo de operación de los sedimentos en las pequeñas centrales hidroeléctrica (PCH) permite que no se genere 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, en los escenarios donde tienen presencia proyectos como Palagua y Porvenir si se presentan alteraciones en el balance de sedimentos.

Uno de los impactos más notorios a nivel ambiental en ambas cuencas es evidenciado por el indicador de conectividad dendrítica el cual se modifica drásticamente a partir del escenario 3 para Samaná Norte (debido al emplazamiento del proyecto Palagua, cuya barrera desconecta la red de drenaje del río Samaná Norte del río Magdalena, dejando únicamente un 3% de la red de drenaje conectada al río Magdalena) y de los escenarios 5 y 6 para Samaná Sur (debido al emplazamiento de los proyectos Samaná Medio y GENSA, los cuales desconectan 113 unidades del río Magdalena, lo que se traduce en un 45% de unidades conectadas al río Magdalena). Este impacto se evidencia de igual manera en el indicador MHSI, por la disminución de abundancia de peces migratorios, los cuales no pueden pasar dicha barrera.

A nivel de riesgo, el IVRCC de la cuenca del Samaná Norte muestra que 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), mientras que el IGRD muestra que el 95% de las unidades NSS-3 se encuentran en el rango entre 45 y 60% de nivel de riesgo, 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. Para la cuenca del río Samaná Sur el IVRCC muestra que el 2,7% del área presenta riesgo muy bajo (Norcasia), 47,7% riesgo bajo (Nariño y Samaná), 39,7% riesgo medio (Argelia y Pensilvania) y 9,9% 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 y recurso hídrico (IDEAM et al., 2017).

De otro lado, se encontró que, a nivel socioeconómico, indicadores como IPM muestran una desigualdad territorial, que de acuerdo con lo expresando en el diagnóstico, 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. El IPI refleja de igual manera esta situación. En la cuenca del Samaná Norte las unidades con mayor desigualdad se ubican en los municipios de San Carlos, San Francisco, San Luis y Cocorná. Si bien Puerto Nare, Granada y El Santuario. Por otra parte, indicadores como el SROI y el I β muestran que los proyectos hidroeléctricos aportan mediante la inversión en actividades enfocadas a la educación comunitaria, memoria y patrimonio cultural, apoyo empresarial rural, conectividad vial, entre otras, influyen en el fortalecimiento en la dimensión social de las comunidades del área de influencia o de los municipios en donde participan.

Paso 5: Subíndices integrados por dimensión ambiental, económica y social para los escenarios definidos

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:

- 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. La normalización se realizó haciendo uso del método de cambio de escala continuo entre 0 y 1. La ecuación generalizada para calcular los valores de los indicadores utilizando este método se presenta a continuación:

$$I_{k,j} = (m * \beta_{w,k,j}) + \min\{\alpha_{w,k}\} - (m * \min\{\beta_{w,k}\})$$

$$\text{siendo; } m = \frac{\max\{\alpha_{w,k}\} - \min\{\alpha_{w,k}\}}{\max\{\beta_{w,k}\} - \min\{\beta_{w,k}\}}$$

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 todos 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*

Para la normalización de los indicadores ambientales se definieron 4 rangos de escalamiento: 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 1 se presentan los valores reales de los indicadores de la dimensión ambiental, económica y social, en los 4 rangos definidos para normalización.

Tabla 1. Rangos de indicadores en la dimensión ambiental, económica y social

Indicador	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
<i>MQI</i>	0,0 – 0,5	0,5 – 0,7	0,7 – 0,85	0,85 – 1,0
<i>HP1</i>	1,0 – 0,75	0,75 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 1,0
<i>DOR</i>	100,0 – 30,0	30,0 – 10,0	10,0 – 5,0	5,0 – 0,0
<i>SAI</i>	100,0 – 75,0	75,0 – 50,0	50,0 – 25,0	25,0 – 0,0
<i>DCI</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>MHSI</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>IVH</i>	1,0 – 0,75	0,75 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,0
<i>IVRCC</i>	1,0 – 0,427	0,427 – 0,24	0,24 – 0,18	0,18 – 0,0
<i>IGRD</i>	100,0 – 75,0	75,0 – 50,0	50,0 – 25,0	25,0 – 0,0
<i>GED</i>	0,0 – 25,0	25,0 – 50,0	50,0 – 75,0	75,0 – 100,0
<i>CEAL</i>	0,0 – 25,0	25,0 – 50,0	50,0 – 75,0	75,0 – 100,0
<i>DEL</i>	0,0 – 25,0	25,0 – 50,0	50,0 – 75,0	75,0 – 100,0
<i>IPI</i>	100,0 – 75,0	75,0 – 50,0	50,0 – 25,0	25,0 – 0,0
<i>IPM</i>	100,0 – 75,0	75,0 – 50,0	50,0 – 25,0	25,0 – 0,0
<i>IB</i>	0,0 – 25,0	25,0 – 50,0	50,0 – 75,0	75,0 – 100,0
<i>Iβ</i>	0,0 – 0,75	0,75 – 1,5	1,5 – 2,25	2,25 – 3,0
<i>SROI</i>	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 2 se presentan los valores normalizados de los indicadores de la dimensión ambiental, económica y social, entre 0 y 1, en los 4 rangos definidos para normalización. Para el caso particular de los indicadores GED, CEAL y DEL se tomaron como valores de inicio 0,5; 0,4 y 0,4 respectivamente. 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 2. Rango de escalamiento de indicadores ambientales, económicos y sociales

Indicador	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
<i>MQI</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>HP1</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>DOR</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>SAI</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>DCI</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>MHSI</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>IVH</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>IVRCC</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>IGRD</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>GED</i>	0,5 – 0,625	0,625 – 0,75	0,75 – 0,875	0,875 – 1,0
<i>CEAL</i>	0,4 – 0,55	0,55 – 0,7	0,7 – 0,85	0,85 – 1,0
<i>DEL</i>	0,4 – 0,55	0,55 – 0,7	0,7 – 0,85	0,85 – 1,0
<i>IPI</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>IPM</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>IB</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>SROI</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0
<i>Iβ</i>	0,0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,0

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Normalizados los indicadores de cada dimensión, se procedió a realizar la asignación de sus respectivos pesos. En la Tabla 3 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 3. Pesos de indicadores por dimensión

Indicadores ambientales	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 realizó 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).

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 .

Paso 6: Índice de sostenibilidad integrado para los escenarios definidos

Metodológicamente la construcción del índice de sostenibilidad integrado se realiza de igual manera que los subíndices por dimensión. Para efectos de este marco metodológico, se considera 0,6; 0,2 y 0,2 como los pesos para las dimensiones ambiental, económica y 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 realizó una

modificación en los pesos, asignándoles de manera uniforme el faltante para cumplir la condición presentada en el Paso 5.

Paso 7: Rangos y categorías de sostenibilidad

La definición de los rangos para hacer referencia a la valoración cualitativa del índice de sostenibilidad integrado se tomó bajo intervalos regulares en los rangos de cada categoría de sostenibilidad: muy baja (0,0-0,2), baja (0,2-0,4), media (0,4-0,6), alta (0,6-0,8) y muy alta (0,8-1,0).

Paso 8: Límites de sostenibilidad

Partiendo de la definición matemática de límite (Leithold, 1998), considerando f una función definida en cada número de algún intervalo abierto que contiene a a , excepto posiblemente en el número a mismo, 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 específica 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. Tomando en cuenta que el índice de sostenibilidad integrado se estima en las unidades de nivel subsiguiente 3 (NSS-3), para construir las curvas en los niveles NSS-1 y NSS-2, se realizó la agregación del índice de sostenibilidad integrado mediante un promedio ponderado por área. Las expresiones matemáticas que permiten calcular el índice de sostenibilidad integrado en los diferentes niveles se presentan a continuación

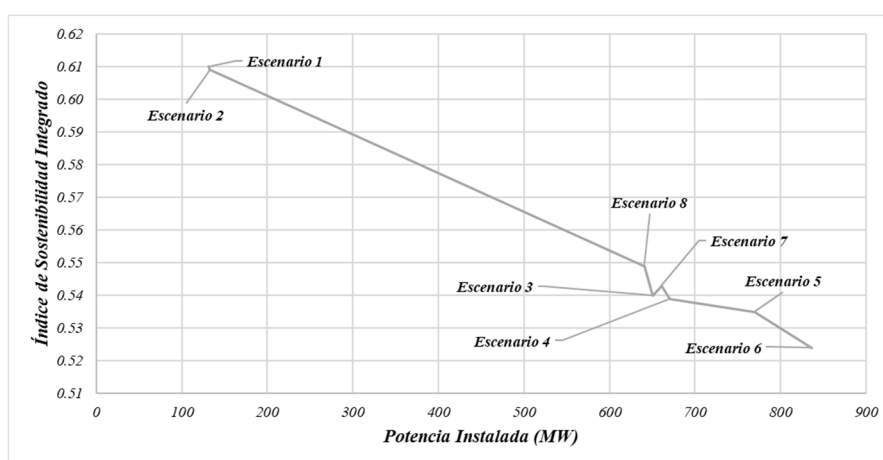
Nivel-1 $I_{SIc} = \frac{1}{W} \sum_{w=1}^W I_{SIw}$	Nivel-2 $L_T = \sum_{j=1}^{J_w} L_j; I_{SIw} = \frac{1}{L_T} \sum_{j=1}^{J_w} I_{SIj} * L_j$
--	--

Donde I_{Sj}, I_{Ej}, I_{Aj} corresponde a los subíndices de sostenibilidad para la dimensión social, económica y ambiental en la unidad mínima de análisis j respectivamente; I_{SI}, I_{SIw}, I_{SIj} 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 .

Como se menciona en el Producto 2 – Fase I (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 indicador a nivel NSS-2 y NSS-3, siguiendo los lineamientos descritos por Riato et al. (2020).

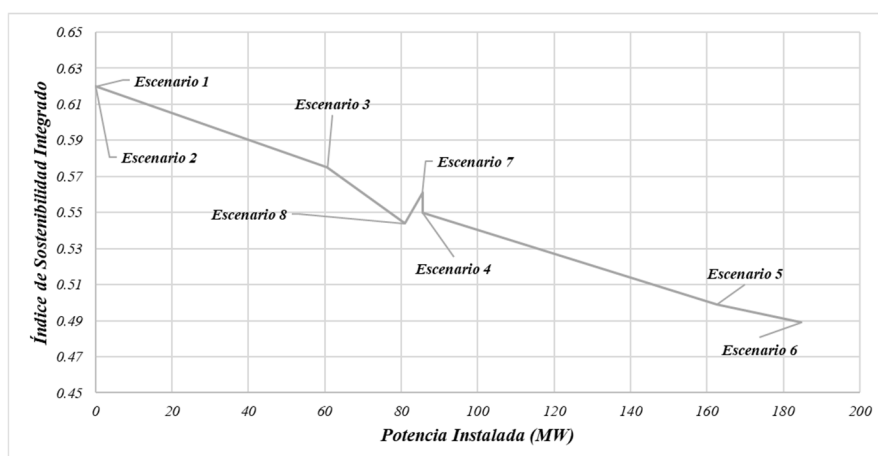
Aplicando este marco, la curva de sostenibilidad para la cuenca del río Samaná Norte se presenta en la Figura 4. Los resultados muestran que los escenarios 1 y 2 definidos para la cuenca del río Samaná Norte presentan una sostenibilidad de 0,61. Lo anterior implica que para el escenario 2, la cuenca 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. Este mismo comportamiento se mantiene para los escenarios 5 y 6, siendo este último el más drástico (36 proyectos hidroenergéticos activos) en términos de sostenibilidad, llevando a la cuenca del río Samaná Norte a valores inferiores de 0,53.

Figura 4. Curva de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En el caso de la cuenca del río Samaná Sur (Figura 5), 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 planteados 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 por los impactos a nivel ambiental que exhiben los indicadores considerados.

Figura 5. Curva de sostenibilidad de la cuenca del río Samaná Sur

Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

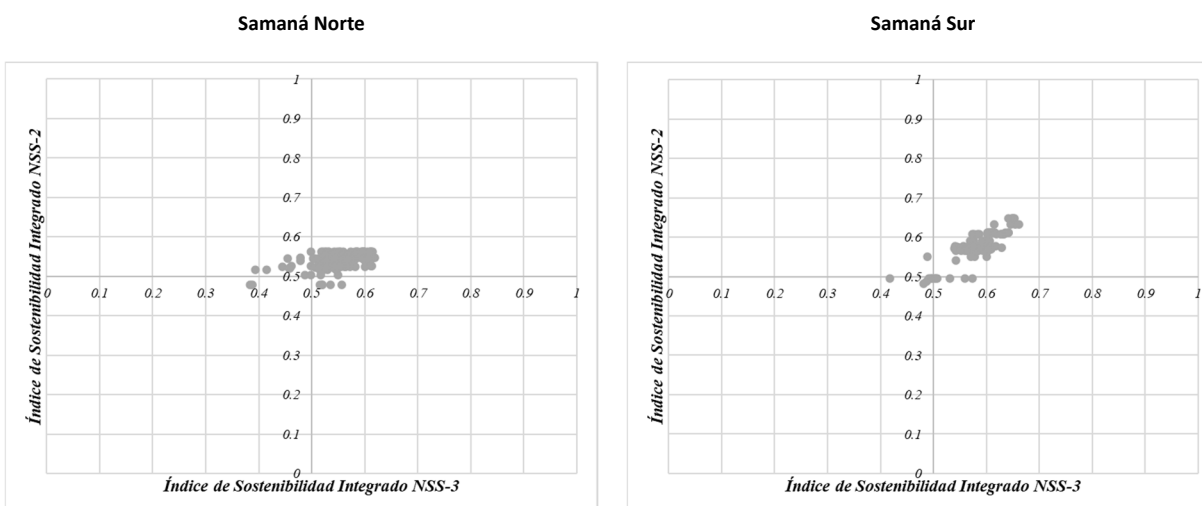
Para ambas cuencas, los resultados muestran que, el aumento en los impactos que generan los proyectos hidroeléctricos tiende a disminuir la sostenibilidad. Bajo el esquema de análisis propuesto, los valores de sostenibilidad aquí presentados corresponden a una condición en la cual todos los proyectos hidroeléctricos que configuran un escenario se encuentran construidos y operando, así mismo se considera que los impactos que generan se encuentran totalmente desarrollados. Esto quiere decir que la trayectoria en términos de sostenibilidad que siga la cuenca para llegar a estos escenarios dependerá en gran medida 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. En el caso de la cuenca del río Samaná Norte, un claro ejemplo está dado por el escenario 3, en el cual se consideran los proyectos Porvenir 2 y Palagua, cuyos impactos sobre la sostenibilidad son muy importantes, producto de la modificación en el régimen de sedimentos, el impacto en la geomorfología de los ríos antes y después de las estructuras y la desconexión de la red fluvial que generan para la fauna íctica de la cuenca. Es de notar que este tipo de impactos reduce las áreas de desove, reproducción y sus hábitats, 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 se construyeron a nivel de toda la cuenca del río Samaná Norte y Samaná sur, sino que también se construyeron para las unidades de nivel subsiguiente 2 (NSS-2) y nivel subsiguiente 3 (NSS-3) que componen dichas cuencas. 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. Las curvas pueden ser consultadas en el Anexo - Fase III - 10.0 del Producto 4 (Cornare & TNC, 2021a).

Adicionalmente, se construyeron los diagramas 2D, los cuales constituyen una herramienta para la toma de decisiones en términos de sostenibilidad, dado que permiten identificar qué unidades en un nivel NSS-3 podrían intervenir de acuerdo con sus valores de sostenibilidad y cómo estas

contribuirían al mejoramiento de la sostenibilidad en unidades NSS-2. En la Figura 6 se presentan los diagramas correspondientes al escenario 3 para ambas cuencas.

Figura 6. Diagramas de sostenibilidad multiescalar para el escenario 3



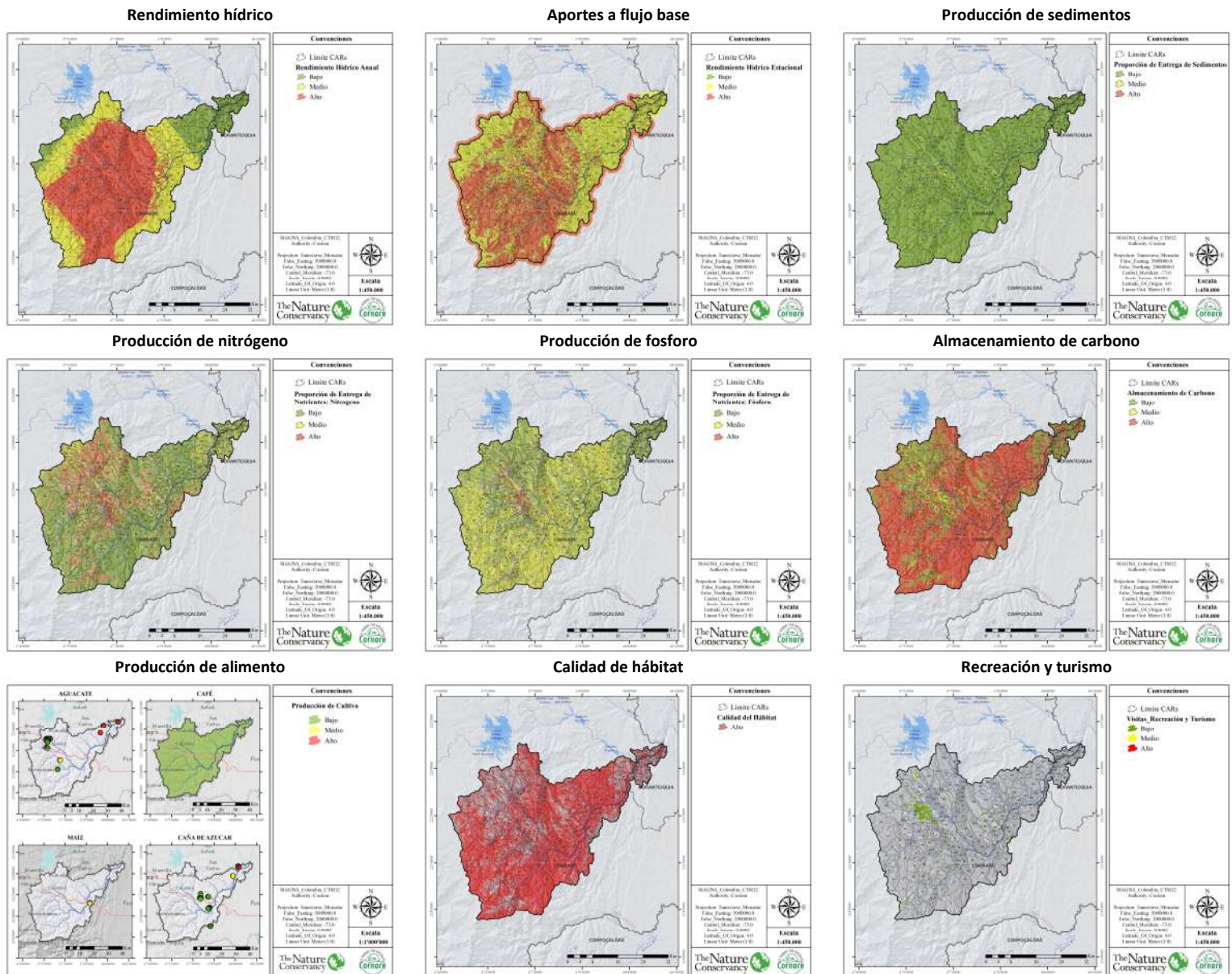
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

De manera general, la visual que generan los resultados presentados en los diagramas 2D indica que para ambas cuencas las unidades NSS-2, que se componen de unidades NSS-3, presentan 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). Por otra parte, unidades NSS-2 que se componen de muchas unidades cuya sostenibilidad es baja, 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 parte inferior izquierda). Los diagramas para todos los escenarios pueden ser consultados en el Producto 4 – Fase III (Cornare & TNC, 2021a).

Servicios ecosistémicos

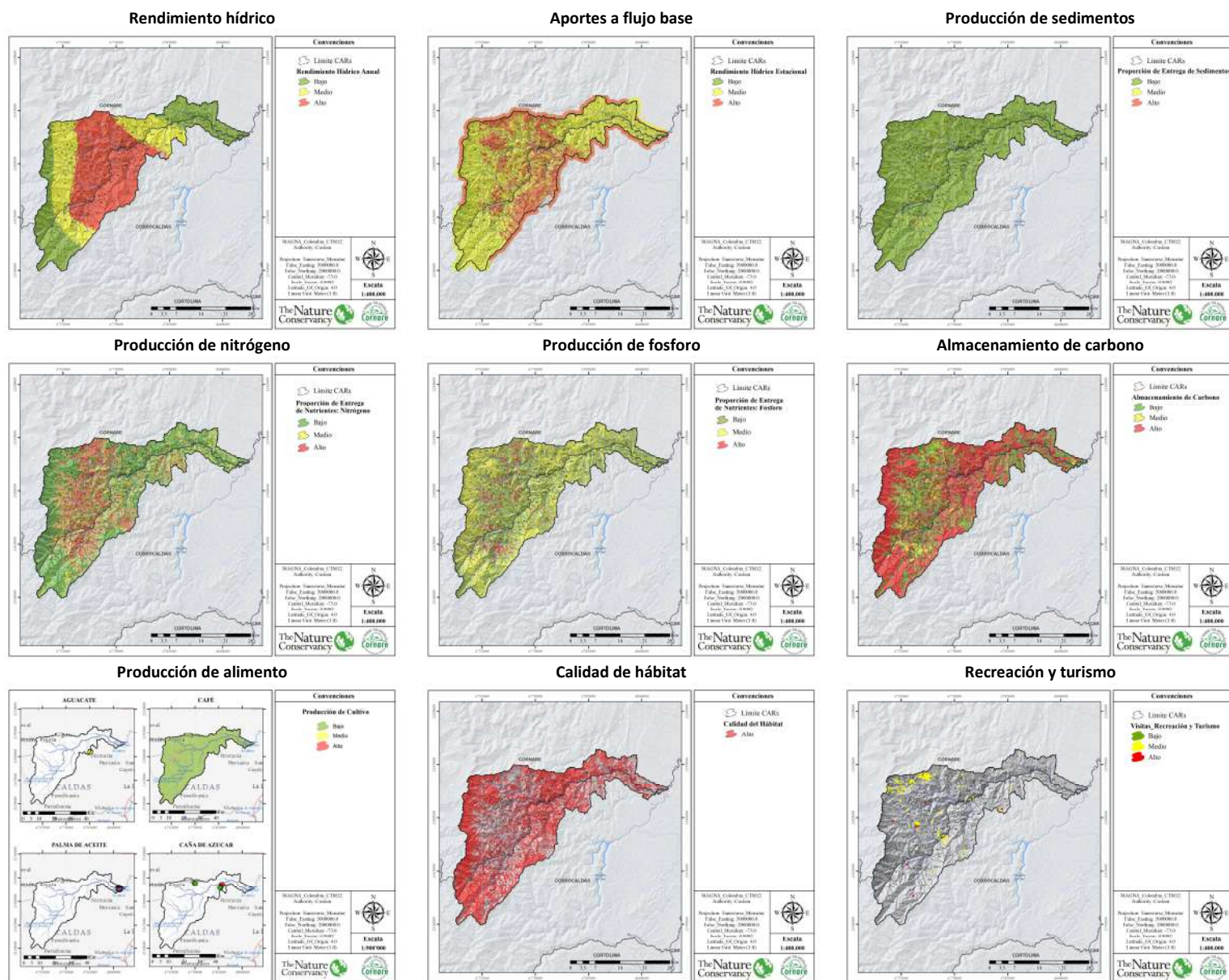
La estimación de los servicios ecosistémicos en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur se realizó a partir de modelación matemática haciendo uso del conjunto de herramientas InVEST (Valoración integrada de servicios y compensaciones de ecosistemas). En total se modelaron 8 servicios: (1) rendimiento y regulación hídrica anual (Annual Water Yield), (2) rendimiento y regulación hídrica estacional (Seasonal Water Yield), (3) producción de sedimentos (Sediment Delivery Ratio), (4) producción de nutrientes (Nutrient Delivery Ratio), (5) almacenamiento de carbono (Carbon Storage and Sequestration), (6) recreación y turismo (Visitation: Recreation and Tourism), (7) calidad de hábitat (Habitat Quality) y (8) producción de alimentos (Crop Production). Los resultados de las modelaciones se articularon con la información primaria recopilada en campo y en los talleres realizados con las comunidades. Los resultados obtenidos en el análisis de servicios ecosistémicos modelados para cada cuenca se presentan en la Figura 7 y Figura 8.

Figura 7. Servicios ecosistémicos para la cuenca del río Samaná Norte



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Figura 8. Servicios ecosistémicos para la cuenca del río Samaná Sur

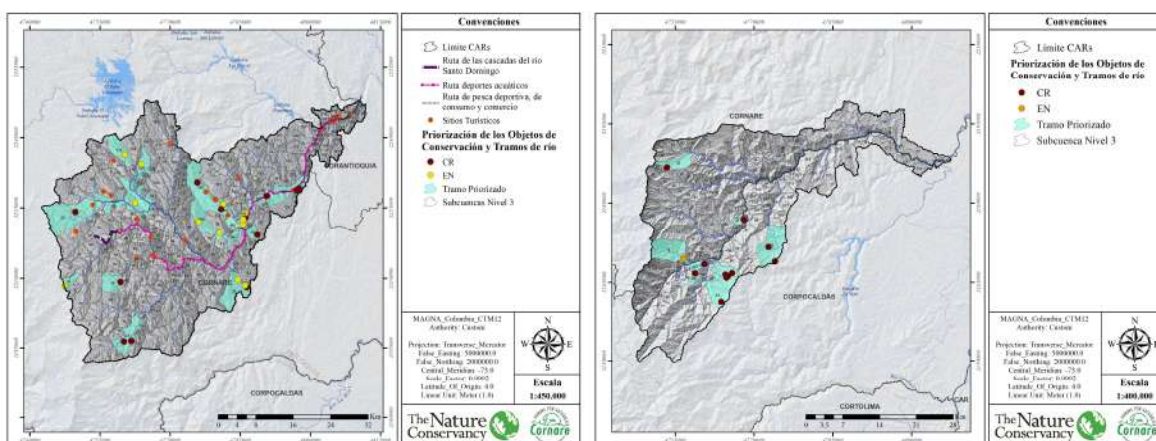


Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Objetos de conservación

Considerando los estudios realizados desde la academia, 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), se realizó la selección de objetos de conservación siguiendo los lineamientos definidos por Montenegro-Muñoz et al. (2019). 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. La máxima puntuación que puede obtener una especie, área o tramo de río es de 100 puntos. En ese sentido, se planteó 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, fueron considerados como objetos de conservación. En la Figura 9 se presenta la priorización de los objetos de conservación y tramos de río en la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur.

Figura 9. Objetos de conservación y tramos de río priorizados de la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En total, para la cuenca del río Samaná Norte se tienen 73 especies y 14 tramos objeto de conservación, mientras que para la cuenca del río Samaná Sur se tienen 76 especies y 8 tramos de río objeto de conservación priorizados.

Propuesta de administración de los recursos naturales

En el actual capítulo se presenta el marco normativo para la protección de los recursos naturales y el manejo de ecosistemas hídricos, la oportunidad de manejo basada en los resultados del índice de sostenibilidad integrado, la armonización con los instrumentos de ordenamiento y la propuesta de implementación y reglamentación del índice de sostenibilidad de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Oportunidad de manejo basada en el índice de sostenibilidad integrado

Partiendo de los diagramas 2D estimados con el índice de sostenibilidad integrado obtenido para el escenario 3 (ver Figura 1) se definieron tres oportunidades de manejo, las cuales se presentan en la Tabla 4.

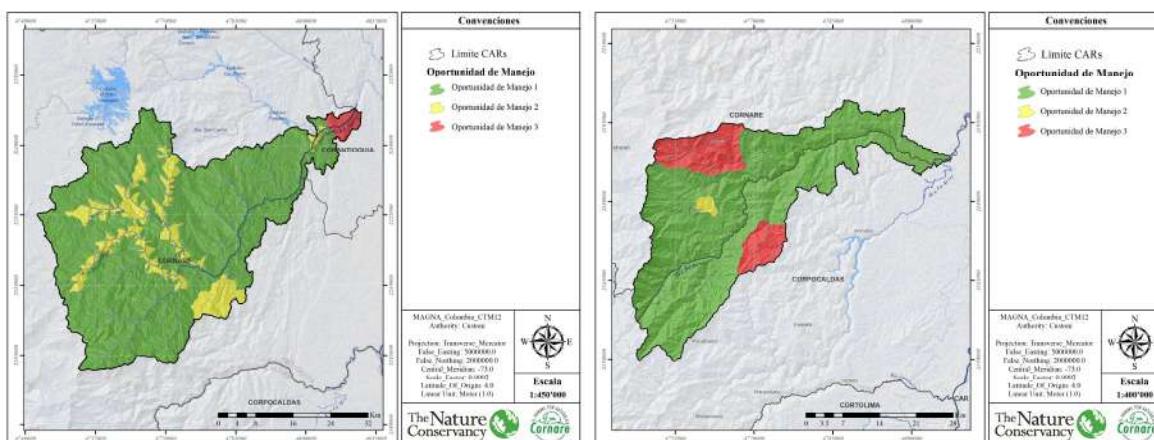
Tabla 4. Criterio de selección de oportunidad de manejo

Rangos Nivel NSS-3	Rangos NSS-2	Oportunidad de manejo
0,0 – 0,5	0,0 – 0,5	Oportunidad de Manejo 3
0,5 – 1,0	0,0 – 0,5	
0,0 – 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

Bajo los criterios mencionados, se encontró que para la cuenca del río Samaná Norte el 91% del total de unidades NSS-3 que componen la cuenca, presentan oportunidad de manejo 1 (unidades al interior de áreas protegidas), el 6% oportunidad de manejo 2 (río Calderas, Cocorná, Santo Domingo, Santa Bárbara, Chuscal, Dormilón y Samaná Norte) y 3% oportunidad de manejo 3 (río Samaná Norte) (ver Figura 10).

Figura 10. Propuesta de oportunidad de manejo de la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha) bajo el escenario 3



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En lo que respecta a la cuenca del río Samaná Sur, el 90,7% del total de las unidades NSS-3 que componen la cuenca presentan oportunidad de manejo 1, el 0,7% oportunidad de manejo 2

(quebrada El Espíritu Santo Parte Alta) y el 8,6% oportunidad de manejo 3 (río Paloma, río Claro y quebrada Riachuelo) (ver Figura 10).

Comparación de zonificaciones y áreas críticas

La identificación de áreas a nivel NSS-3 en conflicto se realizó tomando en cuenta la planificación ambiental territorial y la oportunidad de manejo para la sostenibilidad de ambas cuencas. En la Tabla 5 se presentan los niveles de conflicto.

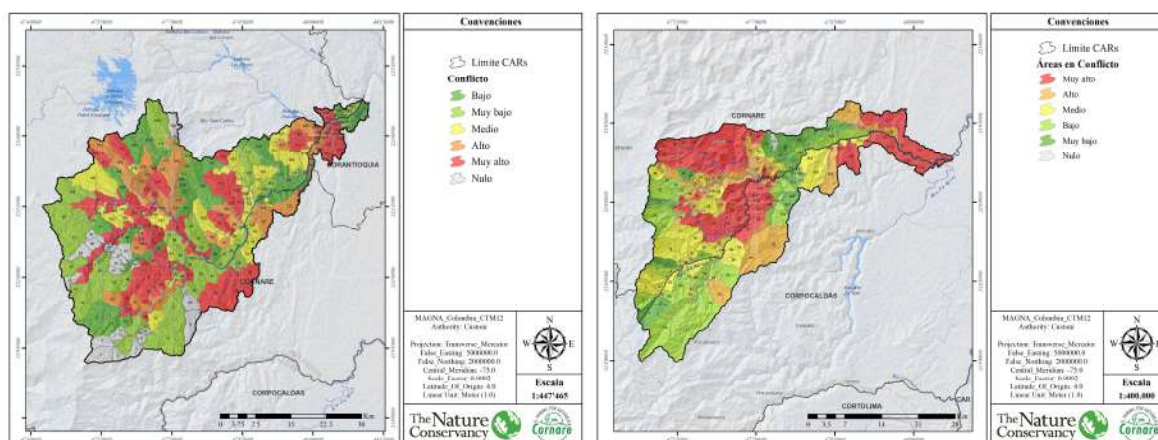
Tabla 5. Nivele de conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

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

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 11).

Figura 11. Áreas en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo y el POMCA para la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)



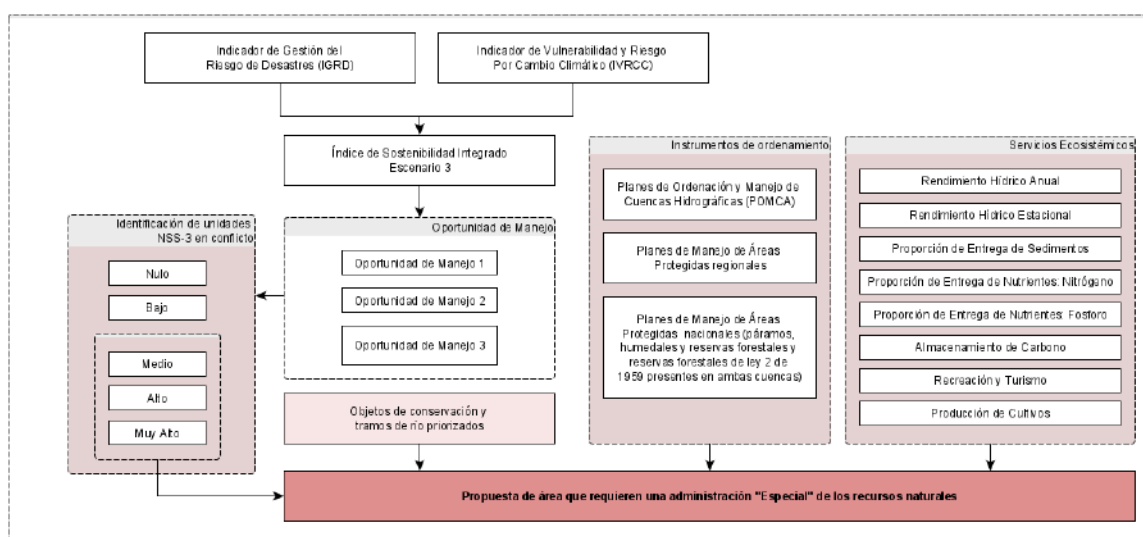
Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que de las 53 subcuencas NSS-3 en categoría de conflicto Muy Alto, 17 prevalecen en la categoría de ordenamiento del POMCA para la conservación. Para la cuenca del río Samaná Sur se identificó 1 subcuenca NSS-3 en conflicto Nulo, 22 subcuencas NSS-3 en conflicto Bajo, 16 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Bajo, 31 subcuencas NSS-3 en conflicto Medio, 24 subcuencas NSS-3 en conflicto Alto y 46 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Alto (ver Figura 11). De las 46 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Alto 7 prevalecen en la categoría de ordenamiento del POMCA para la conservación.

Propuesta de armonización

Partiendo de las áreas en un nivel de conflicto medio, alto y muy alto, los objetos de conservación y las características de cada uno de los servicios ecosistémicos, se determinan las áreas que requieran una administración especial de los recursos naturales en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur. En la Figura 12 se presenta el esquema metodológico propuesto. El detalle del procedimiento puede consultarse en el Producto 5 – Fase IV (Cornare & TNC, 2021d).

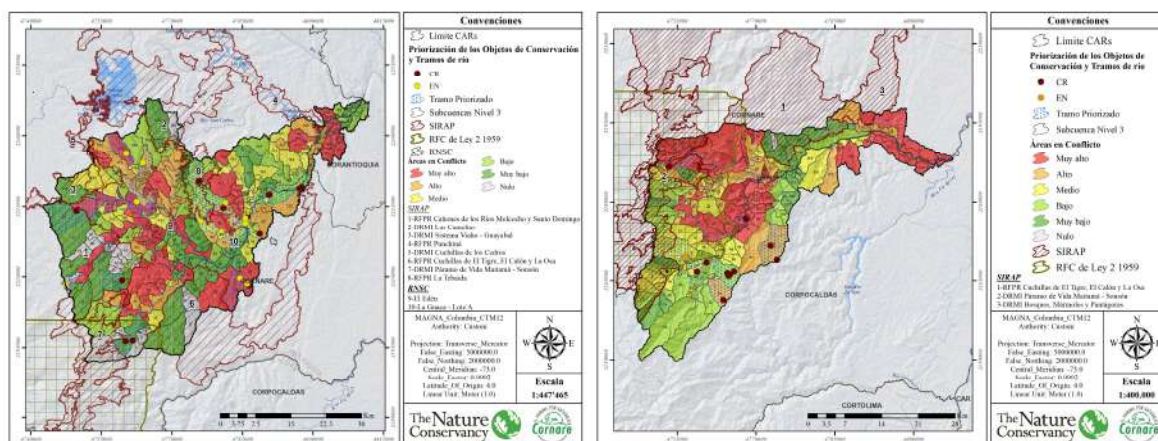
Figura 12. Propuesta de áreas que requieren una administración especial de los recursos naturales para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

En la Figura 13 se presenta la visualización de la armonización de las áreas en conflicto de acuerdo con la oportunidad de manejo del escenario 3 y el POMCA, los objetos de conservación y tramos prioritizados y las áreas protegidas y ecosistemas estratégicos de la cuenca del río Samaná Norte y Samaná Sur.

Figura 13. Armonización de las áreas en conflicto para la cuenca del río Samaná Norte (izquierda) y Samaná Sur (derecha)



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Marco normativo para la protección de los recursos naturales y el manejo de ecosistemas hídricos

Para abordar el marco normativo relacionado con la gestión de los recursos naturales y el manejo de ecosistemas hídricos, se partió de cuatro marcos de análisis, los cuales se describen a continuación:

Marco normativo constitucional:

La Constitución Política de Colombia, tanto en su parte dogmática como orgánica, tiene disposiciones que 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. 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.

Marco Normativo Ambiental

Como normas rectoras ambientales en Colombia están, 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.

Otras normativas pertinentes a la gestión del recurso hídrico son:

- 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 (...). 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.
- 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.
- 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”.

- El Código Civil¹, aunque no es una norma ambiental propiamente dicha, en su artículo 677, establece que los ríos son bienes de uso público².
- El Decreto 1541 de 1978³, 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 se ha ratificado en el artículo 2.2.1.1.18.2 del Decreto Nacional 1076 de 2015.
- 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 2012⁴, 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).

Marco normativo del ordenamiento territorial

La Ley 388 de 1997, se centra en promover la concurrencia armoniosa de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, para el cumplimiento de obligaciones constitucionales y legales sobre el ordenamiento del territorio. Mejorar la calidad de vida de sus habitantes, 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.

Esta ley les impone a los municipios la obligación de adoptar un plan de ordenamiento territorial, que debe construirse de manera concertada con diferentes actores y 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.

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.

Adicional a los determinantes de carácter nacional asociados al ordenamiento espacial del territorio, rural las CAR han expedido otros instrumentos de ordenamiento ambiental adoptados mediante Actos Administrativos.

¹ Ley 57 de 1887.

² "Los ríos y todas las aguas que corren por cauces naturales son bienes de la Unión, de uso público en los respectivos territorios".

³ 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.

⁴ "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.

Marco Normativo asociado a la gestión del riesgo

La Ley 1523 de 2012⁵, armoniza la gestión del riesgo con la gestión ambiental y el desarrollo sectorial y territorial en Colombia, y 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.

El Plan de Gestión del Riesgo, promulgado en la ley 1523, 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.

A nivel regional se destacan los siguientes instrumentos de gestión:

Plan de gestión ambiental regional 2014-2032: 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.

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.

Instrumentos de regulación directa (comando y control): 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.

Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica (POMCA): los POMCAs constituyen el instrumento de planificación de las cuencas hidrográficas y busca ordenar el uso y manejo sostenible

⁵ 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

de los recursos naturales renovables y mantener el equilibrio entre el aprovechamiento económico y social y la protección de los ecosistemas.

Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH y objetivos de calidad del recurso hídrico: 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.

Determinantes y referentes ambientales: 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 ser incorporadas en los POT y garantizar su eficacia. Son de obligatorio cumplimiento y como tal, no son objeto de concertación, estas son:

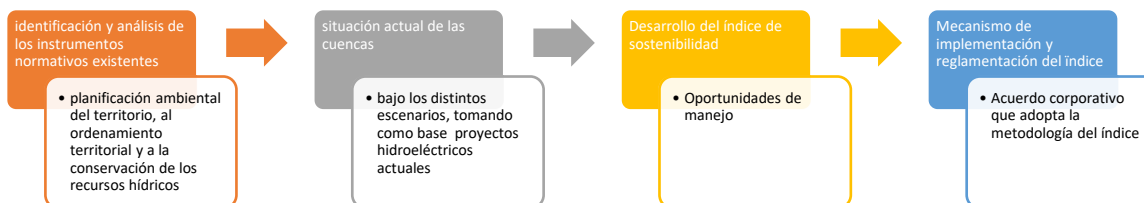
- Áreas de conservación y protección del medio ambiente y los recursos naturales.
- Ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCAS).
- Gestión del riesgo.
- Ordenamiento espacial del territorio.

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. Estos Planes 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.

Propuesta de implementación y reglamentación del Índice de sostenibilidad

Para la definición de la implementación y reglamentación de índice de sostenibilidad, se desarrolló un proceso participativo entre el equipo de trabajo de Cornare y TNC. Este proceso se desarrolló desde el diagnóstico del marco normativo ambiental, hasta la definición de mecanismos de implementación y reglamentación del índice de sostenibilidad (Figura 14).

Figura 14. Proceso de trabajo participativo para la definición del mecanismo de implementación de índice



Fuente: Elaboración propia Convenio 507-2020 Cornare-TNC

Luego de múltiples sesiones de trabajo conjunto, se concluyó que el índice de sostenibilidad integrado puede ser un referente para orientar decisiones con relación a las áreas objeto de compensación ambiental, buscando responder a la mejor oportunidad de manejo de las cuencas como resultado del análisis. Cornare reconoce que está ante un reto de grandes dimensiones pero que cuentan con la voluntad de la alta dirección, para responder al mismo. Los principales retos identificados son:

- 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.
- Armonizar el Índice de sostenibilidad integrado con los instrumentos.
- Recursos de personal.
- Fortalecimiento de capacidades del personal para adoptar la metodología y los resultados del índice para mejores procesos de toma de decisiones.
- Incidir con los resultados del índice de sostenibilidad integrado en el ordenamiento territorial.
- Capacitación y actualización de los funcionarios en la herramienta.
- Destinación de recursos económicos para el manejo y actualización de la herramienta.

Con el objetivo de contar con una herramienta práctica que apoye el proceso de toma de decisiones e inicie un programa de fortalecimiento del equipo, de manera conjunta se desarrolló un protocolo de actuación que le permitirá 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 derivados de un proyecto determinado.

En síntesis, se concluye que el índice de sostenibilidad integrado de las cuencas puede ser incorporado al instrumento de licenciamiento ambiental de proyectos de PCH como instrumento 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 (permiso de estudio, DAA 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.

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 condiciones de los proyectos asociados al generador de impactos, que en este estudio corresponde principalmente a los proyectos hidroeléctricos, y los cambios en la sostenibilidad bajo una perspectiva de análisis de escenarios prospectivos vinculados con el de desarrollo de PCHs.

Las cuencas hidrográficas son sistemas complejos en donde se generan interacciones sociedad-naturaleza (actividades antropogénicas), lo que se traduce 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 las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

La sostenibilidad contempla múltiples variables 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 en la región CORNARE se cuenta con información puntual disponible, la cual requiere de esfuerzos para la caracterización a mayor detalle que permita una mejor comprensión de las variables biofísicas en las cuencas de estudio.

Para este caso en particular, la información de distribución, abundancia y preferencia de hábitat de las especies de peces 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, requiere igualmente, esfuerzos para su caracterización y conocimiento a mayor detalle. En razón a lo anterior, se indica a la corporación la necesidad de 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.

Los resultados de oportunidad de manejo de acuerdo con el índice de sostenibilidad bajo el escenario de los proyectos hidroeléctricos en operación, construcción, con licencia ambiental y concesión de agua, mostraron que para la cuenca del río Samaná Norte el 91% del área de la cuenca presenta oportunidad de manejo 1, el 6% oportunidad de manejo 2 y el 3% oportunidad de manejo 3.

Para la cuenca del río Samaná Sur se encontró que el 90,7% del área de la cuenca presenta oportunidad 1, el 0,7% oportunidad de manejo 2 y el 8,6% oportunidad de manejo 3. Se debe tener en cuenta que las oportunidades de manejo no corresponden a una zonificación para la toma de decisiones, sino a unas condiciones de oportunidad 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 en ambas cuencas.

De otro lado, en la armonización se identificaron para la cuenca del río Samaná Norte, 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. Mientras que para la cuenca del río Samaná Sur se identificaron áreas en conflicto correspondientes a 1 subcuenca NSS-3 en conflicto Nulo, 22 subcuencas NSS-3 en conflicto Bajo, 16 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Bajo, 31 subcuencas NSS-3 en conflicto Medio, 24 subcuencas NSS-3 en conflicto Alto y 46 subcuencas NSS-3 en conflicto Muy Alto. En este sentido, para las áreas en conflicto medio, alto y muy alto que prestan servicios ecosistémicos característicos y que tienen objetos de conservación y tramos de río priorizados, se debe tener una administración especial de los recursos naturales para el mantenimiento de los ecosistemas y la sostenibilidad de la cuenca.

De esta forma, los resultados obtenidos en el estudio muestran que el índice de sostenibilidad integrado se constituye como 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, por lo que 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 éste consagradas en los estatutos corporativos de Cornare.

El índice de sostenibilidad integrado puede ser incorporado a los instrumentos de licenciamiento ambiental de proyectos de PCH como instrumentos regulatorios 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 (permiso de estudio, diagnóstico ambiental de alternativas, estudio de impacto ambiental, modificación de licencias y seguimiento y control) se plantea de la siguiente manera:

❖ **Etapas 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.

❖ **Etapas 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.

❖ **Etapas 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.

❖ **Etapas 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.

❖ **Etapas 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.

❖ **Etapas 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 denominado Resolución Ejecutiva 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 la resolución ejecutiva 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 jurisdicción Cornare iniciándose en las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur.

Referencias

- Basiago, A. D. (1998). Economic, social, and environmental sustainability in development theory and urban planning practice. *Environmentalist*, 19(2), 145–161.
- Ben-Eli, M. (2015). Sustainability: definition and five core principles. *A Sustainability Laboratory Publication*, New York.
- Consortio POMCA Oriente Antioqueño. (2017a). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Norte*.
- Consortio POMCA Oriente Antioqueño. (2017b). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica río Samaná Sur*.
- Cornare. (2014). *DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA DEL RIO SAMANÁ SUR (Código 2305- 01)*. 1.
- 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*.
- Cornare, & TNC. (2021d). *Propuesta de administración de los recursos naturales para cada uno de los sistemas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur*.
- DANE. (2020). *Déficit Habitacional CNPV 2018*.
- GBIF.org. (2021).
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (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>
- Juwana, I., Muttill, 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>
- 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.
- 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>
- Leithold. (1998). *El Cálculo*.
- 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>

MinEducación. (2018). *Cartilla de Rendición de Cuentas 2018*.

Minsalud. (2021). *Cifras del aseguramiento en salud*.

Montenegro-Muñoz, S. A., Delgado, F., Pantoja, Y. P., Calderon-Leyton, J. J., & Noguera-Urbano, E. A. (2019). Especies emblemáticas para la conservación de ecosistemas en el departamento de Nariño, Colombia. *Ecosistemas*, 3, 174–184.

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>

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>

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>

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>

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>

SiB Colombia. (2021).

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>

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>



Índice de Sostenibilidad Integrado para las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur

