

# Informe Final

Estudios técnicos requeridos para la delimitación y caracterización de la ronda hídrica en 41.2 km del río Negro ubicado en los municipios de El Retiro, Rionegro Y Marinilla

Fecha: Junio de 2026

**ESTUDIOS TÉCNICOS REQUERIDOS PARA LA DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA EN 41.2 KM DEL RÍO NEGRO UBICADO EN LOS MUNICIPIOS DE EL RETIRO, RIONEGRO Y MARINILLA**

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°495 DEL 2025**

**INFORME:**

**Final**

**EJECUTA:**

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

**UN PROYECTO DE:**

Elaboración

Grupo de Investigación y Laboratorio de Monitoreo Ambiental – G-LIMA

Revisión

Alex Ricardo Estupiñan Castellanos

Coordinador técnico del proyecto

Versión 1.

Informe final Convenio N°495 del 2025 "Realizar Los Estudios Técnicos Requeridos Para La Delimitación Y Caracterización De La Ronda Hídrica En 41.2 Km Del Río Negro Ubicado En Los Municipios De El Retiro, Rionegro Y Marinilla".

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería y Corporación Académica Ambiental

Grupo de Investigación y Laboratorio de Monitoreo Ambiental G-LIMA

**Dirección:** Calle 70 N°52-72, Edificio de Extensión Universidad de Antioquia, oficina 705

**Teléfono:** [+57] 604 219 8512

grupoglima@udea.edu.co

@grupoglimaudea

Medellín – Colombia

Junio del 2026

# 1. TABLA DE CONTENIDO

***1. TABLA DE CONTENIDO ..... 4***

1.1 LISTA DE TABLAS ..... 11
1.2 LISTA DE FOTOGRAFÍAS ..... 12
1.3 LISTA DE FIGURAS ..... 15

***2. INTRODUCCIÓN ..... 20***

***3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO ..... 22***

***4. RECONOCIMIENTO DE CAMPO ..... 24***

4.1 COMPONENTE SOCIAL ..... 24
*4.1.1 Vereda Don Diego - El Retiro: ..... 24*
*4.1.2 Vereda Tablacito - Rionegro: ..... 26*
*4.1.3 Vereda Tres Puertas – Rionegro ..... 27*
*4.1.4 Zona urbana Rionegro ..... 28*
*4.1.5 Vereda La Quiebra - Marinilla ..... 31*
4.2 COMPONENTE HIDROLÓGICO ..... 32
4.3 COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO ..... 37
*4.3.1 Observaciones por tramos y estaciones ..... 38*
*4.3.2 Conclusiones ..... 60*
4.4 COMPONENTE ECOSISTÉMICO ..... 61
*4.4.1 Estación 01: Puente Mall Madero ..... 61*
*4.4.2 Estación 02: Sector La Lorena, Parcelación El Herbal ..... 62*
*4.4.3 Estación 03: Puente hacia vereda El Tablacito ..... 64*
*4.4.4 Estación 04: Avícola Granja La Alborada. ..... 65*
*4.4.5 Estación 05: Vía El Tablazo - Llanogrande ..... 66*

*4.4.6 Estación 06: Transversal 2 vía El Porvenir, humedal Lotus* ..... 68
*4.4.7 Estación 07: Barrio El Porvenir, Piscina Olímpica IMER* ..... 69
*4.4.8 Estación 08: Barrio Las Playas, Carrera 46, zona Centro* ..... 71
*4.4.9 Estación 09: Centro Camionero, bomba Primax; autopista* ..... 73
*4.4.10 Estación 10: Riotex, desembocadura Q. La Mosca* ..... 75

***5. COMPONENTE HIDROLÓGICO ..... 77***

5.1 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA ..... 78
5.2 DELIMITACIÓN DE LA CUENCA Y SUBCUENCAS ..... 79
5.3 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LAS CUENCAS DE INTERÉS ..... 80
*5.3.1 Características Relativas a la Forma de la Cuenca* ..... 81
*5.3.2 Parámetros relativos al relieve* ..... 82
*5.3.3 Factores de Forma* ..... 82
*5.3.4 Resultados de la morfometría* ..... 84
5.4 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN ..... 90
*5.4.1 Resultados* ..... 91
5.5 MODELO HIDROLÓGICO SEMIDISTRIBUIDO HEC-HMS ..... 94
*5.5.1 Modelo de pérdidas* ..... 95
*5.5.2 Métodos de Transformación de Precipitación a Escorrentía* ..... 104
*5.5.3 Método de tránsito en canales* ..... 107
*5.5.4 Tormenta de diseño* ..... 110
*5.5.5 Resultados de la modelación hidrológica* ..... 117
5.6 CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO ..... 120
*5.6.1 Metodología estimación de caudales máximos a partir de series de caudal máximo instantáneo* ..... 121
*5.6.2 Criterios de bondad de ajuste y selección de la distribución* ..... 122
*5.6.3 Resultados estimación de caudales máximos a partir de series de caudal máximo instantáneo* ..... 123
5.7 ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS MEDIANTE REGIONALIZACIÓN ..... 127
5.8 SELECCIÓN DE LOS CAUDALES DEFINITIVOS POR LOS DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO ..... 128

5.9 DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE A PARTIR DE RELACIONES GEOMÉTRICAS HIDRÁULICAS ..... 130
*5.9.1 Relaciones Geométricas Hidráulicas ..... 130*
5.10 INVENTARIO DE EVENTOS HISTÓRICOS DE INUNDACIÓN ..... 139
5.11 MODELACIÓN HIDRÁULICA ..... 141
*5.11.1 Consideraciones generales ..... 142*
*5.11.2 Geometría de la malla ..... 144*
*5.11.3 Coeficiente de rugosidad de manning ..... 144*
*5.11.4 Condiciones de frontera ..... 146*
*5.11.5 parámetros de modelación ..... 148*
*5.11.6 Calibración del modelo ..... 149*
*5.11.7 Escenarios Hidrológicos Simulados ..... 152*
*5.11.8 Análisis de resultados ..... 153*
5.12 DELIMITACIÓN DE LA ENVOLVENTE HIDROLÓGICA ..... 162

***6. COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO ..... 164***

6.1 CONTEXTO COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO ..... 166
*6.1.1 Contexto geológico ..... 167*
*6.1.2 Complejo el Retiro ..... 168*
*6.1.3 Batolito Antioqueño (K2-Pi/Kqd). ..... 169*
*6.1.4 Depósitos de Terrazas (Qt) ..... 170*
*6.1.5 Depósitos aluviales (Qal) ..... 174*
*6.1.6 Depósitos de ladera (Qv) ..... 174*
*6.1.7 Depósitos antrópicos ..... 174*
6.2 CONTEXTO ESTRUCTURAL ..... 175
6.3 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO ..... 178
*6.3.1 Caracterización geomorfológica con criterios morfogenéticos. ..... 180*
*6.3.2 Caracterización geomorfológica con criterios edafológicos ..... 183*
6.4 ANÁLISIS DE LA OCUPACIÓN ANTRÓPICA Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA FLUVIAL ACTUAL DEL RIO NEGRO 185
6.5 DELIMITACIÓN CAUCE PERMANENTE ..... 191

6.6 PROCESOS MORFODINÁMICOS ..... 195
6.7 CARACTERIZACIÓN DE LA CORRIENTE ..... 199
6.8 SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS O GEOFORMAS ASOCIADAS A LA ENVOLVENTE GEOMORFOLÓGICA ..... 207
*6.8.1 Ambiente Denudacional* ..... *210*
*6.8.2 Ambiente antrópico* ..... *212*
*6.8.3 Ambiente Fluvial* ..... *219*
6.9 DELIMITACIÓN DE LA ENVOLVENTE GEOMORFOLÓGICA ..... 230
6.10 ZONAS DE AMENAZA ALTA POR INUNDACIÓN Y ZONAS CON CONDICIONES DE RIESGO ..... 233

***7. COMPONENTE ECOSISTEMICO ..... 237***

7.1 ZONAS DE VIDA ..... 237
7.2 COBERTURAS TERRESTRES ..... 242
*7.2.1 Territorios artificializados* ..... *243*
*7.2.2 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas* ..... *246*
*7.2.3 Territorios agrícolas* ..... *247*
*7.2.4 Bosques y áreas seminaturales* ..... *250*
*7.2.5 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva* ..... *251*
7.3 USOS DEL SUELO ..... 252
*7.3.1 Uso Forestal* ..... *252*
*7.3.2 Agricultura* ..... *254*
*7.3.3 Agrosilvícola* ..... *256*
*7.3.4 Agropecuario* ..... *257*
*7.3.5 Ganadería* ..... *259*
*7.3.6 Infraestructura* ..... *261*
*7.3.7 Minería* ..... *263*
*7.3.8 Cuerpos de agua naturales* ..... *264*
7.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA BIÓTICA ..... 265
*7.4.1 Rondas hídricas en la zona de vida* ..... *265*
*7.4.2 Flora y fauna reportada en el área de interés* ..... *274*
7.5 CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA ..... 285

*7.5.1 Metodología* ..... *286*
*7.5.2 Condiciones para la selección de los sitios de muestreo* ..... *286*
*7.5.3 Trabajo de campo* ..... *286*
*7.5.4 Análisis de datos* ..... *287*
*7.5.5 Resultados* ..... *291*
7.6 DELIMITACIÓN DE LA ENVOLVENTE ECOSISTÉMICA ..... 300
*7.6.1 Relación entre la densidad de drenaje por unidad geomorfológica y el área de la cuenca aferente (N)* ..... *301*
*7.6.2 Cálculo de la densidad de drenaje por unidad geomorfológica* ..... *301*
*7.6.3 Cálculo del área de la cuenca aferente en cada punto de la red de drenaje* ..... *302*
*7.6.4 Determinación de la franja ecosistémica* ..... *303*
7.7 RESULTADOS ..... 305

***8. COMPONENTE SOCIAL ..... 307***

8.1 CONTEXTO SOCIO-TERRITORIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO ..... 307
*8.1.1 Localización geográfica y delimitación administrativa.* ..... *307*
*8.1.2 Caracterización demográfica* ..... *308*
*8.1.3 Actividades económicas* ..... *314*
*8.1.4 Aspecto socio cultural: percepción y relación con el río Negro* ..... *316*
8.2 PRESENCIA DE ASENTAMIENTOS SOCIALES ..... 318
8.3 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACTORES SOCIALES ..... 320
*8.3.1 Actores sociales y comunitarios* ..... *321*
*8.3.2 Actores Institucionales.* ..... *322*
*8.3.3 Actores privados.* ..... *322*
8.4 CARTOGRAFÍA SOCIAL: LECTURA TERRITORIAL DESDE LA MIRADA DE LOS ACTORES ..... 324
8.5 HISTÓRICO DE EVENTOS POR INUNDACIONES ..... 326
8.6 IDENTIFICACIÓN DE USOS PREDOMINANTES ..... 331
*8.6.1 Uso del suelo residencial* ..... *333*
*8.6.2 Uso del suelo agropecuario.* ..... *338*
*8.6.3 Uso cultural y espacio público.* ..... *340*

*8.6.4 Uso del suelo productivo.* ..... 342
*8.6.5 Uso del suelo infraestructura y servicios.* ..... 343
8.7 CONFLICTOS POR USO DEL SUELO O DETERIORO AMBIENTAL. ..... 344
*8.7.1 Ocupación inmobiliaria en zonas cercanas a fuentes de agua* ..... 346
*8.7.2 Conflictos por actividades productivas.* ..... 349
*8.7.3 Pérdida de la biodiversidad.* ..... 350
*8.7.4 Riesgo por inundación.* ..... 352
*8.7.5 Dificultades de acceso y uso colectivo de cuerpos de agua* ..... 356
8.8 ÁREAS POTENCIALES Y USOS COMPATIBLES CON LA FUNCIÓN DE LA RONDA ..... 357
8.9 ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN Y VALIDACIÓN SOCIAL ..... 360
*8.9.1 Objetivo general:* ..... 361
*8.9.2 Objetivos específicos* ..... 361
*8.9.3 Momentos y técnicas metodológicas* ..... 362
*8.9.4 Herramientas para la apropiación social* ..... 364
*8.9.5 Socialización y validación social* ..... 366

***9. COMPONENTE INTEGRADOR ..... 373***

9.1 ENFOQUE METODOLÓGICO ..... 379
*9.1.1 Lineamientos Transversales al interior de la ronda hídrica:* ..... 381
*9.1.2 Medidas de Preservación* ..... 384
*9.1.3 Medidas de Restauración* ..... 385
*9.1.4 Medidas de Uso sostenible:* ..... 386
*9.1.5 Zonas de Manejo Especial* ..... 387
9.2 ESTRATEGIAS DE MANEJO ..... 392
*9.2.1 Territorios del agua: Reconectando el sistema fluvial* ..... 392
*9.2.2 Gestión integral de la infraestructura azul para la conectividad fluvial y los acuíferos* 393
*9.2.3 Gestión integral de la conectividad ecológica para la preservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos* ..... 395
*9.2.4 Consolidación del corredor socio- ecológico con eje estructurante el río Negro* ..... 397

*9.2.5 Ordenamiento territorial adaptativo para la integridad del corredor socioecológico de la ronda hídrica del río Negro ....400*

9.3 DESCRIPCIÓN DE TRAMOS Y SUS RESPECTIVAS MEDIDAS DE MANEJO....404

***10. REFERENCIAS.... 434***

***11. ANEXOS .... 439***

11.1 ANEXOS COMPONENTE HIDROLÓGICO....439

11.2 ANEXOS COMPONENTE SOCIAL ....439

11.3 ANEXOS CARTOGRÁFICOS ....439

## 1.1 Lista de tablas

Tabla 1. Puntos de reconocimiento ..... 33
Tabla 2. Parámetros morfométricos relativos a la forma de la cuenca ..... 86
Tabla 3. Parámetros morfométricos relativos al relieve de la cuenca ..... 88
Tabla 4. Expresiones empíricas usadas para el cálculo del tiempo de concentración. . 90
Tabla 5. Tiempos de concentración en horas para la cuenca hidrográfica y subcuencas del río Negro. ..... 93
Tabla 6. Condición antecedente de humedad (AMC) para el método de pérdidas del S.C.S. ..... 96
Tabla 7. Numero de curva según la cobertura y el tipo de suelo. ..... 102
Tabla 8. Parámetros del método de tránsito de Muskingum–Cunge ..... 108
Tabla 9. Intensidades de diseño para la cuenca del río Negro para diferentes periodos de retorno y escenarios de cambio climático. ..... 112
Tabla 10. Estaciones limnigráficas en el tramo de estudio. ..... 120
Tabla 11. Caudales máximos estimados para la estación Puente Real . ..... 124
Tabla 12. Caudales máximos estimados para la estación La Fresera ..... 125
Tabla 13. Promedio y desviación estándar de los caudales máximos en las estaciones Puente real y La Fresera. ..... 128
Tabla 14. Caudales máximos estimados por el método de regionalización. ..... 128
Tabla 15. Clasificación morfológica de Flores. ..... 131
Tabla 16. Valores de rugosidad del río Negro ..... 145
Tabla 17. Resultados de la calibración del aforo 1 ..... 151
Tabla 18. Resultados de la calibración del aforo 2 ..... 151
Tabla 19. Resultados de la calibración del aforo 3 ..... 152
Tabla 20. Escenarios hidrológicos simulados [$m^3/s$] ..... 152
*Tabla 21. Distancia y distancia acumuladas de los tramos del cauce permanente* ..... 199
Tabla 22. Unidades geomorfológicas en el contexto geomorfológico de interés del Río Negro. ..... 207
*Tabla 23. Distribución de las Geoformas del ambiente fluvial del Río Negro.* ..... 220
*Tabla 24. Unidades geomorfológicas en el contexto geomorfológico de interés del Río Negro.* ..... 232
Tabla 25. Síntesis estructural de especies dominantes en la ronda hídrica de la quebrada La Cimarronas. ..... 266
Tabla 26. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la ronda hídrica de la quebrada La Mosca. ..... 267
Tabla 27. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la ronda hídrica de la quebrada La Pereira. ..... 269
Tabla 28. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la ronda hídrica de la quebrada La Agudelo. ..... 271

Tabla 29. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la ronda hídrica del río Pantanillo. ....273
Tabla 30. Composición taxonómica de especies endémicas y de alta importancia ecológica. ....275
Tabla 31. Especies reportadas en alguna categoría de amenaza o en CITES ....276
Tabla 32. Composición taxonómica de especies de avifauna endémicas y de alta importancia ecológica reportadas. ....277
Tabla 33. Especies de avifauna reportadas en alguna categoría de amenaza ....278
Tabla 34. Especies migratorias reportadas. ....279
Tabla 35. Composición taxonómica de especies de mastofauna endémicas y de alta importancia ecológica reportadas. ....282
Tabla 36. Especies de mastofauna reportadas en alguna categoría de amenaza ....282
Tabla 37. Especies de herpetofauna endémicas y de alta importancia ecológica reportadas. ....283
Tabla 38. Especies de herpetofauna reportadas en alguna categoría de amenaza ...285
Tabla 39. Familias botánicas y sus respectivas especies registradas durante el muestreo. ....293
Tabla 40. Abundancia de las especies registradas en el muestreo ....294
Tabla 41. Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje ....301
Tabla 42. Escala de valores para la clasificación de densidades de drenaje ....301
Tabla 43. Rangos de clasificación de áreas aferentes ....302
Tabla 44 Cantidad de viviendas identificadas por catastro, Rionegro ....310
Tabla 45. Relaciones y nivel de influencia -actores Ronda Hídrica ....323
Tabla 46. Historial de eventos de inundación tramo de estudio del río Negro 2020-2025 ....328

## 1.2 Lista de Fotografías

Fotografía 1. Terraza media aguas arriba. .... 39
Fotografía 2. Terraza baja y lleno antrópico aguas abajo. .... 39
Fotografía 3. Espolones destruidos margen derecha. .... 39
Fotografía 4. Terraza baja con depósitos de vertiente, aguas arriba del río. Se observan bloques métricos en el cauce. .... 41
Fotografía 5. Terraza baja y lleno antrópico de la parcelación EL Herbal, aguas abajo sobre la margen derecha del río. .... 41
Fotografía 6. Terraza baja aguas arriba sobre la margen izquierda. .... 43
Fotografía 7. Terraza baja aguas abajo. .... 43
*Fotografía 8. Socavación lateral margen izquierda.* .... 43
Fotografía 9. Terraza media, dique y bajo de terraza baja sobre la margen izquierda.. 45
Fotografía 10. Socavación lateral en la Terraza baja margen derecha. .... 45
Fotografía 11. Llenos antrópicos aguas abajo. .... 47
Fotografía 12. Zanjones artificiales y superficies de explanación. .... 47

Fotografía 13. Cuerpo de agua Humedal Lotus (Cubeta de decantación) margen izquierda aguas abajo. 49
Fotografía 14. Cubeta de desborde asociado al humedal Lotus. 49
Fotografía 15. Diques de desborde modificados. 49
Fotografía 16. Terraza baja, ambas márgenes, aguas abajo. 51
*Fotografía 17. Cubeta de desborde, margen izquierda. Observe cambio de vegetación.* 51
Fotografía 18.. Espolones margen derecha. 51
Fotografía 19. Terrazas bajas y llenos antrópicos aguas arriba del PO-6 53
Fotografía 20. Rocas in situ en el cauce del río, aguas abajo del PO-6 53
Fotografía 21. Limnímetro margen izquierda aguas abajo del PO-6 53
Fotografía 22. Lleno antrópico con escarpe de 15 metros, margen izquierda. 55
Fotografía 23. Terraza baja y lleno antrópico aguas abajo. 55
*Fotografía 24. Terraza media aguas arriba.* 57
Fotografía 25. Sistema de lomeríos que circunscribe el tamo 5. 59
Fotografía 26. Características de la Estación 01: Puente Mall Madero 62
Fotografía 27. Características Estación 02: Sector La Lorena, Parcelación El Herbal 63
Fotografía 28. Estación 03: Puente hacia vereda El Tablacito 64
Fotografía 29. Estación 04: Avícola Granja La Alborada. 66
Fotografía 30. Estación 05: Vía El Tablazo – Llanogrande 67
Fotografía 31. Estación 06: Transversal 2 vía El Porvenir, humedal Lotus 68
Fotografía 32. Estación 07: Barrio El Porvenir, Piscina Olímpica IMER 70
Fotografía 33. Estación 08: Barrio Las Playas, Carrera 46, zona Centro 73
Fotografía 34. Estación 09: Centro Camionero, bomba Primax; autopista 74
Fotografía 35. Estación 10: Riotex, desembocadura Q. La Mosca 76
Fotografía 36. Cauce permanente y cubetas de decantación asociadas al cauce permanente. 194
Fotografía 37.Cono o lóbulo coluvial (Dco) en el sector de Emaus, margen derecha del río en el tramo2, debajo de la vía Rionegro – El Retiro. 211
Fotografía 38. Ladera ondulada (Dlo) sector de Emaus, margen izquierda del río en el tramo 1. 212
Fotografía 39. Canal Artificial (Aca) en el predio de la urbanización Lago Grande. 213
Fotografía 40. Dique artificial (Ae) ubicado sobre la margen izquierda, en el tramo 6 del río Negro. 214
Fotografía 41. Rellenos de escombros y/o escombreras (Are) a la altura del humedal Galicia en el tramo 6 en cercanías del humedal Galicia. 215
Fotografía 42. Planos y campos de llenos antrópicos en terrazas (Art) localizadas en el tramo 2 (A), y Planos y campos de llenos antrópicos en terrazas en planicie inundable (Arp) en el tramo 4 (B) 216

Fotografía 43. Planos y campos de llenos antrópicos en terrazas antiguas (Arftan) margen izquierda y en terrazas subrecientes (Arftas) margen derecha, localizadas en el tramo 4 del casco urbano de Rionegro. ....217
Fotografía 44. Excavaciones (Ase) asociadas actividad minera abandonado y utilizada para proyectos urbanísticos. ....218
Fotografía 45. Superficies de explanación asociados a terraceos en unidades denudacionales adyacente (Asp) y aquellos localizados sobre la planicie inundables (Asppi). ....219
Fotografía 46. Planos o llanuras de inundación que pueden alcanzar diferentes extensiones y que se encuentran sin transformación antrópica ....222
Fotografía 47. Terraza de acumulación asociada al cauce aluvial de la quebrada la Yarumal afluente del río Negro, localizada sobre la margen izquierda del río en el tramo 3. ....223
Fotografía 48. Limite identificado con la Terraza de acumulación (Fta), sobre la margen derecha del río en el tramo 1 (vereda Tablacito), con el plano inundable (Fpi), donde se encuentra un dique artificial (Ae). ....224
Fotografía 49. Bajos de terrazas sobre la terraza subreciente a la altura del intercambio vial al Carmen de Viboral. ....225
Fotografía 50. Planos de desborde asociados a los humedales declarados por Cornare en el municipio de Rionegro. ....226
Fotografía 51. Dique natural, humedal localizado en tramo en propiedad del club deportivo Independiente Medellín. ....227
Fotografía 52. Cauce aluvial de la quebrada la Mosca relacionado con la envolvente. ....228
Fotografía 53. Canal Artificial (Aca) en el predio de la urbanización Lago Grande. ....229
Fotografía 54. Laguna (Fgl) localizada al SW del cuerpo de agua conocido como Sierra Blanca sobre la margen derecha del río en Tramo 2. ....230
Fotografía 55. Territorios artificializados en el municipio de Rionegro con una influencia en la ronda hídrica ....243
Fotografía 56. Zonas urbanizadas en el municipio de Rionegro con una influencia en la ronda hídrica ....244
Fotografía 57. Red vial y terrenos asociados sobre el río Negro ....245
Fotografía 58. Explotación de materiales en el río Negro. ....246
Fotografía 59. Zonas verdes urbanas, no agrícolas ....246
Fotografía 60. Zonas verdes urbanas ....247
Fotografía 61. Territorios agrícolas ....247
Fotografía 62. Áreas cubiertas con pasto. ....248
Fotografía 63. Pastos limpios ....249
Fotografía 64. Pastos arbolados ....249
Fotografía 65. Pastos enmalezados ....250
Fotografía 66. Plantaciones forestales (Eucaliptus sp.) ....251

Fotografía 67. Vegetación secundaria o en transición .....252
Fotografía 68. Ejercicios de Cartografía Social río Negro .....325
Fotografía 69. Zonas de inundación río Negro .....327
Fotografía 70. Finca El Triángulo y parcelación Montealto, vereda Don Diego, El Retiro. .....333
Fotografía 71. Diferentes usos del suelo, vereda Tablacito. .....334
Fotografía 72. Viviendas y espacio público en barrio Vegas de la Calleja, Rionegro. ..335
Fotografía 73. Barrio El Porvenir, Rionegro .....336
Fotografía 74. Nuevas construcciones, sector Campus, Rionegro .....336
Fotografía 75. Viviendas y gimnasio urbano en el barrio Las Playas, Rionegro. .....337
Fotografía 76. Viviendas vereda Galicia. Municipio Rionegro. .....338
Fotografía 77. Recorrido granja avícola La Alborada, vereda Tablacito. .....339
Fotografía 78. . Cultivo de hortalizas en cercanías al río Negro, municipio Marinilla .....339
Fotografía 79. Sendero público que conecta el barrio Vegas de la Calleja .....341
Fotografía 80. Piscina olímpica IMER. Barrio El Porvenir, Rionegro. .....341
Fotografía 81. Empresa Riotex, Rionegro .....343
Fotografía 82. Puentes barrio Las Playas, quebrada El Águila. .....344
Fotografía 83. Captación y bombeo, río Negro. Barrio El Porvenir. .....344
Fotografía 84. Visita de reconocimiento social – Tramos del río Negro .....363
Fotografía 85. Recorridos por el territorio, diálogos focales .....364
Fotografía 86. Socialización N°1 - Comunidades de Rionegro, El Retiro y Marinilla .....367
Fotografía 87. Marinilla, Ciudadela Artesanal - vía Belén - Rionegro, vereda Tablacito, 4 de febrero de 2026.....367
Fotografía 88. Socialización N°2 - Rionegro, El Retiro y Marinilla .....368
Fotografía 89. Socialización administraciones municipales área de influencia .....369
Fotografía 90. Socialización N°3 - Rionegro, El Retiro y Marinilla. .....369

## 1.3 Lista de figuras

Figura 1.Localizacion del tramo de estudio del río Negro. ..... 23
Figura 2. Ubicación Estación 01: Puente Mall Madero ..... 61
Figura 3. Estación 02: Sector La Lorena, Parcelación El Herbal..... 63
Figura 4. Estación 03: Puente hacia vereda El Tablacito ..... 64
Figura 5. Estación 04: Avícola Granja La Alborada. ..... 65
Figura 6. Estación 05: Vía El Tablazo - Llanogrande ..... 67
Figura 7. Estación 06: Transversal 2 vía El Porvenir, humedal Lotus ..... 69
Figura 8. Estación 07: Barrio El Porvenir, Piscina Olímpica IMER ..... 70
Figura 9. Estación 08: Barrio Las Playas, Carrera 46, zona Centro ..... 72
Figura 10. Estación 09: Centro Camionero, bomba Primax; autopista ..... 74
Figura 11. Estación 10: Riotex, desembocadura Q. La Mosca ..... 75
Figura 12. Modelo de elevación digital de la cuenca del río Negro. ..... 79
Figura 13. Cuenca del río negro y subcuencas de interés al tramo de estudio. ..... 80

Figura 14. Representación de la cuenca del río Negro para el modelo hidrológico semidistribuido (HEC-HMS). ..... 95
Figura 15. Coberturas de la cuenca del río negro. ..... 99
Figura 16. Tipos de suelo en la cuenca del río negro. ..... 101
Figura 17. Numero de curva estimado para la cuenca del río Negro. ..... 103
Figura 18. Hidrograma unitario adimensional del SCS (Velez y Smith, 1997) ..... 105
Figura 19. Curva de intensidad, duración y frecuencia para la cuenca del río Negro para el escenario histórico. ..... 111
Figura 20. Curvas de intensidad, duración y frecuencia para el corto mediano y largo plazo para el escenario de cambio climático tendencial (SSP2-4.5) para la cuenca del río Negro. ..... 112
Figura 21. Curvas de Huff para realizar la distribución temporal de la tormenta. ..... 115
Figura 22. Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 100 años para los escenarios histórico y cambio climático. ..... 117
Figura 23. Hidrogramas estimados para el río Negro para un periodo de retorno de 100 años al inicio y al final del tramo de estudio. ..... 118
Figura 24. Hidrogramas estimados para el río Negro para un periodo de retorno de 100 años al inicio y al final del tramo de estudio con señal de cambio climático. ..... 118
Figura 25. Series de caudal máximo en las estaciones del IDEAM. ..... 121
Figura 26. Relaciones hidráulicas de acuerdo con el tipo de canal (Jiménez Jaramillo, 2015; MADS, 2018) ..... 130
Figura 27. Clasificación de tipo de tramo según Flores et al. (2006). Tomado de Jiménez Jaramillo (2015) ..... 131
Figura 28. clasificación morfológica del río Negro a escala de tramo de Flores et al. (2006) ..... 132
Figura 29. Anchos del cauce estimado según las relaciones de geometría hidráulica. 134
Figura 30. Cauce permanente tramo 1 estimado con relaciones de geometría hidráulica. ..... 135
Figura 31. Cauce permanente tramo 2 estimado con relaciones de geometría hidráulica. ..... 136
Figura 32. Cauce permanente tramo 3 estimado con relaciones de geometría hidráulica. ..... 137
Figura 33. Cauce permanente tramo 4 estimado con relaciones de geometría hidráulica. ..... 138
Figura 34. Cauce permanente tramo 5 estimado con relaciones de geometría hidráulica. ..... 139
Figura 35. Eventos de inundación reportados entre 1982 al 2025 asociadas al río Negro en la base de datos del DAGRAN. ..... 140
Figura 36. Modelo de elevación del terreno empleado para la modelación. ..... 143
Figura 37. Mapa de rugosidad del río Negro ..... 146
Figura 38. Condiciones de frontera del modelo hidráulico del río Negro ..... 147

Figura 39. Localización de los puntos de aforo del río Negro .....150
Figura 40. Mancha de inundación para la creciente asociada al periodo de retorno de 100 años con señal de cambio climático.....154
Figura 41. Mancha de inundación para la creciente asociada al periodo de retorno de 100 años .....155
Figura 42. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Inicio del tramo de estudio hasta puente el tablacito.....157
Figura 43. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Desde el puente de ingreso al Tablacito hasta el inicio del casco urbano de Rionegro. .....158
Figura 44. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Desde el inicio del casco urbano hasta PTAR tranvía. .....159
Figura 45. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Desde PTAR tranvía hasta la desembocadura de la quebrada Marinilla en el río Negro.....160
Figura 46. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Desde PTAR tranvía hasta la desembocadura de la quebrada Marinilla en el río Negro.....161
Figura 47. Delimitación de la envolvente hidrológica. .....163
Figura 48. Unidades geológicas a escala 1:25.000 para el polígono de análisis .....168
Figura 49. Corte esquemático de las terrazas del río Negro y sus afluentes, modificado de .....171
Figura 50. Terrazas del río Negro (modificada de Pages & James, 1981). .....172
Figura 51. Marco geomorfológico-estructural y ubicación de los indicios de actividad neotectónica.....173
Figura 52. Estructuras geológicas localizada en el polígono de análisis. .....176
Figura 53. Marco geomorfológico-estructural y ubicación de los indicios de actividad neotectónica.....178
Figura 54. Mapa Geomorfológico Regional del oriente Cercano. .....179
Figura 55. Ambientes morfogenéticos y unidades geomorfológicas a escala 1:100.000. .....181
Figura 56. Unidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos a escala1:25.000..182
Figura 57. Unidades geomorfológicas con criterios edafológicos a escala1:25.000. .....184
Figura 58. Análisis de transformación de coberturas como apoyo de MapBiomas 3.0 .186
Figura 59. Huella constructiva de la zona urbana realizada a partir de OpenBuiliding para el año 2021.....188
Figura 60. Cambios en el cauce permanente asociadas a actividades antrópicas al SE del Aeropuerto José María Cordoba, vereda Santa Ana de Rionegro.....189
Figura 61. Cambios en el cauce permanente asociadas a actividades antrópicas de ganadería, vereda Tablacito de Rionegro.....189
Figura 62. Cambios en el cauce permanente y conectividad de humedales asociadas a actividades antrópicas de vías y usos pecuarios en la vereda Tablazo 1 de Rionegro.190
Figura 63. Cambios en el cauce permanente en la zona urbana de Rionegro. .....190

Figura 64.Delimitación del Cauce permanente preliminar y el sistema léntico asociado- .....193
Figura 65. Localización de eventos de inundación y procesos morfodinámicos asociados al cauce a partir de información secundaria y primaria. .....196
Figura 66. Localización de áreas con procesos morfodinámicos identificados por fotointerpretación del sensor LIDAR. .....198
Figura 67. Corte transversal de la corriente y división en función del cambio de pendiente. .....200
Figura 68. Localización de tramos identificables para el río Negro. .....202
Figura 69. Tramos 1 al 3 de la corriente del río Negro. .....205
Figura 70. Tramos 4 al 6 de la corriente del río Negro. .....206
Figura 71. Mapa de geoformas o subunidades asociadas a la envolvente geomorfológica del Río Negro. .....208
Figura 72. Envolvente Geomorfológica del Río Negro. .....233
Figura 73. Escenarios de amenaza alta por inundación definidos para la evaluación de las zonas con condición de riesgo .....235
Figura 74. Zonas con condición de riesgo (ZCR) muy alta y alta a inundaciones por amenaza alta .....236
Figura 75. Zona de vida del área de estudio .....238
Figura 76. Zona de vida suministradas por CORNARE .....239
Figura 77. Zona de vida generadas desde el proyecto .....240
Figura 78. Puntos de muestreo por medio de transectos .....241
Figura 79. Áreas en uso forestal protector .....253
Figura 80. Áreas en uso forestal productor .....254
Figura 81. Áreas en uso agrícola .....254
Figura 82. Áreas con cultivos permanentes intensivos (CPI) .....255
Figura 83. Área con cultivos permanentes semi-intensivos .....256
Figura 84. Área con sistemas combinados de agricultura y forestería .....257
Figura 85. Área con usos agropecuarios .....257
Figura 86. Algunas áreas con uso silvopastoril .....258
Figura 87. Áreas con Sistemas combinados de ganadería y forestería .....259
Figura 88. Áreas con uso de pastoreo extensivo .....260
Figura 89. Áreas con pastoreo intensivo .....261
Figura 90. Áreas con infraestructura .....261
Figura 91. Áreas con infraestructura vial actual y proyectada .....262
Figura 92. Áreas con uso residencial actual y proyectado .....263
Figura 93. Áreas con usos asociados a la minería .....263
Figura 94. Áreas cubiertas por cuerpos de agua .....264
Figura 95. Altura promedio de las 3 especie con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm) en parcelas de muestreo (50 m²) en la ronda hídrica de la quebrada La Mosca. .....268

Figura 96. Altura promedio de las 3 especie con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm) en parcelas de muestreo (50 m²) en la ronda hídrica de la quebrada La Pereira.....270
Figura 97. Altura promedio de las 3 especie con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm) en parcelas de muestreo (50 m²) en la ronda hídrica de la quebrada La Agudelo.....272
Figura 98. Altura promedio de las 3 especie con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm) en parcelas de muestreo (50 m²) en la ronda hídrica del río Pantanillo.....274
Figura 99. Establecimiento de las unidades de muestreo en campo. A) Tendido y orientación de la cuerda de 50 m para la delimitación del transecto. B) Toma de DAP en un individuo registrado. .....287
Figura 100. Localización de las áreas de estudio y distribución de los transectos de muestreo establecidos.....291
Figura 101. Fotografías del sotobosque de cada área muestreada. A) Politécnico. B) UCO. C) Agrosavia. D) El Capiro.....292
Figura 102. Fotografías de especies registradas en veda o con alguna categoría de amenaza A) Cyathea meridensis. B) Godoya antioquiensis. C) Quercus humboldtii. ...296
Figura 103. Distribución de individuos por clases diamétricas.....297
Figura 104. Distribución de individuos por clases diamétricas.....298
Figura 105. Índice de valor de importancia ecológica (IVI) .....299
Figura 106. Algunas especies nativas con el IVI más alto. A) Vismia baccifera. B) Andesanthus lepidotus.....300
Figura 107. Envolvente ecosistémica del río Negro.....304
Figura 108. Pirámide de población El Retiro .....309
Figura 109. Pirámide población Rionegro .....311
Figura 110.pirámide poblacional Marinilla. .....313
Figura 111.Tiempo que dura la inundación .....330
Figura 112. Nivel alcanzado durante la inundación .....331
Figura 113. Envolventes de la ronda hídrica .....375
Figura 114. Tramos de gestión para la ronda del río Negro .....377
Figura 115. Zonificación ambiental ronda del río Negro .....378
Figura 116. Enfoque metodológico para el manejo de la ronda.....379
Figura 117. Esquema estratégico de la ronda.....380
Figura 118. Tipologías de zonas de manejo especial.....388

## 2. INTRODUCCIÓN

El artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 establece que corresponde a las Autoridades Ambientales, en el ámbito de su jurisdicción, efectuar el acotamiento de la ronda hídrica, la cual comprende: i) la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974, y ii) el área de protección o conservación aferente. Para tal fin, dichas autoridades deberán realizar los estudios técnicos correspondientes, conforme a los lineamientos definidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, reglamentada mediante el Decreto 2245 de 2017.

La Corporación Regional Autónoma de las cuencas de los Ríos Negro y NARE – CORNARE, como autoridad ambiental, está encargada de administrar, proteger y conservar los recursos naturales renovables y el medio ambiente, y de promover el desarrollo sostenible dentro de su jurisdicción.

El enfoque metodológico para el acotamiento de las rondas hídricas parte del principio rector de la funcionalidad ambiental, entendida como la capacidad de estas áreas para permitir el intercambio de agua, sedimentos y nutrientes, sustentando los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en las cuencas hidrográficas. Al tener un objeto de protección y conservación, estas zonas deben contar con un manejo ambiental adecuado que permita orientar el uso sostenible de los recursos naturales renovables y, al mismo tiempo, evitar la generación de condiciones de riesgo al restringir la ubicación de personas, bienes y servicios en sectores que, por su naturaleza, son susceptibles a inundaciones o afectaciones derivadas de la dinámica hidrológica.

En concordancia con lo anterior, la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare) definió adelantar el proceso de delimitación de la ronda hídrica del río Negro. Para ello, suscribió el Convenio N.° 495 de 2025 con el Grupo de Investigación G-LIMA de la Universidad de Antioquia, cuyo objeto es "realizar los estudios técnicos requeridos para la delimitación y caracterización de la ronda hídrica en 41,2 km del río Negro, ubicado en los municipios de El Retiro, Rionegro y Marinilla".

El presente informe, estructurado por capítulos, consolida los resultados de los estudios técnicos realizados para la delimitación y caracterización de la ronda hídrica del río Negro, así como el proceso de participación social adelantado con las comunidades y las entidades territoriales de los municipios de El Retiro, Rionegro y Marinilla. En él se presenta la delimitación de las envolventes hidrológica, ecosistémica y geomorfológica, y, como resultado de su integración, la delimitación física de la ronda hídrica con sus elementos constitutivos: la faja paralela al cauce y el área de protección o conservación aferente. Asimismo, incluye la identificación de las zonas de preservación, restauración, uso sostenible y manejo especial, junto con las medidas de manejo correspondientes a cada una de ellas. El proceso de socialización llevado a cabo con actores comunitarios

e institucionales permitió validar los resultados técnicos y recoger insumos territoriales que enriquecieron la caracterización de la ronda hídrica. El alcance geográfico del estudio queda determinado por el límite físico de la ronda hídrica delimitada.

## 3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

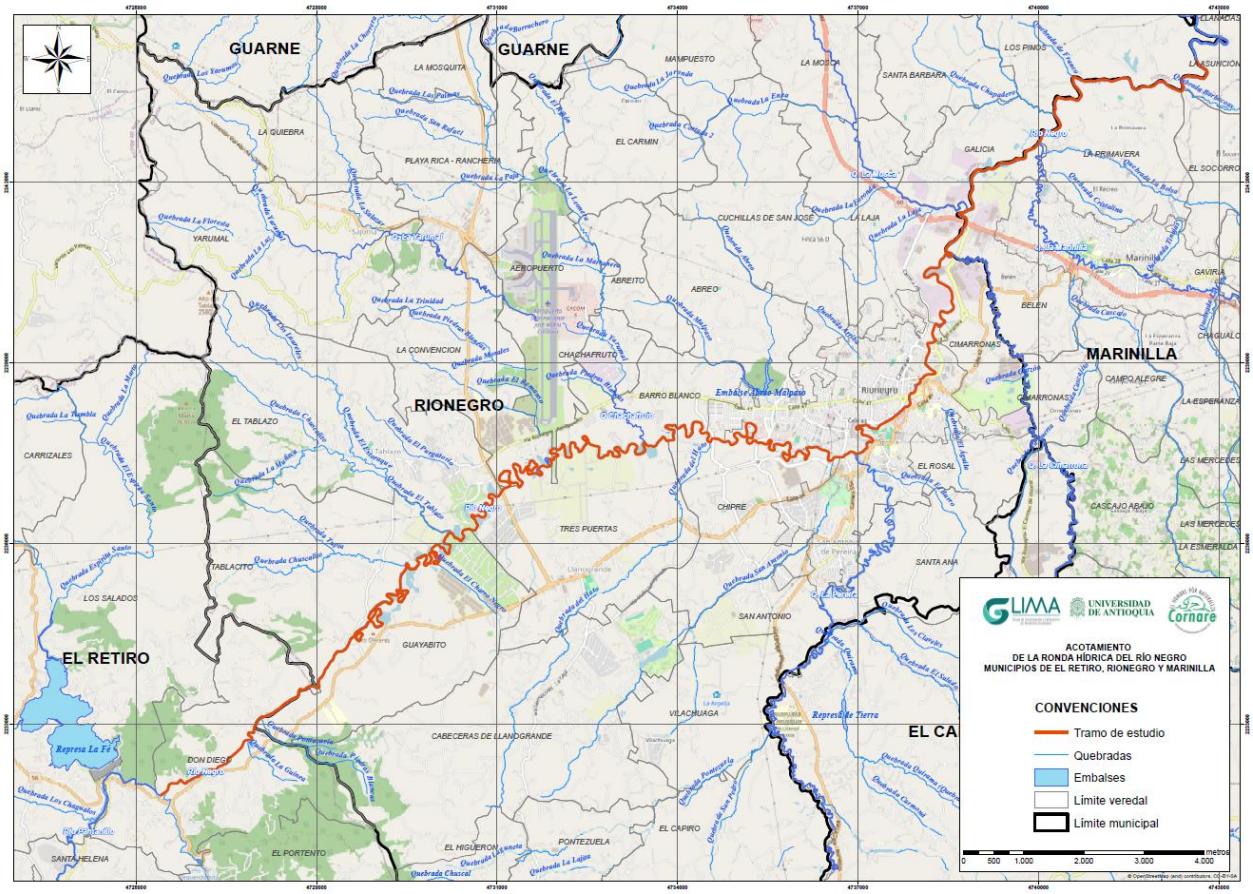
El río Negro es el principal eje hidrográfico del Valle de San Nicolás y cumple un papel estructurante en la organización física y funcional del territorio. Nace en las estribaciones de la cordillera Central, en jurisdicción del municipio de El Retiro, y discurre en dirección suroccidente-nororiente hasta confluir con el río Nare. De acuerdo con Alzate (2008), su curso recoge las aguas de afluentes de importancia regional, entre ellos las quebradas Tablazo, Yarumal, Malpaso, La Pereira, Cimarrona, La Mosca, La Marinilla, conformando una red hídrica que articula los procesos naturales y antrópicos de su cuenca media y alta.

La cuenca del río se desarrolla en un rango altitudinal que varía aproximadamente entre los 2.100 y los 2.600 m s. n. m. en su parte alta, descendiendo hacia los 1.800 m s. n. m. en los sectores medios del valle. Este contexto topográfico se enmarca en condiciones climáticas con temperatura media anual cercana a los 17 °C, precipitación estimada entre 2.000 y 2.200 mm al año y humedad relativa de entre el 75 % y el 80 %. Estas condiciones favorecen la presencia de zonas de vida clasificadas como bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), especialmente en los sectores de mayor altitud del territorio, donde también se localizan escarpes y nacimientos hídricos estratégicos.

Según Alzate (2008), los principales usos del suelo en la cuenca del río Negro están dominados por actividades agropecuarias (51,3 %) y urbanas (45,6 %), mientras que la cobertura boscosa se ha reducido drásticamente a un 3 %, producto del avance de proyectos urbanísticos, comerciales y agroindustriales. Los remanentes de cobertura natural persisten en sectores de alta pendiente o de valor ambiental estratégico, como las zonas de protección de microcuencas abastecedoras de acueductos veredales. Esta transformación del paisaje ha generado presiones significativas sobre la dinámica hidrológica y geomorfológica del río, incrementando la vulnerabilidad de sus márgenes frente a procesos de erosión, sedimentación e inundación.

El área de estudio comprende el acotamiento de la ronda hídrica del río Negro en una longitud de 41,20 km, abarcando la jurisdicción de los municipios de El Retiro, Rionegro y Marinilla, en el oriente antioqueño (ver Figura 1). El tramo inicia aguas abajo del embalse La Fe, infraestructura de regulación hídrica operada por EPM y cuya presencia genera una dinámica hidrológica de carácter antrópico regulado que condiciona el régimen de caudales en el tramo de estudio.

***Figura 1.Localizacion del tramo de estudio del río Negro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

# 4. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

## 4.1 Componente social

El 18 de diciembre de 2025, el equipo multidisciplinario que integra el convenio para la delimitación de la ronda hídrica del río Negro, realizó la primera salida de reconocimiento a la zona de estudio comprendida entre los municipios El Retiro, Rionegro y Marinilla, pertenecientes al altiplano del oriente Antioqueño.

El objetivo desde el componente social se orientó hacia un primer reconocimiento del tramo de estudio, generando información de contexto que podrá ser contrastada con observación-acción participativa con las comunidades y con la revisión bibliográfica que nos ayudará a construir el contexto para comprender las dinámicas, sociales, económicas y ambientales alrededor del cuerpo de agua; todo esto con el fin de facilitar el diseño de estrategias para la apropiación social y la retroalimentación de los resultados del acotamiento con los actores y comunidades situadas en el área de influencia de la ronda hídrica.

El recorrido comenzó en el municipio de El Retiro en las partidas que conducen al casco urbano y a la vía Don Diego Rionegro, en zona cercana al embalse La Fé y continuó por la vía Llanogrande – El Porvenir Rionegro hasta finalizar en el municipio de Marinilla. A continuación, se hará una relación de los sectores (barrios o veredas), puntos visitados y los aspectos observados desde el componente social.

### 4.1.1 Vereda Don Diego - El Retiro:

Este primer tramo corresponde a una zona de mayor pendiente en la cuenca. Pese a ser zona rural, se observa un alto tráfico vehicular, no solo entre las vías principales que conectan a los municipios del Valle de San Nicolás, sino también en algunas vías terciarias y que se encuentran en su mayoría sin pavimentar, dado su acelerado desarrollo urbanístico y por la oferta que concentra en establecimientos comerciales y de servicios. Muchas de estas infraestructuras se encuentran ubicadas a menos de 10 metros del cuerpo de agua y se evidencia poca vegetación de ribera. A este tramo corresponden los siguientes puntos en los cuales se realizó la observación:

#### 4.1.1.1 Punto 1. Puente Mall Puerto Madero

Este punto se ubica sobre la vía que de Don Diego conduce a Rionegro en un puente que se encuentra detrás del centro comercial Puerto Madero, el cual alberga varios locales comerciales en sus dos niveles y asentado a pocos metros del río Negro; se evidencia escorrentía con restos de ladrillo. Adelante del puente se conectan dos vías veredales que conducen a parcelaciones o condominios. En este punto se encuentra además la granja avícola Aves Emaús, productora de huevos comerciales.

***Fotografía 1. Puente Mall Puerto Madero***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 4.1.1.2 Punto 2. Sector La Lorena. Parcelación El herbal.

Zona de parcelaciones con construcciones ubicadas en las zonas de retiro de la corriente; en algunas se evidencian vertimientos directos. En una de las propiedades se aprecia un tubo saliente en un muro de contención cerca al margen izquierdo del río.

En esta zona las viviendas están disgregadas, no se percibe interacción ni conexión entre las residencias, tampoco equipamientos comunitarios o lugares de servicio comercial. Hay algunos viveros y el centro de bienestar Nova Comunidad Holística.

***Fotografía 2. Parcelaciones sector La Lorena, El Retiro***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.1.2 Vereda Tablacito - Rionegro:

#### 4.1.2.1 Punto 3. Puente, entrada a vereda Tablacito.

Es un sector de alta y veloz expansión urbana, de muchos servicios donde cada vez más hay más presión sobre el agua y el suelo, no hay respeto de los retiros. Las especies más presentes son el eucalipto, el pino, aunque sin embargo se establece la poca cobertura vegetal. Adicionalmente hay mucho tráfico pesado (volquetas, planchones, por construcción en ascenso) muchos vehículos.

En este orden se evidencia la tensión entre las normas y derechos adquiridos de la ciudadanía en los POT, y por ejemplo en la Ley 308 de 1996 que "tipifica como conducta delictiva la del Urbanizador Ilegal" (SUIN JURISCOL, 2026) versus lo que realmente se licencia en los municipios, donde ciertos casos demuestran que no hay rigurosidad en el cumplimiento de la legislación que nos rige y esto lleva desafortunadamente a fenómenos como la excesiva urbanización, el deterioro ambiental y la gentrificación, que se nota en el caso de este territorio, por síntomas como el cambio del pastoreo a la urbanización, donde se omite o se evade que las ecoparcelas, las agroparcelas, el bosque, las pendientes y las fuentes hídricas son sujetos de protección a priorizar incluso por encima de los intereses económicos.

***Fotografías 3 y 4.*** Puente Vereda Tablacito



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

**Punto 4. *Avícola Granja La Alborada.***

Se visitó el sitio; allí se observa una granja avícola, que tiene además producción de ganado bovino. En la parte trasera de la granja pasa el río Negro, cerca de potreros destinados al pastoreo. En conversación con el vigilante de la granja, se pudo conocer que este sector ha tenido ocurrencia de eventos de inundación; el último ocurrió en el mes de noviembre del 2025 y se percibió como una inundación rápida que arrastro bastante material, sedimento y generó afectaciones en floristerías cercanas y viviendas

que hacen parte de la vereda Tablacito, en la que existe un total aproximado de 50 viviendas.

Hay una nueva construcción de edificios a pocos metros de la agrícola y sobre la vía cerca al entrada a esta vereda. Proyecto MALVA.

***Fotografía 5. Granja La Alborada***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.1.3 Vereda Tres Puertas – Rionegro

En este tramo es posible observar una mayor densidad urbanística, la cual se encuentra estrechamente ligada a la construcción de aeropuerto internacional José María Cordova y a la expansión de la zona industrial que se ubica en esta área; además de las conexiones viales que se han venido construyendo y que conectan con la centralidad de Rionegro y la autopista Medellín – Bogotá.

#### 4.1.3.1 Punto 5. Vía El Tablazo – Llanogrande

Es una vía bastante congestionada, con alto tráfico vehicular. En el puente en donde se realiza la observación se evidencia contaminación por vertimientos industriales o combustibles en el cuerpo de agua. En este punto se encuentra la estación hidrológica Charco Manso y está contigua a la estación de policía del Tablazo y otras parcelaciones, centros comerciales y hoteles.

### 4.1.4 Zona urbana Rionegro

#### 4.1.4.1 Punto 6. Transversal 2 - vía El Porvenir, humedal Chipre.

Este punto se puede denominar como la entrada al barrio El Porvenir de Rionegro. Corresponde a la transversal 2, doble calzada que conecta los sectores de Llanogrande con algunos barrios y zonas de ciclorruta. Aquí se pudo observar una zona de humedales en donde es posible observar fauna, pese a encontrarse en situación de deterioro ambiental por contaminación en la corriente de agua y construcciones en zonas aledañas. Se observan edificios de 15 pisos en frente del humedal.

***Fotografía 6. Humedal Chipre, vía El Porvenir***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 4.1.4.2 Punto 7. Barrio El Porvenir. Piscina Olímpica IMER

Este es uno de los barrios más tradicionales y más poblados del municipio de Rionegro. Su construcción data de los años 70 e inició como un proyecto residencial para las familias que trabajaban en la industria textil. Es la zona con mayores equipamientos urbanos y sus edificaciones están en la zona de retiro del río Negro.

Durante el recorrido se pudo observar el complejo deportivo, algunos centros comerciales, lugares en dónde se prestan servicios de salud, zonas de restaurantes y proyectos inmobiliarios en expansión. De igual forma, se observa extracción de arena del río de forma artesanal.

***Fotografía 7. Barrio El Porvenir, Rionegro***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 4.1.4.3 Punto 8. Barrio Las Playas, carrera 46, zona centro

Este es un importante sector comercial e industrial ubicado en la zona central del municipio de Rionegro y que antes de ser zona urbanizada, era sitio de extracción de arena y material para la construcción; es conocido popularmente como "La Bayaderita" por sus talleres mecánicos, de pintura, latonería, ferreterías, ebanisterías y venta de repuestos, entre otros. Aunque no se conoce el número total de viviendas del barrio Las Playas, se tiene conocimiento de este sector por ser punto crítico durante los eventos de inundaciones por el desbordamiento del río Negro. Se observan jarillones o muros de contención, al igual que una regla limnigráfica en la margen izquierda del cuerpo de agua. Es una zona de alta movilidad y en sus zonas verdes se observan algunos depósitos de residuos sólidos, además de contaminación por emisiones atmosféricas y ruido, lo que aporta presión sobre el suelo.

***Fotografía 8. Barrio Las Playas, zona centro Rionegro***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

**Punto 9. *Centro Camionero, bomba Primax, autopista***

Este punto se ubica en la zona cercana a la vía El Tranvía – Marinilla y que conecta con la autopista Medellín Bogotá, en donde se encuentran algunas industrias, terminales de carga, bodegas y estaciones de servicio. También se observan algunos potreros con actividad de ganadería. En este punto fue posible observar una de las actividades antrópicas que generan mayor impacto en la cuenca como son las canteras para la minería de material y que se encuentra a pocos metros del río Negro.

***Fotografía 9. Minería de materiales, vía El Tranvía – Marinila***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 4.1.4.4 Punto 10. Riotex, desembocadura Q. La Mosca

Este punto está cerca la autopista en dirección hacia Medellín. En esta zona desembocan las quebradas La Cimarrona y La Mosca, afluentes del río Negro. Allí se encuentra la fábrica textil Riotex. En conversación con el portero de esta empresa, se pudo conocer que en este punto se generan constantes desbordamientos, que afectan especialmente los potreros destinados a la ganadería que hay en sus alrededores. Durante el recorrido se pudo observar la zona hasta donde se percibe la mancha de inundación.

***Fotografía 10. Fabrica Riotex, vereda Galicia, Rionegro***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.1.5 Vereda La Quiebra - Marinilla

#### 4.1.5.1 Punto 11. Sector El Ocaso

Esta visita de reconocimiento concluye con la visita al sector El Ocaso en zona rural del municipio de Marinilla en donde fue posible observar algunas de las características biofísicas y sociales de esta zona, entre las que se destaca la vocación agrícola del suelo; este sector se incluye dentro del distrito agrícola del oriente, el cual busca mantener la tradición de siembra como uno de los principales usos del suelo y parte del sustento económico del municipio.

## 4.2 Componente hidrológico

El día 18 de diciembre de 2025 se realizó una salida de campo al tramo de interés del río Negro, durante la cual se visitaron diez (10) puntos representativos del cauce y su planicie adyacente.

Durante el recorrido fue posible identificar procesos erosivos locales, así como analizar la dinámica hidráulica y la morfología del cauce, incluyendo la geometría del río, el grado de sinuosidad y la presencia de formas típicas como pozas y bancos de arena.

Asimismo, se caracterizaron las coberturas presentes tanto en las laderas y llanuras de inundación como en el fondo del cauce, con el objetivo de asignar valores representativos de rugosidad hidráulica (coeficiente de Manning) para la modelación.

En gran parte del tramo evaluado, las llanuras de inundación y márgenes del río presentan una cobertura compuesta principalmente por arbustos bajos y medianos, pequeños árboles dispersos sin follaje, así como pastos cortos, lo cual sugiere valores de rugosidad bajos a moderados.

En cuanto al fondo del cauce, se identificaron tramos limpios y sinuosos, con presencia de pozas y bancos de arena, así como sectores limpios y rectos, caracterizados por un lecho relativamente uniforme y ausencia de charcos profundos. Estas condiciones reflejan una variabilidad espacial en la rugosidad del fondo del río, asociada a cambios en la geometría y dinámica del flujo.

La información recopilada durante la salida de campo permitió establecer criterios técnicos para la asignación diferenciada de rugosidades y para la clasificación morfológica del cauce, insumos fundamentales para el posterior análisis hidráulico del tramo.

En la Tabla 1 se presentan las características geomorfológicas del cauce y las coberturas identificadas en los puntos visitados, junto con los valores de rugosidad, de acuerdo con las condiciones observadas en campo.

*Tabla 1. Puntos de reconocimiento*

| Punto | Latitud | Longitud | Descripción | N manning |
|---|---|---|---|---|
| **P01**  | 6.09501 | -75.4759 | Pequeños árboles y arbustos sin follaje.<br><br>Cauce recto sin charcos profundos, pero con rocas y maleza | Llanuras 0.055<br><br>Cauce 0.035 |
| **P02**  | 6.1045 | -75.4669 | Arbustos medianos a densos.<br><br>Cauce limpio, recto sin charcos profundos | Llanuras 0.08<br><br>Cauce 0.03 |
| **P03**  | 6.1225 | -75.4506 | Pastos cortos<br><br>Cauce limpio, recto sin charcos profundos | Llanuras 0.03<br><br>Cauce 0.03 |

| Punto | Latitud | Longitud | Descripción | N manning |
|---|---|---|---|---|
| **P04**  | 6.1207 | -75.4515 | Margen izquierda con pastos cortos<br><br>Margen derecha con escasos arbustos y pasto abundante.<br><br>Cauce limpio, sinuoso con algunas pozas y bancos de arena | Margen izquierda 0.03<br><br>Margen derecha 0.05<br><br>Cauce 0.04 |
| **P05**  | 6.1382 | -75.4311 | Margen izquierda con pastos cortos<br><br>Margen derecha con terreno despejado con tocones de arboles<br><br>Cauce *limpio, sinuoso con algunas pozas y bancos de arena* | Margen izquierda 0.03<br><br>Margen derecha 0.04<br><br>Cauce 0.04 |
| **P06**  | 6.1483 | -75.3984 | Margen izquierda con pequeños árboles y arbustos sin follaje<br><br>Margen derecha con arbustos medianos a densos | Margen izquierda 0.055<br><br>Margen derecha 0.08<br><br>Cauce 0.045 |

| Punto | Latitud | Longitud | Descripción | N manning |
|---|---|---|---|---|
| | | | Cauce sinuoso con algunas pozas, bancos de arena con rocas y maleza | |
| **P7**  | 6.1453 | -75.3874 | Margen izquierda con escasos arbustos y pasto abundante<br><br>Margen derecha con matorral denso<br><br>Cauce limpio, sinuoso con algunas pozas y bancos de arena | Margen izquierda 0.05<br><br>Margen derecha 0.15<br><br>Cauce 0.04S |
| **P8**  | 6.1519 | -75.3694 | Ambas márgenes con pastos cortos<br><br>Cauce limpio, sinuoso con algunas pozas y bancos de arena | Márgenes 0.03<br><br>Cauce 0.04 |
| **P9** | 6.1724 | -75.3674 | Margen izquierda con pastos cortos<br><br>Margen derecha con arbustos medianos a densos | Margen izquierda 0.03<br><br>Margen derecha 0.08 |

| Punto | Latitud | Longitud | Descripción | N manning |
|---|---|---|---|---|
|  | | | Cauce limpio, sinuoso con algunas pozas y bancos de arena | Cauce 0.04 |
| **P10**<br> | 6.1809 | -75.3609 | Márgenes con pastos cortos<br><br>Cauce limpio, sinuoso con algunas pozas y bancos de arena | Margen izquierda 0.03<br><br>Cauce 0.04 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 4.3 Componente geomorfológico

Durante la salida de reconocimiento realizada el 18 de diciembre del año 2025, desde el componente geomorfológico, y cuyo objetivo era realizar la verificación preliminar a partir de la observación de los ambientes geomorfológicos, unidades geomorfológicas, geoformas y formas del terreno, que han sido descritas y cartografiadas por el mapa geomorfológico a escala 1:100.000 de la plancha 147 -Medellín Oriental (SGC y Universidad EAFIT, 2014), y a escala regional por el POMCA del Río Negro a escala 1:25.000 (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017). El propósito es comprender de forma preliminar el contexto geomorfológico general del área de estudio, en función de los procesos fluviales, denudacionales y estructurales, que han dado origen a la ronda, así mismo reconocer los puntos críticos por eventos identificados a partir de diferentes fuentes de información como el Plan Municipal de Gestión del Riesgo (Alcaldía de Rionegro, 2024), que permitan comprender la dinámica fluvial en función de procesos morfodinámicos actuales y pasados y su relación con los demás ambientes.

Los resultados de la salida de reconocimiento desde el componente geomorfológico se consolida en las fichas de recolección de información por cada punto de observación realizado, y de acuerdo con lo establecido previamente por la metodología propuesta para la salida, para un total de 11 puntos de observación, y finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas de este reconocimiento preliminar por cada uno de los tramos.

POMCA del Río Negro a escala 1:25.000 (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017). El propósito es comprender de forma preliminar el contexto geomorfológico general del área de estudio, en función de los procesos fluviales, denudacionales y estructurales, que han dado origen a la ronda, así mismo reconocer los puntos críticos por eventos identificados a partir de diferentes fuentes de información como el Plan Municipal de Gestión del Riesgo (Alcaldía de Rionegro, 2024), que permitan comprender la dinámica fluvial en función de procesos morfodinámicos actuales y pasados y su relación con los demás ambientes.

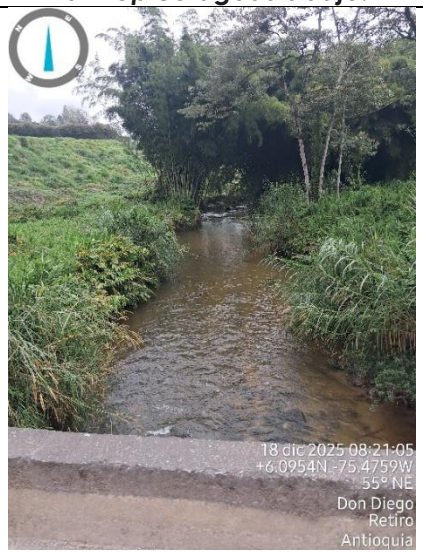
Los resultados de la salida de reconocimiento desde el componente geomorfológico se consolida en las fichas de recolección de información por cada punto de observación realizado, y de acuerdo con lo establecido previamente por la metodología propuesta para la salida, para un total de 11 puntos de observación, y finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas de este reconocimiento preliminar por cada uno de los tramos.

### 4.3.1 Observaciones por tramos y estaciones

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,726,050 | **Municipio Vereda** | El Retiro/Don Diego | **Estación** | PO-1 |
| **Coordenada Y** | 2,232,170 | **Sector** | Puente Mall Puerto Madero | **Tramo preliminar** | Tramo 1: Recto |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Valles intermontanos Forma: Vega (MVV) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales: arenas gruesas y gravas. La cantidad de cantos es secundaria, y los bloques no fueron observados en los depósitos aluviales.<br>**Antrópico:** se observa que la infraestructura del Mall esta sobre un lleno antrópico | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Terraza alta | | | 2. Llenos antrópicos | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Socavación lateral en el sector del puente | | | | |
| **OBSERVACIONES GENERALES:**<br>Es un sector encañonado, con patrón de drenaje recto, en la margen de izquierda del río, se encuentra un nivel de terraza angosto, el escarpe de la terraza tiene aproximadamente 2 metros de altura. Se identificaron varios espolones naturales hechos en madera debajo del puente, y uno antrópico destruido posiblemente por la corriente. | | | | | |

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**
En la interpretación de las terrazas, revisar si puede corresponden a un lleno antrópico de las vías o a la parte final de un depósito de los depósitos de ladera.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

| ***Fotografía 1. Terraza media aguas arriba.*** | ***Fotografía 2. Terraza baja y lleno antrópico aguas abajo.*** | ***Fotografía 3. Espolones destruidos margen derecha.*** |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,727,113 | **Municipio Vereda** | El Retiro/Don Diego | **Estación** | PO-2 |
| **Coordenada Y** | 2,233,149 | **Sector** | Sector La Lorena, Parcelación El herbal | **Tramo preliminar** | Tramo1: Recto |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Valles intermontanos Forma: Vega (MVV) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales: arenas gruesas y gravas. Se observan bloques en el cauce **Antrópico:** La margen derecha esta intervenida por una parcelación con llenos antrópicos. | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Terraza baja | 2. Llenos antrópicos | 3. Depósitos de vertiente. | | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. No se observan | | | | |

**OBSERVACIONES GENERALES:**
Sector fuertemente encañonado, en la margen derecha se identifica una terraza baja muy angosta, pero seguramente es antrópica por la parcelación constituyendo un lleno sobre la terraza. Sobre esta margen a 50 metros se observa la ladera con geoformas de depósitos de vertiente que están siendo intervenidos por la parcelación. En la margen izquierda está asociada a los depósitos de vertiente de la ladera con una franja muy pequeña de terraza baja que deber revisarse. Es posible que el tipo de materiales de tamaño

métricos que lleva la quebrada, pudieron obedecer a dinámicas fluviales antecedentes a la construcción del embalse, demostrando una dinámica torrencial antigua.

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**
Intercalación entre los depósitos de vertiente y las posibles terrazas bajas, las cuales sobre la margen derecha están intervenidas.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

| ***Fotografía 4. Terraza baja con depósitos de vertiente, aguas arriba del río. Se observan bloques métricos en el cauce.*** | ***Fotografía 5. Terraza baja y lleno antrópico de la parcelación EL Herbal, aguas abajo sobre la margen derecha del río.*** |
|---|---|
|  |  |
| ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,728,527 | **Municipio Vereda** | Rionegro/ Tablazito-Guayabito | **Estación** | PO-3 |
| **Coordenada Y** | 2,234,311 | **Sector** | Puente hacia vereda El Tablazito | **Tramo preliminar** | Tramo 1: Recto |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Plano de inundación Forma: Vega (VVV) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales: limos, arenas gruesas y gravas. No se observan cantos en el cauce. | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Terraza baja | | | | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Socavación lateral margen izquierda aguas abajo | | | | |
| **OBSERVACIONES GENERALES:** Corresponde a la última parte del tramo recto, se identifica terrazas bajas un poco más extensas, tanto aguas arriba como aguas abajo con un escarpe de terraza de hasta 1.5 metros de altura y con leves procesos de socavación lateral. | | | | | |

| **CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**<br>En la interpretación se debe revisar en la margen derecha aguas arriba, si hay presencia de un lleno antrópico asociada a la infraestructura de las caballerizas. | | |
|---|---|---|
| **REGISTRO FOTOGRÁFICO:** | | |
| ***Fotografía 6. Terraza baja aguas arriba sobre la margen izquierda.*** | ***Fotografía 7. Terraza baja aguas abajo.*** | ***Fotografía 8. Socavación lateral margen izquierda.*** |
|  |  |  |
| ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,728,862 | **Municipio Vereda** | Rionegro/ | **Estación** | PO-4 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Tablazito | | |
| **Coordenada Y** | 2,234,910 | **Sector** | Avícola Granja La Alborada. | **Tramo preliminar** | Tramo 2: Meándrico |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Plano de inundación Forma: Vega (VVV) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales con granulometría de limos y arenas gruesas. No se observan rocas de tamaño métrico en el cauce.<br>**Antrópico:** se observa un dique antrópico | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Terraza baja, media y alta (escarpes de terraza) | | 2. Bajo de terraza | 2. Dique antrópico | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Socavación lateral asociada a los meandros | | | | |
| **OBSERVACIONES GENERALES:**<br>Corresponde al tramo meándrico, en la planicie se identifican tres niveles de terrazas, sobre la margen izquierda, con escarpe de terraza. Sobre la misma margen en la terraza baja se observan procesos de inundación y encharcamiento que obedecen a un bajo de terraza, así como un dique antrópico para control de inundaciones. Sobre la margen derecha se encuentra un escarpe de terraza y un plano de | | | | | |

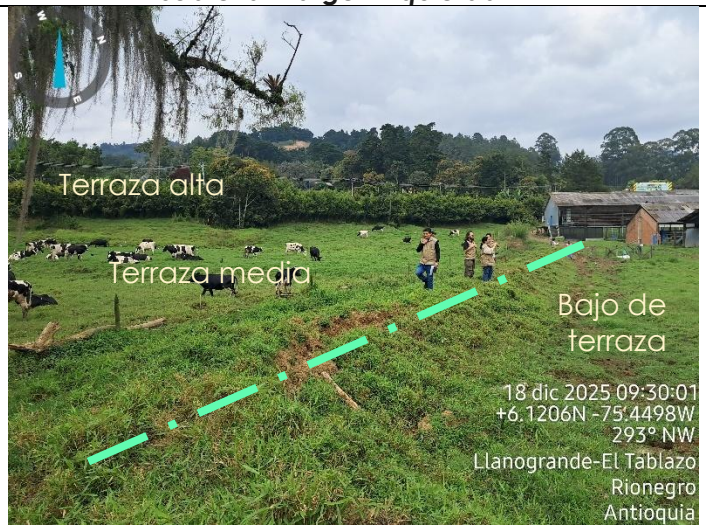
terraza baja; el escarpe es de aproximadamente 1.5 metros con materiales fino tipo arenas, arcillas hasta lodo. Se identifica una dinámica fluvial lenta asociada a las inundaciones periódicas.

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**

En la interpretación de las terrazas, revisar la separación de niveles ya que sobre la margen derecha por información secundaria del POMCA, esta caracterizado un polígono de paisaje de montaña correspondiente a Depósitos heterométricos mixtos coluvio aluviales, con recubrimientos de ceniza volcánica correspondiente a un abanico que se unen a bajos de terraza.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

***Fotografía 9. Terraza media, dique y bajo de terraza baja sobre la margen izquierda***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Fotografía 10. Socavación lateral en la Terraza baja margen derecha.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,731,102 | **Municipio Vereda** | Rionegro/ Tres Puertas | **Estación** | PO-5 |
| **Coordenada Y** | 2,236,856 | **Sector** | Vía El Tablazo - Llanogrande | **Tramo preliminar** | Tramo 2: Meándrico |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Plano de inundación Forma: Vega (VVV) |
| **Material Geológico** | **Antrópico:** material removido asociado al terraplén de la vía y de nuevas superficies de explanación. | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Llenos antrópicos | | | 2. Superficie de explanación | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Actividad antrópica con presencia de zanjones artificiales | | | | |
| | | | | | |

**OBSERVACIONES GENERALES:**
Es una superficie plana asociada a la zona de meandros, no es posible la visual hacia aguas arriba el cuerpo de agua denominado humedal el Tablazo aguas arriba. En la margen derecha e izquierda, agua abajo se observa una alta intervención antrópica con llenos, la vía se encuentra sobre un terraplén y una nueva superficie de explanación con material removido.

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**
En la interpretación es necesario la ubicación de los zodmes asociados a la vía y construcciones nuevas que están generando superficies de explanación nuevas.

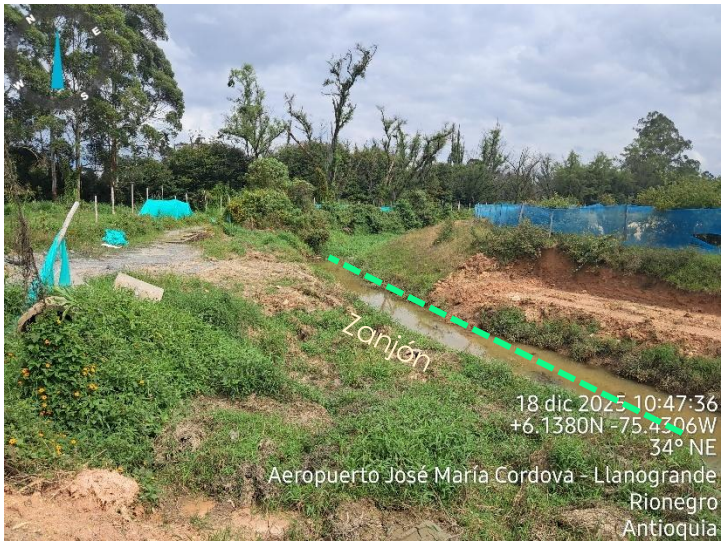
**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

***Fotografía 11. Llenos antrópicos aguas abajo.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Fotografía 12. Zanjones artificiales y superficies de explanación.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,734,591 | **Municipio Vereda** | Rionegro/Zona Urbana | **Estación** | PO-6 |
| **Coordenada Y** | 2,237,718 | **Sector** | Transversal 2 vía El Porvenir, humedal Lotus | **Tramo preliminar** | Tramo 2: Meándrico |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Plano de inundación Forma: Vega (VVV) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales limos, arenas gruesas y gravas.<br>**Antrópico:** llenos antrópicos | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Cubetas de decantación | 2. Cubetas de desborde | 3. diques naturales de desborde y diques modificados | | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1.No se observan | | | | |

**OBSERVACIONES GENERALES:**
Es un sector con un fuerte patrón meándrico conservado, se observan los cuerpos de agua permanentes en las cubetas de decantación y superficies contiguas bajas e inundables correspondientes a las cubetas de desborde. Se encuentran diferentes diques que posiblemente responden a la dinámica del desborde y otros modificados por condiciones antrópicas.
Durante la visita aguas abajo se observó un taponamiento con troncos el cual fue notificado a la oficina de gestión del riesgo de Rionegro.

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**

En la interpretación se debe aplicar la metodología de caracterización geomorfológica para sistemas de humedales, con sensores remotos que permitan diferenciar con la morfometría los diferentes tipos de cubetas y dinámica de un complejo cenagoso. En la zona hay conexión con otros humedales como el de Chipre, el Llanito y Madre vieja.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

| ***Fotografía 13. Cuerpo de agua Humedal Lotus (Cubeta de decantación) margen izquierda aguas abajo.*** | ***Fotografía 14. Cubeta de desborde asociado al humedal Lotus.*** | ***Fotografía 15. Diques de desborde modificados.*** |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,735,859 | **Municipio Vereda** | Rionegro/Zona Urbana | **Estación** | PO-7 |
| **Coordenada Y** | 2,237,693 | **Sector** | Barrio El Porvenir, Piscina Olímpica IMER | **Tramo preliminar** | Tramo 2: meándrico |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Plano de inundación Forma: Vega (VVV) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales: lodos, arenas gruesas y gravas. | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Terraza baja | 2. terraplenes | 3.cubetas de desborde | 4. Diques de desborde | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Socavación lateral asociada a la dinámica meándrica | | | | |
| **OBSERVACIONES GENERALES:**<br>Es un sector donde se destacan los meandros, los cuales están asociados al mismo parque lineal existente. La presencia de una terraza baja inundable angosta, con un escarpe que no supera los 80 cm de altura y la presencia de diques de desborde y cubetas de desborde. Un paisaje marcado por la dinámica antrópica de terraplenes asociados a las vías de la zona urbana de Rionegro. | | | | | |
| | | | | | |

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**

En la interpretación se debe aplicar la metodología de caracterización geomorfológica para sistemas de humedales, con sensores remotos que permitan diferenciar con la morfometría los diferentes tipos de cubetas y dinámica de un complejo cenagoso. En la zona hay conexión con otros humedales como el de Lotus, el Llanito y Madre vieja. Revisar caños que conectan el complejo hay mucha intervención antrópica.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

| ***Fotografía 16. Terraza baja, ambas márgenes, aguas abajo.*** | ***Fotografía 17. Cubeta de desborde, margen izquierda. Observe cambio de vegetación.*** | ***Fotografía 18.. Espolones margen derecha.*** |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,737,888 | **Municipio Vereda** | Rionegro/Zona Urbana | **Estación** | PO-8 |
| **Coordenada Y** | 2,238,407 | **Sector** | Barrio Las Playas, Carrera 46, zona Centro | **Tramo preliminar** | Tramo 3: antrópico-rectificado |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Zona Urbana (ZU) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales: arenas gruesas y gravas. Se observan cantos ínsitu en el cauce del río<br>**Antrópico:** llenos antrópicos | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Terraza baja | | | 2. Llenos antrópicos | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Socavación lateral asociada al patrón meándrico. | | | | |

**OBSERVACIONES GENERALES:**

La planicie aluvial presenta modificaciones asociadas al intercambio vial, el río parece presentar rectificación desde la parte más alta, se encuentra material de roca en el lecho del río in situ. La terraza baja presenta taludes verticales muy diferenciados que alcanzar un metro de altura. Se identificó un afluente que baja de

la zona del parqueadero, y la presencia de un limnímetro diseñado e instalado por el municipio, sobre una pared aguas abajo del punto de observación y sobre una de las pocas curvas conservada del meandro.

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**

En la interpretación revisar desde la dinámica de los procesos y la geología las causas de la rectificación del río si es de orden antrópico asociado al intercambio vial y o hay alguna relación con el tipo de material o estructuras geológicas del batolito antioqueño.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

| ***Fotografía 19. Terrazas bajas y llenos antrópicos aguas arriba del PO-6*** | ***Fotografía 20. Rocas in situ en el cauce del río, aguas abajo del PO-6*** | ***Fotografía 21. Limnímetro margen izquierda aguas abajo del PO-6*** |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** | ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,738,068 | **Municipio Vereda** | Rionegro/Zona Urbana | **Estación** | PO-9 |
| **Coordenada Y** | 2,240,657 | **Sector** | Centro Camionero, bomba Primax; autopista | **Tramo preliminar** | Tramo 4: antrópico-con patrón meándrico |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Valles intermontanos Forma: Vega (MVV) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales: arenas gruesas y gravas.<br>**Antrópico:** lleno antrópico | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Terraza baja | | | 2. Llenos antrópicos | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Socavación lateral asociada al patrón meándrico. | | | | |
| | | | | | |

**OBSERVACIONES GENERALES:**

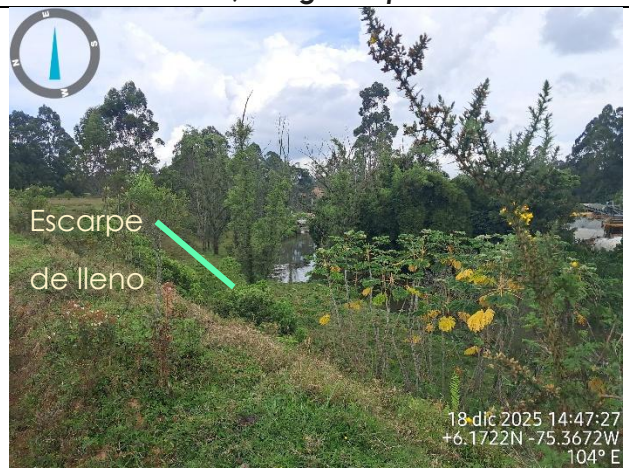
Es un sector, que se encuentra por fuera de la zona urbana y cerca de la autopista con alta intervención industrial de talleres, zonas de almacenamiento y canteras. Se aprecia el patrón meándrico, pero no hay presencia de cubetas de decantación ni de desborde, solo terrazas bajas con escarpe de terraza menor a un metro. Son importantes los llenos para la ubicación industrial, y estos pueden alcanzar hasta los 15 metros de altura.

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**

En la interpretación es importante revisar si es posible con la información histórica los relieves preexistentes antes de los llenos, ya que el POMCA, hacia la zona NW, de la zona reporta terrazas altas.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

***Fotografía 22. Lleno antrópico con escarpe de 15 metros, margen izquierda.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Fotografía 23. Terraza baja y lleno antrópico aguas abajo.***

.




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Nota:*** *Jenny Machado. Líder componente Geomorfológico.*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,738,583 | **Municipio Vereda** | Rionegro/Zona Urbana | **Estación** | PO-10 |
| **Coordenada Y** | 2,241,546 | **Sector** | Riotex, desembocadura Q. La Mosca | **Tramo preliminar** | Tramo 4: antrópico-con patrón meándrico |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Fluvial | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Plano o llanura de inundación (Fpi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Planicie aluvial (Pa) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Valles Forma: Bajo de terraza nivel inferior (VTI) |
| **Material Geológico** | **Depósitos:** aluviales: lodos, arenas gruesas y gravas. | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Terraza baja | | | | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Socavación lateral asociada al patrón meándrico. | | | | |
| **OBSERVACIONES GENERALES:** | | | | | |

| |
|---|
| Corresponde a la zona de la confluencia de La quebrada la Mosca al Río Negro, se identifica una terraza baja inundable con un escarpe aproximadamente un metro. Por información de la comunidad, el año 2024, la zona se inundó y alcanzo la portería de Riotex. |
| **CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**<br>En la interpretación se debe revisar la ronda hídrica de la quebrada la Mosca y revisar las formas y componentes del terreno identificadas. |
| **REGISTRO FOTOGRÁFICO:** |
| ***Fotografía 24**. Terraza media aguas arriba.* |
|  |
| ***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.*** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coordenada x** | 4,740,699 | **Municipio Vereda** | Rionegro/La Quiebra | **Estación** | PO-11 |
| **Coordenada Y** | 2,244,203 | **Sector** | El Ocaso | **Tramo preliminar** | Tramo 5: Patrón Meándrico |
| **Ambiente SGC 1:100.000** | Denudacional | | **Unidad Geomorfológica SGC 1:100.000** | Lomeríos disectados (Dldi) | |
| **Geoforma POMCA - SGC** | Superficie de erosión II- nivel del río negro (SEII-ri) | | | **Forma del Terreno POMCA - IGAC** | Lomas y colinas Forma: Ladera (LCL) |
| **Material Geológico** | **Suelos:** suelo residual del Batolito Antioqueño | | | | |
| **Forma observada en Campo** | 1. Lomeríos | | | | |
| **Procesos morfodinámicos** | 1. Proceso de socavación lateral | | | | |

**OBSERVACIONES GENERALES:**
Es una visual que se logró hacer para tener una vista de la zona desde el sistema de lomeríos que circunscribe el tramo meándrico. Se pudo identificar un proceso erosivo que seguramente está asociado a una socavación del río en la margen derecha.

**CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA PARA LA INTERPRETACIÓN:**

En la interpretación se debe revisar nuevas visuales desde otras vías para poder acceder al ambiente fluvial y verificar los procesos erosivos.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO:**

***Fotografía 25. Sistema de lomeríos que circunscribe el tamo 5.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.3.2 Conclusiones.

Se identifica en el tramo 1, denominado como tramo recto entre los Puntos de Observación 1 al 3, que presentó condiciones antiguas de torrencialidad que no se evidencian en la granulometría de las terrazas angostas actuales, sino en el tamaño del material aluvial de orden métrico observado en el cauce, y que posiblemente obedecen a la dinámica del río antes de la construcción del embalse de la Fe. En este tramo se encuentran terrazas medias y bajas con escarpes de 1.5 a 2 metros de altura en un sector encañonado, e intercaladas con material de llenos antrópicos y depósitos de vertiente de las laderas, con algunos procesos leves de socavación lateral.

El tramo 2, entre los Puntos de Observación 4 y 7, corresponde al patrón meándrico del río, el cual se caracteriza por la presencia de cuerpos de agua permanente, reconocidos como humedales, y asociados a las cubetas de decantación, también se observan las cubetas de desborde con presencia de agua temporal. Relacionado a esta dinámica cenagosa, se observan los diques de desborde, algunos naturales, pero otros con modificaciones antrópicas, donde se observa un proceso de pérdida de los complejos de humedales, con llenos antrópicos generados por los Zodmes de las vías, y los mismos terraplenes, pero también modificados con material que se agrega a las cubetas y luego se generan nuevas superficies de explanación para la construcción de viviendas. Se define la necesidad de revisar la metodología para la delimitación de humedales e integrarla a esta interpretación.

El tramo 3, observado en el PO-8, presenta un cambio en la dinámica meándrica del río observándose tramos rectificados, con presencia de terrazas bajas, escarpe de terraza que no supera el metro de altura, y con presencia de rocas in situ en el cauce del río. Presencia de algunas curvas de los meandros conservados, pero con alta intervención antrópica, ya que corresponde a la zona céntrica de la malla urbana del municipio de Rionegro. Con un análisis de la dinámica de población se revisará el origen de la rectificación para definir si obedece principalmente a las modificaciones antrópicas, o si posiblemente exista algún factor natural que propicio la intervención. Desde el municipio es una zona de riesgo ya que cuenta con un limnímetro diseñado e instalado por el mismo municipio.

Con relación al tramo 4, en los puntos de observación 9 y 10, se identifica la presencia de actividades antrópicas asociadas a la zona industrial y a la autopista Medellín – Bogotá, con la presencia de llenos, terraplenes y zodmes con diferentes dimensiones y alturas que modificaron el relieve preexistente, y el patrón meándrico que tienen el río. No hay presencia de cuerpos de agua permanentes asociados al complejo de humedales observado en el tramo 2, y se encuentran formas de terrenos de terrazas bajas con escarpe de terraza menores a un metro. Para considerar en la interpretación del cauce permanente es necesario revisar los niveles de terraza en la zona,

considerando que por información secundaria del POMCA, se cartografían otros niveles de terraza de nivel superior.

Finalmente, el Tramo 5, observado desde la visual del Punto de Observación 11, se puede identificar el patrón meándrico y la presencia de procesos erosivos asociados a socavación lateral que detonaron desplomes del suelo residual de las laderas de las colinas. La visual indica la necesidad de acceder a la zona por otras vías para caracterizar el ambiente fluvial en la salida de campo para caracterizar el cauce permanente.

## 4.4 Componente ecosistémico

### 4.4.1 Estación 01: Puente Mall Madero

Ubicado en la vereda Don Diego, del municipio de El Retiro, con influencia de la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo, ver Figura 2. Alrededor del punto se observa alta intervención antrópica, con espacios en pastos que actualmente están en proceso de transición hacía una plantación forestal, en el momento se está haciendo la siembra de pino patula (*Pinus patula*).

***Figura 2. Ubicación Estación 01: Puente Mall Madero***




***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

Tiene influencia de la vía Don Diego – La Ceja, lo que representa al otro costado infraestructura de servicios y comercio.

En este punto se observa una alta presión por la fragmentación predial, con predominio de especies introducida y comerciales entre ellas eucalipto (*Eucaliptus sp*.), alrededor de la fuente se tiene presencia de Guadua (*Guadua angustifolia*). A continuación, una muestra de lo observado en el sitio, ver Fotografía 26.

En cuanto a las coberturas terrestres se tiene un tejido urbano discontinuo, asociado a parcelaciones, pastos limpios asociados a las mismas, plantación forestal y Red vial, ferroviaria y terrenos asociados, lo que evidencia una alta presión sobre la ronda hídrica.

***Fotografía 26. Características de la Estación 01: Puente Mall Madero***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.4.2 Estación 02: Sector La Lorena, Parcelación El Herbal

Ubicado entre las veredas Don Diego, del municipio de El Retiro y Guayabito del municipio de Rionegro, con influencia de la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo. Alrededor del punto se observa alta intervención antrópica, con predominio de fincas de recreo, cultivos en invernadero y presencia de pastos limpios asociados a las fincas.

No hay presencia de coberturas vegetales asociadas a Bosques y áreas seminaturales, solo especies arbóreas aisladas y en los límites de los predios predomina el bambú (*Bambusa vulgaris)*. Se observa alta densidad de Red vial, ferroviaria y terrenos asociados.

***Figura 3. Estación 02: Sector La Lorena, Parcelación El Herbal***




***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

No hay un vegetación de ribera como tal en las márgenes del Río, se observa Guadua (*Guadua angustifolia*), y otras especies arbustivas, se observan muros de contención en las orillas. En los cercas vivas para dividir los predios predomina el bambú (*Bambusa vulgaris)y el eugenio (Syzygium paniculatum), esto de alguna manera da la sensación de tener una buena cobertura vegetal, pero son arreglos homogéneos que no aportan mucho a la diversidad y la oferta para la fauna, ver* Fotografía 27.

***Fotografía 27. Características Estación 02: Sector La Lorena, Parcelación El Herbal***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.4.3 Estación 03: Puente hacia vereda El Tablacito

Ubicado entre las veredas Don Diego, del municipio de El Retiro y Guayabito del municipio de Rionegro, con influencia de la zona de vida de bosque húmedo montano bajo, ver Figura 4. Alrededor del punto se observa alta intervención antrópica, con predominio de pastos limpios para la ganadería extensiva, con presencia de plantaciones de eucalipto (*Eucaliptus sp*), no se observa una franja de vegetación natural en la ribera del Río, por el contrario, los pastos y las plantaciones, llegan hasta el talud que conforma el cauce, ver Fotografía 28.

***Fotografía 28. Estación 03: Puente hacia vereda El Tablacito***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 4. Estación 03: Puente hacia vereda El Tablacito***



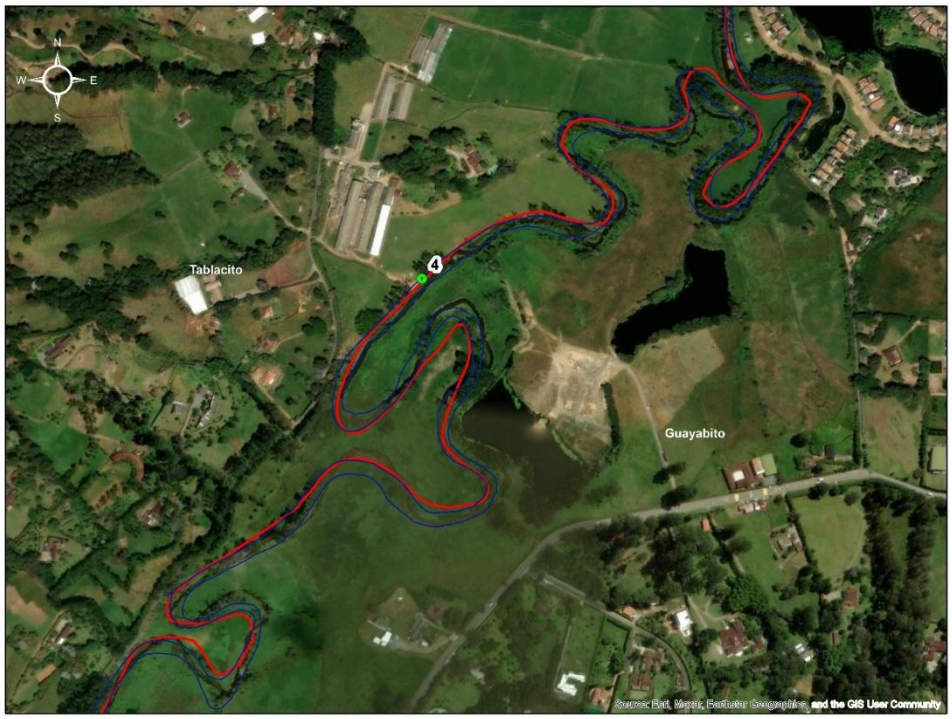

***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

### 4.4.4 Estación 04: Avícola Granja La Alborada.

Ubicada en la vereda Tablacito, en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo, ver Figura 5. Allí se puede ver la fuerte presión por usos pecuarios a gran escala como son las avícola y la ganadería extensiva, usos en los cuales no se guardan los retiros a las fuentes hídricas. No hay presencia de cobertura con función riaparia, predomina la especie, sauce (*Salix babylonica*), pero se le observa con regulares condiciones fitosanitarias.

En las zonas aledañas a esta estación se presentan cuerpos de agua que se deben analizar integralmente al momento de la definición de la envolvente que definirá la ronda hídrica.

***Figura 5. Estación 04: Avícola Granja La Alborada.***




***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

***Fotografía 29. Estación 04: Avícola Granja La Alborada.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.4.5 Estación 05: Vía El Tablazo - Llanogrande

Ubicada en la vereda Tres Puertas, en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo, ver Figura 6. Allí se puede ver la fuerte presión urbanística y cultivos de flores, además de las obras de infraestructura vial, de doble calzada para conexión con el túnel de oriente y el aeropuerto José Maria Cordova.

No hay presencia de cobertura con función riparia, predomina la especie, sauce (*Salix babylonica*) y Eucalipto (*Eucaliptus sp*.). Al momento del recorrido se observa la conformación de llenos alrededor de la fuente hídrica. La cobertura terrestre predominantes son los pastos, ver Fotografía 30.

En las zonas aledañas a esta estación se presentan cuerpos de agua que se deben analizar integralmente al momento de la definición de la envolvente que definirá la ronda hídrica.

***Figura 6. Estación 05: Vía El Tablazo - Llanogrande***




***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

Fotografía 30. Estación 05: Vía El Tablazo – Llanogrande



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.4.6 Estación 06: Transversal 2 vía El Porvenir, humedal Lotus

Ubicada entre las veredas Barro Blanco y Chipre, en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo, ver Figura 7. Allí se puede ver la fuerte presión urbanística de todo el sector de Barro Blanco y se puede ver en la figura precitada como se proyectan más construcciones alrededor, pues se han conformado nuevos terrenos para ello.

No hay presencia de cobertura con función riparia, predomina la especie, Eucalipto (*Eucaliptus sp*.), ciprés (*Cupressus lusitanica*) y el eugenio (*Syzygium paniculatum)*. Al momento del recorrido se observa la conformación de llenos alrededor de la fuente hídrica. La cobertura terrestre predominantes son los pastos.

En las zonas aledañas a esta estación se presentan cuerpos de agua que se deben analizar integralmente al momento de la definición de la envolvente que definirá la ronda hídrica.

***Fotografía 31. Estación 06: Transversal 2 vía El Porvenir, humedal Lotus***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

*Figura 7. Estación 06: Transversal 2 vía El Porvenir, humedal Lotus*




*Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)*

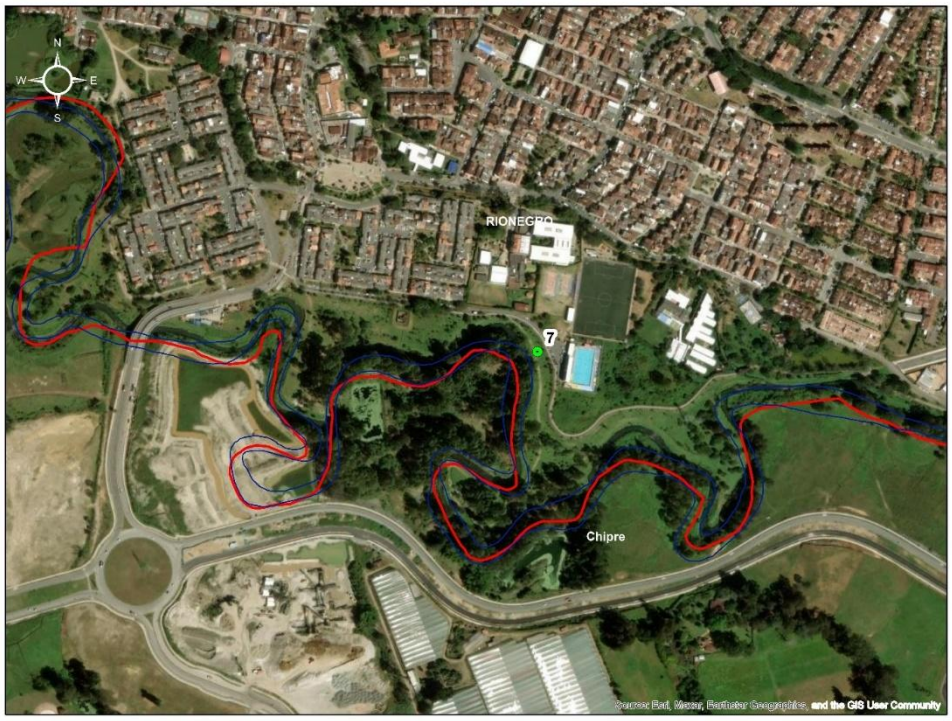
### 4.4.7 Estación 07: Barrio El Porvenir, Piscina Olímpica IMER

Ubicada entre el barrio El Porvenir, en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo, ver Figura 8. Si bien allí se observa alrededor un desarrollo urbanístico considerable, es importante resaltar la conservación de una franja del río, que actualmente presenta un enriquecimiento con diversas especies, de amplio uso en contextos urbanos.

En el recorrido se observó algunos usos inadecuado para estas áreas es el caso de un carreteable sin pavimento, que llega a una zona, donde hay extracción de material de forma artesanal, se observa construcciones informales y acumulación de sacos con material, lo que puede tener impactos a futuro, ver Fotografía 32.

Por otra parte, se observan líneas de alta de tensión con lo que se debe tener cuidado al momento de implantar arreglos florísticos, para evitar el impacto de las líneas con la cobertura terrestres y generar riesgos.

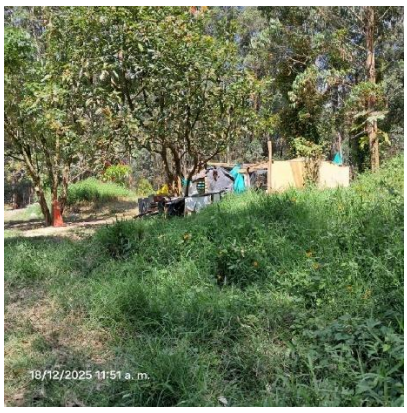
***Figura 8. Estación 07: Barrio El Porvenir, Piscina Olímpica IMER***




***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

***Fotografía 32. Estación 07: Barrio El Porvenir, Piscina Olímpica IMER***









***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Esta área se debe evaluar desde la articulación de la estructura ecológica principal y el espacio público, donde se pueda generar una sinergia entre ambos sistemas del Plan de Ordenamiento Territorial, que permita generar acciones que contribuyan a mejorar los indicadores, de espacio público y zonas verdes a la vez que se potencializan servicios ecosistémicos asociados a recurso hídrico y las zonas verdes urbanas.

### 4.4.8 Estación 08: Barrio Las Playas, Carrera 46, zona Centro

Ubicada entre el barrio Santa Ana al frente del sector denominado Las Playas, en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo, ver Figura 9. Se encuentra al interior de suelo urbano en pleno centro del municipio, sin embargo, es de resaltar que aún se conserva una franja del río, que actualmente presenta un enriquecimiento con diversas especies, de amplio uso en contextos urbanos y amplias zonas en pastos que en un futuro pueden recibir enriquecimientos.

***Figura 9. Estación 08: Barrio Las Playas, Carrera 46, zona Centro***




***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

El área está rodeada de una alta densidad vial, algunas de ellas con alto tráfico vehicular, con una cobertura de zonas verdes urbanas asociadas a pastos con árboles aislados, donde predomina el sauce(*Salix babylonica*), ver Fotografía 33. Los cuales presentan regular estado fitosanitario.

***Fotografía 33. Estación 08: Barrio Las Playas, Carrera 46, zona Centro***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.4.9 Estación 09: Centro Camionero, bomba Primax; autopista

Ubicada entre la vereda La laja, en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo, ver Figura 10. En esta área se observa un pasto sin manejo, pero con ganadería, al otro costado de la fuente hídrica, una procesadora de materiales, es evidente que se ha salido de la zona urbana, pero no deja de estar presente la fuerte presión urbanística, pero ya con una un uso más impactante como lo es el industrial.

Siguen predominando especies introducidas como el eucalipto (*Eucaliptus sp.*),y se observan especies arbustivas como el chilco (*Baccharis latifolia*) y en los bordes del talud del cauce se observa caña brava (*Tripsacum laxum), igualmente* Guadua (*Guadua angustifolia*).

***Figura 10. Estación 09: Centro Camionero, bomba Primax; autopista***




***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

***Fotografía 34. Estación 09: Centro Camionero, bomba Primax; autopista***

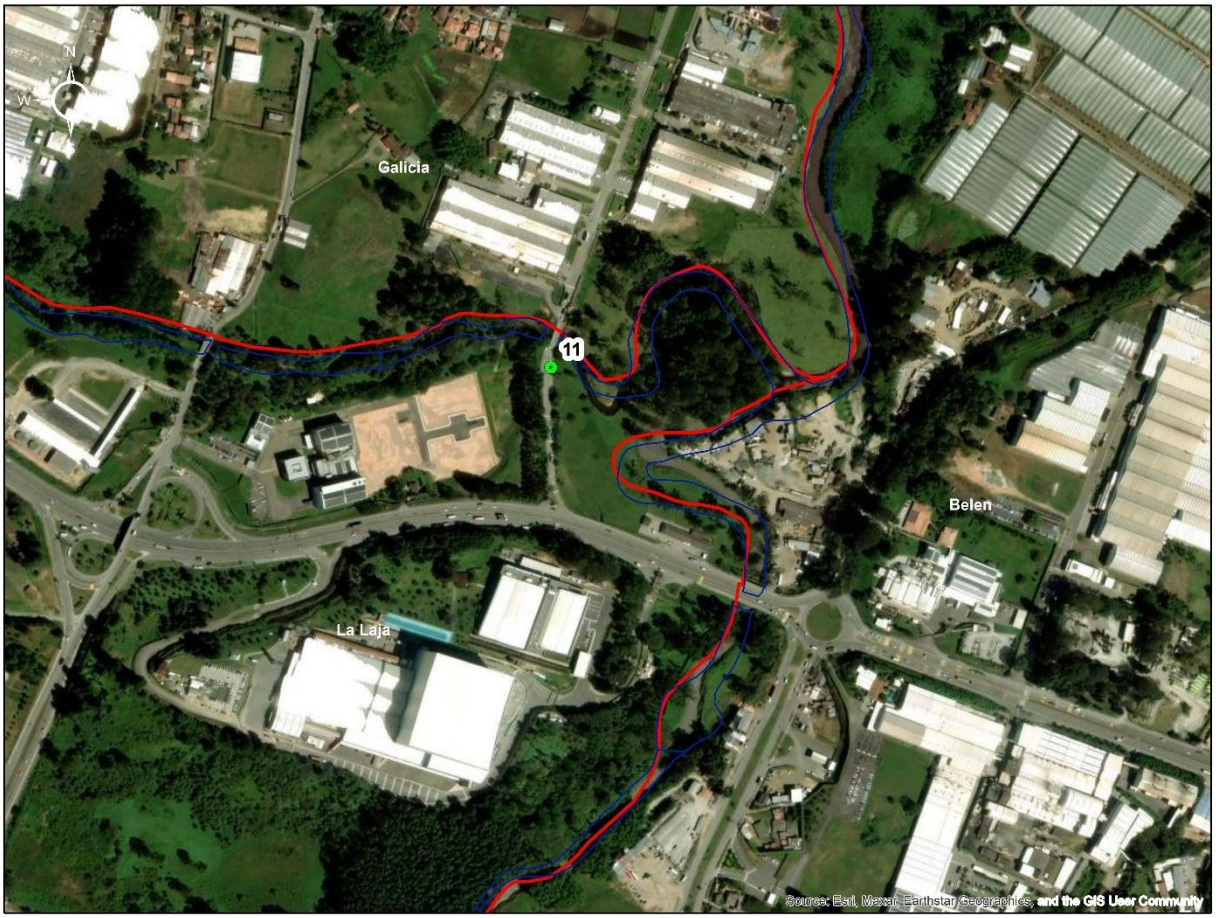



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 4.4.10 Estación 10: Riotex, desembocadura Q. La Mosca

Ubicada en la vereda La laja, en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo, ver Figura 11. En esta área se observe como cobertura predominantes el pasto con presencia de ganadería, en todo el retiro hidrológico.

***Figura 11. Estación 10: Riotex, desembocadura Q. La Mosca***




***Fuente: Elaboración Propia con base en POMCA Río Negro (2006) & Google Earth (2025)***

Área predominantemente industrial, seguida de una lata fragmentación predial para uso residencial o segunda residencia, no se observa cobertura vegetal natural, asociada a Bosques ni vegetación riparia, se observa presencia de especies introducidas como el eucalipto (*Eucaliptus sp*.), y sigue predominando la presencia de la especie sauce(*Salix*

*babylonica*) ejemplares que se observan en regulares condiciones fitosanitarias, tal como se observa en la Fotografía 35.

***Fotografía 35. Estación 10: Riotex, desembocadura Q. La Mosca***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

# 5. COMPONENTE HIDROLÓGICO

La hidrología de la cuenca tiene como objetivo estudiar y analizar las relaciones lluvia–escorrentía a escala de evento en la cuenca del río Negro, abarcando aproximadamente 41,3 km del cauce principal, desde el sector conocido como Don Diego, ubicado aguas abajo del vertedero del embalse La Fe en el municipio de El Retiro, hasta la vereda El Socorro en el municipio de Marinilla. A partir de este análisis se busca estimar el régimen de caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno en diversos puntos del eje del río, mediante el uso de modelación hidrológica. El estudio contempla tanto condiciones estacionarias como condiciones no estacionarias asociadas al cambio climático, con el fin de evaluar posibles variaciones en la respuesta hidrológica de la cuenca frente a escenarios climáticos futuros.

Para el análisis hidrológico del tramo de estudio, cuyo inicio se localiza después del vertedero del embalse La Fe en el municipio de El Retiro y cuyo cierre se define en la vereda El Socorro, municipio de Marinilla, se consideran tres grupos de actividades: la caracterización morfométrica, la caracterización y modelación hidrológica, y la modelación hidráulica. La caracterización morfométrica tiene como propósito la delimitación de la cuenca de interés y de sus subcuencas componentes, con el fin de definir las unidades de análisis requeridas para el proyecto y obtener los parámetros físicos que permiten describir el comportamiento hidrológico del sistema. Desde este enfoque, se consideran como parámetros fundamentales el tiempo de concentración y el número de curva.

El tiempo de concentración se utiliza para representar, de manera promedio, los tiempos de viaje de la precipitación transformada en escorrentía desde las zonas altas de la cuenca y subcuencas hasta sus puntos de descarga, y además sirve como referencia para la definición de la duración de los eventos de precipitación de diseño necesarios para la generación de caudales máximos asociados a distintos períodos de retorno. Por su parte, el número de curva es un parámetro adimensional definido por el Soil Conservation Service (SCS) que permite representar las pérdidas hidrológicas del sistema, es decir, la fracción de la precipitación que no se convierte en escorrentía superficial debido a procesos de infiltración, almacenamiento y retención inicial.

El grupo de actividades asociado con la caracterización hidrológica se orienta a la evaluación del comportamiento del ciclo hidrológico, particularmente de los procesos de transformación de la lluvia en escorrentía superficial dentro de la cuenca del río Negro. Este análisis inicia con el manejo y procesamiento de la información hidrometeorológica, específicamente de las variables de precipitación y niveles del río Negro. Para ello, se emplean dos conjuntos principales de información: los datos observados provenientes de estaciones limnigráficas operadas por el IDEAM y las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF), tanto estacionarias como no estacionarias, desarrolladas para la zona por CORNARE y la Universidad de Antioquia, las cuales se

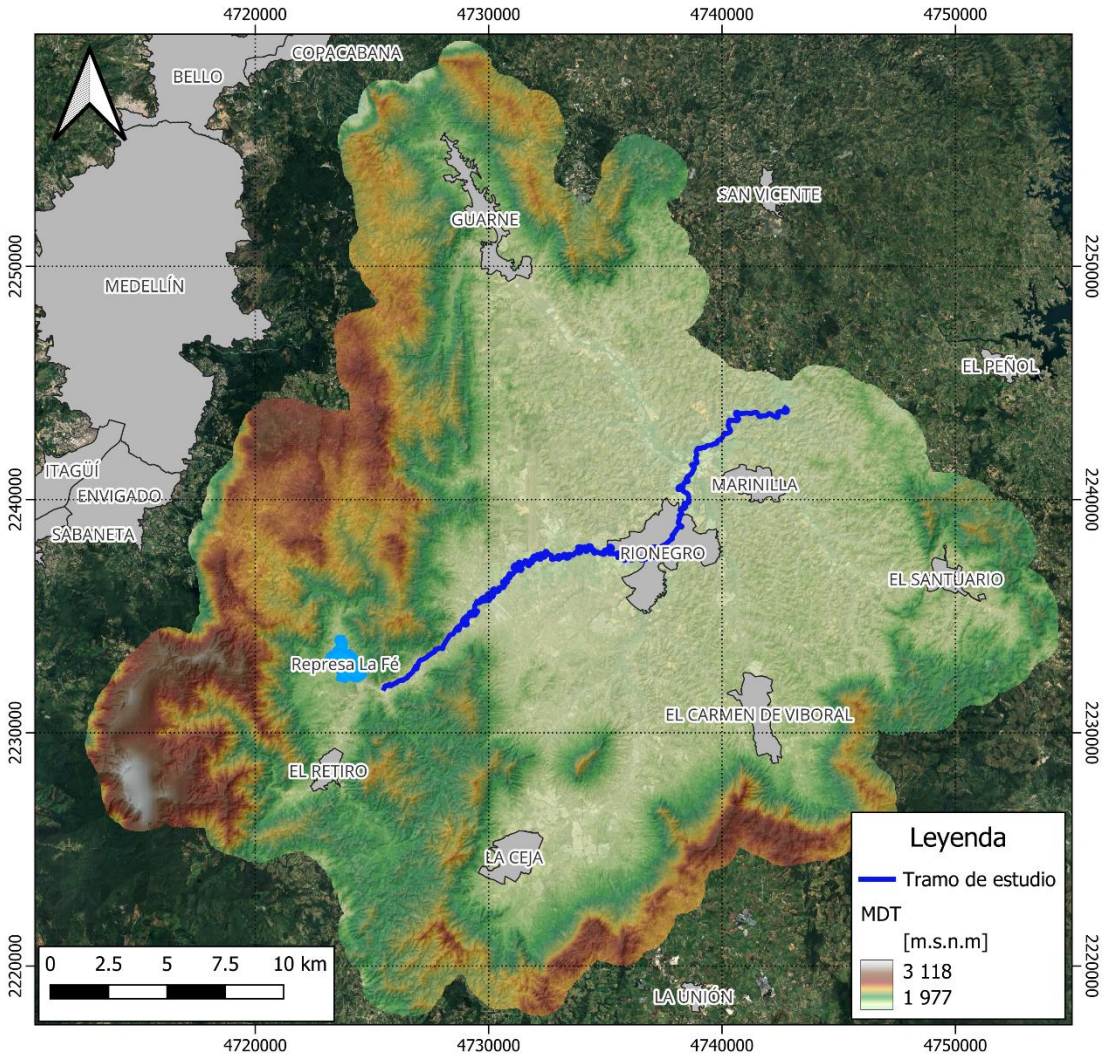
utilizan para la estimación de precipitaciones de diseño asociadas a períodos de retorno comprendidos entre 2 y 100 años. Con base en esta información se desarrolla la modelación hidrológica orientada a la generación de hidrogramas de diseño y a la estimación de caudales máximos, los cuales constituyen el insumo principal para la modelación hidráulica.

La modelación hidráulica se utiliza para simular el comportamiento del flujo a lo largo del cauce y su interacción con las llanuras de inundación, permitiendo estimar niveles de agua, velocidades, tiempos de viaje de las crecientes y la extensión espacial de las áreas inundables para los diferentes escenarios de caudal analizados. Estos resultados constituyen la base técnica para la delimitación del componente hidrológico de la ronda hídrica, de conformidad con los lineamientos establecidos en la guía metodológica del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En este contexto, la modelación hidráulica permite identificar las zonas naturalmente ocupadas por el río durante eventos de creciente, incluyendo el cauce activo y las áreas adyacentes que participan en la conducción y almacenamiento de las avenidas, garantizando que la delimitación de la ronda hídrica refleje de manera objetiva el comportamiento real del sistema fluvial bajo condiciones de creciente.

## 5.1 Información Cartográfica

La información cartográfica utilizada para el análisis morfométrico se generó con sistemas de Información Geográfica SIG (QGis). Para la estimación de los parámetros morfométricos, se usó el modelo digital del terreno proporcionado por CORNARE, el cual representa las elevaciones de la cuenca del río Negro, cuya ubicación geográfica se encuentra definida por coordenadas (x, y), a las que se integran valores (z) que representan la elevación de cada uno de los puntos de la cuadrícula. Los puntos se encuentran espaciados y distribuidos de forma regular, con una resolución espacial de 1 metro, lo cual permite trabajar con información de alta precisión (ver Figura 12).

***Figura 12. Modelo de elevación digital de la cuenca del río Negro.***



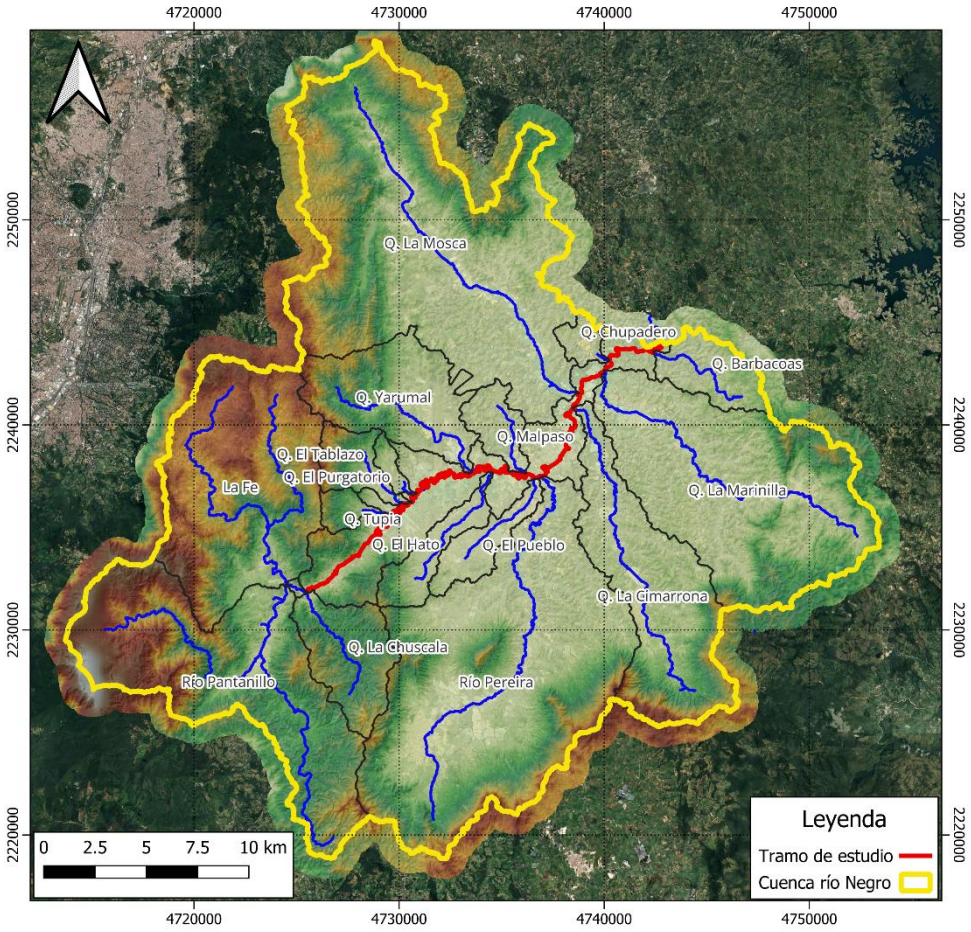

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 5.2 Delimitación de la cuenca y subcuencas

La delimitación de la cuenca se realizó a partir de la información contenida en el modelo digital del terreno, el cual permitió identificar y orientar el trazado de los afluentes principales del río, así como su correspondiente toponimia. Con base en esta información, se procedió a la definición de los puntos de salida y de las divisorias de aguas, utilizando el modelo de elevación del terreno suministrado por CORNARE.

Como resultado de este proceso, se delimitó la cuenca del río Negro, estableciendo como punto de cierre la vereda El Socorro, en el municipio de Marinilla. Adicionalmente, se delimitaron las subcuencas que tributan de manera directa al río Negro dentro del tramo de estudio (ver Figura 13), las cuales constituyen las unidades básicas de análisis para el desarrollo de la caracterización morfométrica y la posterior modelación hidrológica e hidráulica.

***Figura 13. Cuenca del río negro y subcuencas de interés al tramo de estudio.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 5.3 Parámetros morfométricos de las cuencas de interés

En un estudio hidrológico resulta fundamental la adecuada estimación de las características asociadas a la forma y al relieve de las cuencas que hacen parte del área de influencia del tramo de estudio, ya que estas condicionan de manera directa

la respuesta hidrológica del sistema. De igual forma, se analizan las relaciones y parámetros que permiten comprender el comportamiento hidrológico de cada cuenca y de la red de drenaje que las conforma.

Los resultados obtenidos constituyen insumos esenciales para el desarrollo de los estudios hidrológicos, hidráulicos y de gestión del riesgo asociados a inundaciones rápidas y avenidas torrenciales. De esta manera, se dispone de los elementos de análisis necesarios para evaluar, entre otros, los siguientes aspectos: la estimación de caudales asociados a eventos extremos para diferentes períodos de retorno (2.33; 15 y 100 años); el comportamiento hidráulico del cauce natural frente a la conducción de caudales extremos; la determinación de los niveles de la lámina de agua en superficie libre; la identificación de zonas con potencial de inundación; la definición de obras de protección y manejo de riberas; y la zonificación e identificación de áreas con potencial de amenaza, vulnerabilidad y riesgo asociados a inundaciones rápidas.

### 5.3.1 Características Relativas a la Forma de la Cuenca

Los parámetros que describen las características físicas de la cuenca y de sus respectivas subcuencas corresponden a variables morfométricas fundamentales para la comprensión de su comportamiento hidrológico. Entre estos se encuentra el área de drenaje (A), definida como la proyección en un plano horizontal de la superficie total delimitada por la divisoria de aguas. El perímetro de la cuenca (P) corresponde a la longitud de dicha divisoria, igualmente proyectada en un plano horizontal.

La longitud de la cuenca (Lc) se define como la distancia horizontal en línea recta entre el punto de salida de la cuenca y el punto más alejado dentro de esta, y constituye un parámetro clave para la estimación de los tiempos de respuesta hidrológica. A partir del área y la longitud de la cuenca se define el ancho medio de la cuenca (W), calculado como la relación entre el área de drenaje y la longitud de la cuenca.

Adicionalmente, se considera la longitud del cauce principal (Lcp), entendida como la distancia medida a lo largo del eje de la corriente principal de cada microcuenca, y la longitud del cauce principal hasta la divisoria (Lw), que corresponde a la distancia horizontal medida desde el punto de salida de la cuenca hasta el punto en el cual la proyección del cauce principal intercepta el límite de la cuenca.

Finalmente, se determinan las coordenadas X e Y del centroide de cada microcuenca, expresadas en coordenadas planas bajo el sistema de referencia MAGNA–SIRGAS, Colombia. Estas coordenadas representan el punto donde se concentra el área de la cuenca, asumiéndose como el centro geométrico de la cuenca proyectada en un plano horizontal.

### 5.3.2 Parámetros relativos al relieve

- **Pendiente media de la cuenca, $S_m$ (%)**: La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca. Su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión, mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

  La pendiente de la cuenca se estima con base en el modelo de elevación digital, empleando el método de Alvord, el cual, divide la cuenca en franjas altitudinales y pondera la pendiente hallada para cada franja en función de su área:

$$S_m = \frac{L * D}{A} \quad (1)$$

  Donde D es la diferencia entre las curvas de nivel, L es la longitud total de las curvas de nivel y A es el área de la cuenca.

- **Pendiente media del cauce principal, S (%),** es calculado mediante la herramienta estadística zonal del software QGIS, la cual emplea el trazado del cauce principal y el mapa de pendientes estimado como base, calculando el promedio de cada uno de los pixeles que atraviesa el cauce principal.
- **Cota mayor de la cuenca, $H_{CM}$ (msnm)** es la cota de mayor altura sobre la divisoria de la cuenca.
- **Cota menor de la cuenca, $H_{cm}$ (msnm)** es la cota de menor altura sobre la divisoria de la cuenca. Este valor coincide con la salida del río en el punto de interés.
- **Cota mayor del cauce principal $H_M$(msnm)** es la mayor altura del trazado del cauce principal.
- **Cota menor del cauce principal, $H_m$ (msnm)** es la cota del punto de salida o cota menor del cauce principal.

### 5.3.3 Factores de Forma

Los parámetros de forma de una cuenca se relacionan con el hidrograma de respuesta de esta. Se describen a continuación cuatro parámetros de forma

- **Índice de compacidad, $C_g$,** relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo de igual área, según la siguiente expresión:

$$C_g = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (2)$$

Donde P es el perímetro de la cuenca en km y A es el área de la cuenca en km$^2$. El índice de compacidad es siempre mayor que la unidad; cuanto más cercano a la unidad sea su valor, más redonda es la cuenca. En cuencas con un índice de compacidad muy grande (Cg >>1), el tiempo de concentración será mayor y consecuentemente, el caudal pico de la escorrentía debe ser de menor magnitud y el hidrograma de respuesta más amplio.

- **El factor de forma de Horton, $F_f$,** relaciona el área de la cuenca A y el área de un cuadrado de longitud L, siendo L la longitud del cauce principal:

$$F_f = \frac{A}{L^2} = \frac{A^{-0.136}}{2} \quad (3)$$

Despejando L de la ecuación anterior, se tiene la ecuación obtenida por Gray (1961):

$$L = 1.41 * A^{0.568} \quad (4)$$

El valor del área A se expresa en mi2. El factor de forma de Horton indica que, a medida que el área aumenta, la relación A/L2 disminuye y la cuenca tiende a ser más alargada, como es el caso de algunas cuencas en estudio. Valores pequeños del factor de forma indican que la cuenca tiende a ser alargada; por lo tanto, no es propensa a presentar crecidas súbitas cuando se presentan lluvias intensas simultáneamente en toda o en gran parte de su superficie.

- **La Relación de elongación, Re,** expresa la relación entre el diámetro de un círculo que tiene el área A de la cuenca y la longitud de la cuenca L.

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L} \quad (5)$$

La relación de elongación se encuentra fuertemente relacionada con el relieve de la cuenca. Regiones con bajo relieve presentan un valor de Re cercano a la unidad, mientras que regiones con pendientes fuertes presentan valores entre 0.6 y 0.8 (Posada, 1994).

- **El Índice de alargamiento, $I_A$,** relaciona la longitud del cauce principal y el ancho máximo de la cuenca. Cuando el valor de este índice es mucho mayor que la unidad, la cuenca es alargada; si el valor es menor que la unidad se considera la cuenca achatada.

$$I_A = \frac{L}{B} \quad (6)$$

### 5.3.4 Resultados de la morfometría

El análisis de los parámetros morfométricos relativos a la forma (Tabla 2) y al relieve (Tabla 3) de las cuencas que conforman el área de estudio permite comprender de manera integral el comportamiento hidrológico esperado, así como su respuesta frente a eventos de precipitación intensa y la generación de crecientes.

Desde el punto de vista de la forma, las cuencas presentan una marcada variabilidad en extensión y geometría. Las subcuencas de mayor tamaño corresponden al río Negro en su salida (785.77 km²), seguido por La Mosca, el río Pereira y el río Negro en su tramo inicial (parte alta de la cuenca), lo que refleja su papel dominante en la regulación y concentración de caudales dentro del sistema. Estas cuencas de gran área exhiben longitudes del cauce principal elevadas, lo que sugiere tiempos de concentración relativamente mayores y respuestas hidrológicas más amortiguadas en comparación con microcuencas pequeñas.

En contraste, quebradas como El Purgatorio, Chupadero, Tupia y El Tablazo presentan áreas inferiores a 10 km², longitudes cortas y anchos reducidos, características típicas de cuencas pequeñas y alargadas que, ante lluvias intensas, tienden a responder de forma rápida, con hidrogramas más concentrados y mayores picos específicos de caudal. En estas cuencas, la relación entre la longitud del cauce principal y la distancia hasta la divisoria indica trayectorias de escorrentía relativamente directas, favoreciendo la rápida concentración de flujos.

Los parámetros de forma adimensionales refuerzan estas interpretaciones. En la mayoría de las quebradas se observan factores de forma bajos (menores a 0.5), relaciones de elongación inferiores a 0.75 e índices de alargamiento elevados, lo que confirma una geometría predominantemente alargada. Este tipo de configuración reduce la probabilidad de crecientes súbitas generalizadas, pero incrementa la sensibilidad ante lluvias localizadas de alta intensidad, especialmente en cuencas con pendientes marcadas. Por el contrario, el río Negro, tanto en su inicio como en su salida, presenta factores de forma mayores que la unidad y relaciones de elongación superiores a 1, lo que indica una geometría más compacta, asociada a una mayor sincronización espacial de aportes y, por tanto, a mayores volúmenes movilizados durante eventos extremos.

El coeficiente de compacidad, con valores generalmente superiores a 2, evidencia que la mayoría de las cuencas se alejan de una forma circular ideal. No obstante, las cuencas principales mantienen valores que, aunque elevados, son coherentes con

sistemas fluviales de planicie y de drenaje bien desarrollado, donde la forma contribuye a la laminación natural de las crecientes.

En cuanto a los parámetros relativos al relieve, se observa un rango altitudinal amplio, con cotas máximas que superan los 2700 m s. n. m. en varias subcuencas y cotas mínimas cercanas a los 2070 m s. n. m. en los puntos de salida. Esta diferencia altitudinal, combinada con pendientes medias de cuenca que oscilan entre valores moderados y altos, indica un relieve activo, particularmente en las cuencas de cabecera.

Las pendientes del cauce principal son, en general, bajas a moderadas (del orden de 0.003 a 0.02 m/m), especialmente en el eje del río Negro, lo cual es consistente con su carácter de río de planicie. Este comportamiento favorece la propagación de crecientes con velocidades moderadas, mayores tiempos de tránsito y una alta interacción con las márgenes y llanuras de inundación. En contraste, varias quebradas tributarias presentan pendientes de cauce relativamente más altas, lo que incrementa la energía del flujo y la capacidad de transporte de sedimentos, aportando material sólido al cauce principal durante eventos de lluvia intensa.

Los parámetros morfométricos analizados permiten concluir que el sistema del río Negro está conformado por una combinación de subcuencas pequeñas, alargadas y con pendientes moderadas, que aportan respuestas rápidas, y una cuenca principal amplia y relativamente compacta, que integra dichos aportes y controla la dinámica de inundación a escala regional. Esta configuración explica la recurrencia de inundaciones de tipo gradual, asociadas a la pérdida de capacidad hidráulica y a la ocupación de llanuras de inundación, más que a procesos de avenidas torrenciales o crecientes rápidas.

*Tabla 2. Parámetros morfométricos relativos a la forma de la cuenca*

| ID | Cuenca | Area [km2] | Perímetro [km] | longitud [km] | Ancho [km] | Longitud del cauce principal [km] | Longitud del cauce principal hasta la divisoria[km] | Coordenada este del centroide [m] | Coordenada norte del centroide [m] | Coordenada este de la salida de cuenca[m] | Coordenada norte de la salida de cuenca[m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0** | R. Pantanillo | 87.79 | 81.26 | 11.90 | 7.37 | 19.76 | 22.99 | 840810 | 1161345 | 843621 | 1165915 |
| **1** | Embalse La Fe | 78.26 | 58.57 | 11.79 | 6.64 | 21.01 | 23.66 | 841377 | 1170835 | 843612 | 1165930 |
| **2** | Q. La Chuscala | 21.87 | 31.6 | 7.77 | 2.82 | 7.40 | 10.84 | 846651 | 1162538 | 844607 | 1165675 |
| **3** | R Negro inicio | 188.43 | 113.43 | 12.36 | 15.24 | 22.36 | 25.01 | 841732 | 1165437 | 844627 | 1165705 |
| **4** | Q. El Tablazo | 9.45 | 23.5 | 5.82 | 1.62 | 4.62 | 7.95 | 846858 | 1171946 | 849737 | 1170061 |
| **5** | Q. El Purgatorio | 2.61 | 12.28 | 3.48 | 0.75 | 1.28 | 4.72 | 848672 | 1171859 | 849981 | 1170516 |
| **6** | Q. Tupia | 4.17 | 14.16 | 3.31 | 1.26 | 1.61 | 4.83 | 846438 | 1169682 | 848742 | 1169556 |
| **7** | Q. Yarumal | 34.59 | 47.98 | 9.86 | 3.51 | 11.54 | 14.59 | 848832 | 1175236 | 852682 | 1171545 |
| **8** | Q. El Hato | 11.14 | 30.7 | 8.35 | 1.33 | 8.04 | 10.82 | 850679 | 1167561 | 853662 | 1171525 |
| **9** | Q. Malpaso | 8.56 | 21.23 | 4.46 | 1.92 | 4.57 | 6.71 | 853874 | 1173847 | 855292 | 1171465 |
| **10** | Q. El Pueblo | 10.30 | 30.11 | 7.49 | 1.38 | 6.09 | 9.08 | 853180 | 1168032 | 855691 | 1171221 |

| ID | Cuenca | Area [km2] | Perímetro [km] | longitud [km] | Ancho [km] | Longitud del cauce principal [km] | Longitud del cauce principal hasta la divisoria[km] | Coordenada este del centroide [m] | Coordenada norte del centroide [m] | Coordenada este de la salida de cuenca[m] | Coordenada norte de la salida de cuenca[m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **11** | R. Pereira | 141.31 | 88.25 | 19.05 | 7.42 | 29.44 | 31.81 | 853865 | 1161347 | 856091 | 1171340 |
| **12** | Q. La Cimarrona | 55.37 | 67.87 | 16.12 | 3.44 | 20.90 | 24.02 | 861485 | 1165571 | 857567 | 1174706 |
| **13** | Q. La Mosca | 153.96 | 121.98 | 13.53 | 11.38 | 24.88 | 28.21 | 850371 | 1182760 | 857851 | 1175367 |
| **14** | Q. La Marinilla | 97.35 | 66.07 | 15.36 | 6.34 | 22.73 | 26.70 | 865610 | 1170742 | 859127 | 1176518 |
| **15** | Q. Chupadero | 3.98 | 13.95 | 2.94 | 1.35 | 0.82 | 4.43 | 857967 | 1177945 | 859357 | 1177021 |
| **16** | Q. Barbacoas | 13.45 | 25.4 | 4.82 | 2.79 | 6.95 | 9.25 | 864361 | 1176408 | 861502 | 1177451 |
| **17** | R. Negro Salida | 785.77 | 247.85 | 21.82 | 36.02 | 55.96 | 58.62 | 851935 | 1170078 | 861676 | 1177926 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

*Tabla 3. Parámetros morfométricos relativos al relieve de la cuenca*

| ID | Cuenca | Factor de forma | Coeficiente de compacidad Kc | Relación de elongación Re | Índice de alargamiento IA | Cota media [m.s.n.m] | Pendiente del cauce [m/m] | Pendiente media de la cuenca [°] | Cota máxima [m.s.n.m] | Cota máxima del cauce principal [m.s.n.m] | Cota mínima del cauce principal [m.s.n.m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0** | R. Pantanillo | 0.62 | 2.43 | 0.89 | 1.61 | 2429 | 0.011 | 22.27 | 2602 | 2340 | 2121 |
| **1** | Embalse La Fe | 0.56 | 1.85 | 0.85 | 1.78 | 2469 | 0.021 | 17.81 | 2803 | 2554 | 2123 |
| **2** | Q. La Chuscala | 0.36 | 1.89 | 0.68 | 2.76 | 2323 | 0.023 | 21.28 | 2544 | 2283 | 2116 |
| **3** | R Negro inicio | 1.23 | 2.31 | 1.25 | 0.81 | 2433 | 0.020 | 20.30 | 2803 | 2554 | 2117 |
| **4** | Q. El Tablazo | 0.28 | 2.14 | 0.60 | 3.58 | 2294 | 0.017 | 16.68 | 2579 | 2171 | 2093 |
| **5** | Q. El Purgatorio | 0.21 | 2.13 | 0.52 | 4.66 | 2158 | 0.005 | 12.17 | 2333 | 2100 | 2093 |
| **6** | Q. Tupia | 0.38 | 1.94 | 0.70 | 2.63 | 2273 | 0.018 | 18.54 | 2523 | 2126 | 2097 |
| **7** | Q. Yarumal | 0.36 | 2.28 | 0.67 | 2.81 | 2232 | 0.015 | 14.78 | 2659 | 2256 | 2086 |
| **8** | Q. El Hato | 0.16 | 2.58 | 0.45 | 6.25 | 2160 | 0.006 | 7.90 | 2425 | 2131 | 2083 |
| **9** | Q. Malpaso | 0.43 | 2.03 | 0.74 | 2.32 | 2120 | 0.005 | 16.91 | 2165 | 2100 | 2079 |
| **10** | Q. El Pueblo | 0.18 | 2.63 | 0.48 | 5.45 | 2119 | 0.006 | 4.40 | 2201 | 2113 | 2077 |
| **11** | R. Pereira | 0.39 | 2.08 | 0.70 | 2.57 | 2213 | 0.005 | 13.40 | 2518 | 2233 | 2076 |
| **12** | Q. La Cimarrona | 0.21 | 2.55 | 0.52 | 4.69 | 2218 | 0.007 | 14.73 | 2719 | 2217 | 2071 |
| **13** | Q. La Mosca | 0.84 | 2.75 | 1.03 | 1.19 | 2246 | 0.010 | 17.25 | 2743 | 2310 | 2071 |
| **14** | Q. La Marinilla | 0.41 | 1.88 | 0.72 | 2.43 | 2174 | 0.003 | 17.32 | 2355 | 2133 | 2069 |
| **15** | Q. Chupadero | 0.46 | 1.96 | 0.77 | 2.17 | 2121 | 0.013 | 17.95 | 2178 | 2080 | 2069 |

| ID | Cuenca | Factor de forma | Coeficiente de compacidad Kc | Relación de elongación Re | Índice de alargamiento IA | Cota media [m.s.n.m] | Pendiente del cauce [m/m] | Pendiente media de la cuenca [°] | Cota máxima [m.s.n.m] | Cota máxima del cauce principal [m.s.n.m] | Cota mínima del cauce principal [m.s.n.m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **16** | Q. Barbacoas | 0.58 | 1.94 | 0.86 | 1.73 | 2144 | 0.010 | 17.24 | 2218 | 2135 | 2067 |
| **17** | R. Negro Salida | 1.65 | 2.48 | 1.45 | 0.61 | 2260 | 0.009 | 16.29 | 2803 | 2554 | 2070 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 5.4 Tiempos de concentración

El tiempo de concentración Tc se define como el intervalo requerido para que una partícula de agua precipitada en el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca alcance el punto de cierre, medido a partir del inicio del evento de precipitación. Bajo esta concepción, el caudal de salida de la cuenca alcanza su valor máximo cuando la duración de la lluvia es igual o superior al tiempo de concentración, para una intensidad dada.

El cálculo del tiempo de concentración puede realizarse mediante diversas metodologías empíricas, las cuales dependen principalmente de parámetros morfométricos de la cuenca y de ajustes derivados de registros hidrológicos obtenidos en regiones con condiciones climáticas y geomorfológicas que, en muchos casos, pueden diferir significativamente de las características de la zona de estudio. Entre las variables morfométricas más relevantes se encuentran el área de drenaje, la pendiente media de la cuenca, la pendiente media del cauce principal, la longitud del cauce principal y el desnivel total de la cuenca, entre otras.

En la Tabla 4 se presentan algunas de las expresiones empíricas comúnmente empleadas para la estimación del tiempo de concentración en cuencas hidrográficas, adaptadas de (Vélez & Botero, 2011).

***Tabla 4. Expresiones empíricas usadas para el cálculo del tiempo de concentración.***

| Autor | Ecuación | |
|---|---|---|
| Témez | $T_c = 0{,}3 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$ | (7) |
| Kirpich | $T_c = 0{,}0078 \cdot {L_p}^{0{,}77} \cdot S^{-0{,}385}$ | (8) |
| California Culvert Practice | $T_c = 60 \cdot \left(\frac{0{,}87075 \cdot L^3}{H}\right)^{0{,}385}$ | (9) |
| Giandotti | $T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}{25.3 \cdot \sqrt{SL}}$ | (10) |
| SCS - Ranser | $T_c = 0{,}947 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0{,}385}$ | (11) |
| Johnstone - Cross | $T_c = 5 \cdot \left(\frac{L_m}{\sqrt{S}}\right)^{0{,}5}$ | (12) |

| Autor | Ecuación | |
|---|---|---|
| Ventura - Heron (1978) | $T_c = 0{,}3 \cdot \left(\frac{L'}{S_0^{0,25}}\right)^{0,75}$ | (13) |
| Bransby - Williams | $T_c = 14{,}6 \cdot L \cdot A^{-1} \cdot S^{-0,2}$ | (14) |

$\boldsymbol{T_c}$ y $\boldsymbol{t}$ son los tiempos de concentración en horas y minutos, respectivamente. $\boldsymbol{A}$ y $\boldsymbol{A_m}$ son el área de drenaje en kilómetros cuadrados y millas cuadradas, respectivamente. $\boldsymbol{L}$ y $\boldsymbol{L_m}$ son la longitud del drenaje principal en kilómetros y millas, respectivamente. $\boldsymbol{S}$ y $\boldsymbol{s}$ son la pendiente del drenaje principal en metros sobre metros y en pies sobre millas, respectivamente. $\boldsymbol{H}$ es el máximo desnivel entre la divisoria de aguas y el punto de cierre en metros.

### 5.4.1 Resultados

En la Tabla 5 se presentan los tiempos de concentración calculados para la cuenca del río Negro y sus subcuencas, se evidencia un comportamiento hidrológico coherente con la escala, morfología y relieve de cada unidad hidrográfica. Para cada cuenca se evaluaron múltiples metodologías empíricas ampliamente utilizadas en hidrología, y se excluyeron aquellos valores que se salieron de las bandas de confianza definidas, garantizando así una estimación robusta y técnicamente consistente del tiempo de concentración final Tc.

En las subcuencas de mayor tamaño y jerarquía, como el río Negro en su punto de salida, el río Negro en el inicio del tramo y el río Pereira, se obtienen los mayores tiempos de concentración, con valores finales de aproximadamente 8.3 h, 3.6 h y 5.6 h, respectivamente. Estos resultados reflejan cuencas extensas, con longitudes de cauce significativas y procesos de propagación de la escorrentía más lentos, propios de sistemas fluviales de mayor escala. La dispersión entre métodos es mayor en estas cuencas, lo cual es esperable dada la sensibilidad de algunos métodos a la longitud de la cuenca y a la pendiente media del cauce.

Las subcuencas intermedias, como Pantanillo, Embalse La Fe, La Cimarrona, La Mosca y La Marinilla, presentan tiempos de concentración entre 3 y 4.7 horas. Estos valores indican respuestas hidrológicas relativamente rápidas, pero no extremas, asociadas a cuencas de tamaño medio, con pendientes moderadas y redes de drenaje bien definidas. En estos casos, los métodos de Témez, Kirpich y SCS–Ranser muestran resultados consistentes entre sí, mientras que formulaciones como Giandotti y Bransby–Williams tienden a sobreestimar el tiempo de concentración y, por tal motivo, fueron descartadas cuando excedieron el límite de confianza superior.

Por su parte, las subcuencas pequeñas, como El Purgatorio, Tupia, Chupadero, El Tablazo y Malpaso, presentan tiempos de concentración bajos, generalmente inferiores a 1.5 horas, con valores finales que oscilan entre 0.5 y 1.7 horas. Este comportamiento es

característico de cuencas cortas, con áreas reducidas y respuestas hidrológicas muy rápidas ante eventos de precipitación intensa. En estas unidades, pequeñas variaciones en los parámetros geométricos generan diferencias importantes entre métodos, razón por la cual fue especialmente relevante el análisis estadístico y la exclusión de valores atípicos.

Los resultados muestran una tendencia clara: a medida que aumenta el área de la cuenca, la longitud del cauce principal y la complejidad del sistema de drenaje, el tiempo de concentración se incrementa de forma progresiva. La metodología adoptada, basada en el promedio de los métodos que permanecen dentro de las bandas de confianza, permite obtener valores representativos del comportamiento hidrológico real de cada unidad, reduciendo la incertidumbre asociada al uso de una única formulación empírica.

Los tiempos de concentración obtenidos constituyen un insumo fundamental para la definición de las duraciones de las tormentas de diseño, la generación de hidrogramas sintéticos y la posterior modelación hidrológica e hidráulica del río Negro y sus tributarios, asegurando coherencia entre la escala espacial de las cuencas y su respuesta hidrológica esperada.

***Tabla 5. Tiempos de concentración en horas para la cuenca hidrográfica y subcuencas del río Negro.***

| ID | Nombre | Témez (1978) | Kirpich (1990) | California Culverts Practice (1942) | Giandiotti (1990) | SCS - Ranser (1958) | Johnstone y Cross (1949) | Ventura - Heron (1978) | Bransby - Williams | Desviación [h] | Promedio [h] | Límite Inferior | Limite Superior | Tc [h] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0** | R. Pantanillo | 2.76 | 3.27 | 2.76 | 5.67 | 3.28 | 5.20 | 2.76 | *7.56 | 1.79 | 4.16 | 2.37 | 5.95 | 3.67 |
| **1** | Embalse La Fe | 2.57 | 2.96 | 2.59 | 4.03 | 2.97 | 5.00 | 2.57 | *7.19 | 1.64 | 3.74 | 2.10 | 5.38 | 3.24 |
| **2** | Q. La Chuscala | 1.15 | 1.43 | *0.93 | *2.88 | 1.44 | 2.56 | 1.15 | *2.82 | 0.82 | 1.80 | 0.98 | 2.61 | 1.55 |
| **3** | R Negro inicio | 2.72 | 3.14 | 2.78 | 5.29 | 3.16 | 5.22 | 2.72 | *7.08 | 1.64 | 4.01 | 2.37 | 5.65 | 3.58 |
| **4** | Q. El Tablazo | 0.86 | 0.95 | *0.51 | *2.72 | 0.96 | 1.74 | 0.86 | 2.03 | 0.75 | 1.33 | 0.57 | 2.08 | 1.23 |
| **5** | Q. El Purgatorio | 0.40 | 0.69 | 0.15 | *3.96 | 0.69 | 0.79 | 0.40 | 0.80 | 1.22 | 0.99 | -0.24 | 2.21 | 0.56 |
| **6** | Q. Tupia | 0.38 | 0.57 | 0.16 | *2.46 | 0.57 | 0.82 | 0.38 | 0.76 | 0.72 | 0.76 | 0.04 | 1.48 | 0.52 |
| **7** | Q. Yarumal | 1.75 | 1.81 | 1.39 | *3.92 | 1.82 | 3.33 | 1.75 | *4.58 | 1.21 | 2.54 | 1.33 | 3.76 | 1.97 |
| **8** | Q. El Hato | 1.58 | 1.56 | 1.11 | *4.58 | 1.57 | 2.89 | 1.58 | *4.28 | 1.36 | 2.39 | 1.03 | 3.75 | 1.71 |
| **9** | Q. Malpaso | 1.08 | 1.53 | 0.99 | *5.06 | 1.54 | 2.67 | 1.08 | 2.63 | 1.38 | 2.07 | 0.69 | 3.45 | 1.65 |
| **10** | Q. El Pueblo | 1.28 | 1.88 | 1.20 | *4.58 | 1.89 | 3.02 | 1.28 | 3.28 | 1.21 | 2.30 | 1.09 | 3.52 | 1.98 |
| **11** | R. Pereira | 4.27 | 4.92 | 4.52 | 9.15 | 4.94 | 7.17 | 4.27 | *12.44 | 2.97 | 6.46 | 3.49 | 9.42 | 5.60 |
| **12** | Q. La Cimarrona | 3.14 | 3.07 | 2.63 | 6.32 | 3.08 | 5.04 | 3.14 | *9.19 | 2.30 | 4.45 | 2.15 | 6.74 | 3.77 |
| **13** | Q. La Mosca | 3.37 | 3.64 | 3.17 | 7.03 | 3.66 | 5.69 | 3.37 | *9.26 | 2.24 | 4.90 | 2.66 | 7.13 | 4.27 |
| **14** | Q. La Marinilla | 3.96 | 4.75 | 3.96 | *11.49 | 4.77 | 6.58 | 3.96 | *11.33 | 3.24 | 6.35 | 3.11 | 9.59 | 4.66 |
| **15** | Q. Chupadero | 0.24 | 0.86 | 0.12 | *3.47 | 0.87 | 0.69 | 0.24 | 0.41 | 1.09 | 0.87 | -0.23 | 1.96 | 0.49 |
| **16** | Q. Barbacoas | 1.29 | 1.78 | 1.29 | *3.80 | 1.79 | 3.17 | 1.29 | *3.29 | 1.04 | 2.21 | 1.18 | 3.25 | 1.77 |
| **17** | R. Negro Salida | 6.31 | 8.19 | 7.81 | 11.14 | 8.23 | 10.22 | 6.31 | *18.08 | 3.84 | 9.54 | 5.69 | 13.38 | 8.32 |

* Los tiempos resaltados corresponden a métodos cuyos resultados se encuentran por fuera de las bandas de confianza definidas para el análisis; en consecuencia, dichos valores no se consideran representativos y son excluidos del cálculo del tiempo de concentración de cada unidad hidrográfica, con el fin de garantizar estimaciones consistentes y técnicamente confiables.

## 5.5 Modelo hidrológico semidistribuido HEC-HMS

Para la estimación de la creciente de diseño (caudales), necesaria para definir la envolvente hidrológica del tramo en estudio, se requiere la implementación de un modelo hidrológico que permita transformar la precipitación en escorrentía. Con este propósito, se desarrolló un modelo hidrológico semidistribuido de crecientes, en el cual la cuenca se discretiza en un conjunto de subcuencas y tramos de canal interconectados. Esta aproximación permite representar de manera más realista la variabilidad espacial y temporal de las características geomorfológicas y climáticas de la cuenca del río Negro.

Para la modelación se empleó el software HEC-HMS, desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, el cual integra diversas metodologías para la estimación de crecientes en el contexto del diseño hidrológico.

El modelo se estructura a partir de subcuencas definidas por los afluentes que drenan directamente al río Negro, considerando como punto de cierre una sección localizada aguas abajo de la autopista Medellín–Bogotá, en el municipio de Marinilla. Asimismo, se incorporan los distintos tramos del cauce principal para el tránsito de los hidrogramas, lo que permite estimar los caudales máximos tanto en cada subcuenca como en puntos de control a lo largo del río.

La determinación de los parámetros morfométricos de las subcuencas se presenta en el numeral 5.3, mientras que la discretización de la cuenca se describe en el numeral 5.2. En la Figura 14 se muestra la representación gráfica de la topología del modelo y su distribución espacial. En total, la cuenca se representa mediante 163 subcuencas, 83 nodos de confluencia o descarga y 81 tramos de río destinados al tránsito de crecientes.

Para la implementación del modelo hidrológico, es necesario definir los métodos y parámetros asociados a los siguientes componentes:

a) Modelo de cuencas:

- Modelo de pérdidas.
- Métodos de transformación de precipitación a escorrentía.

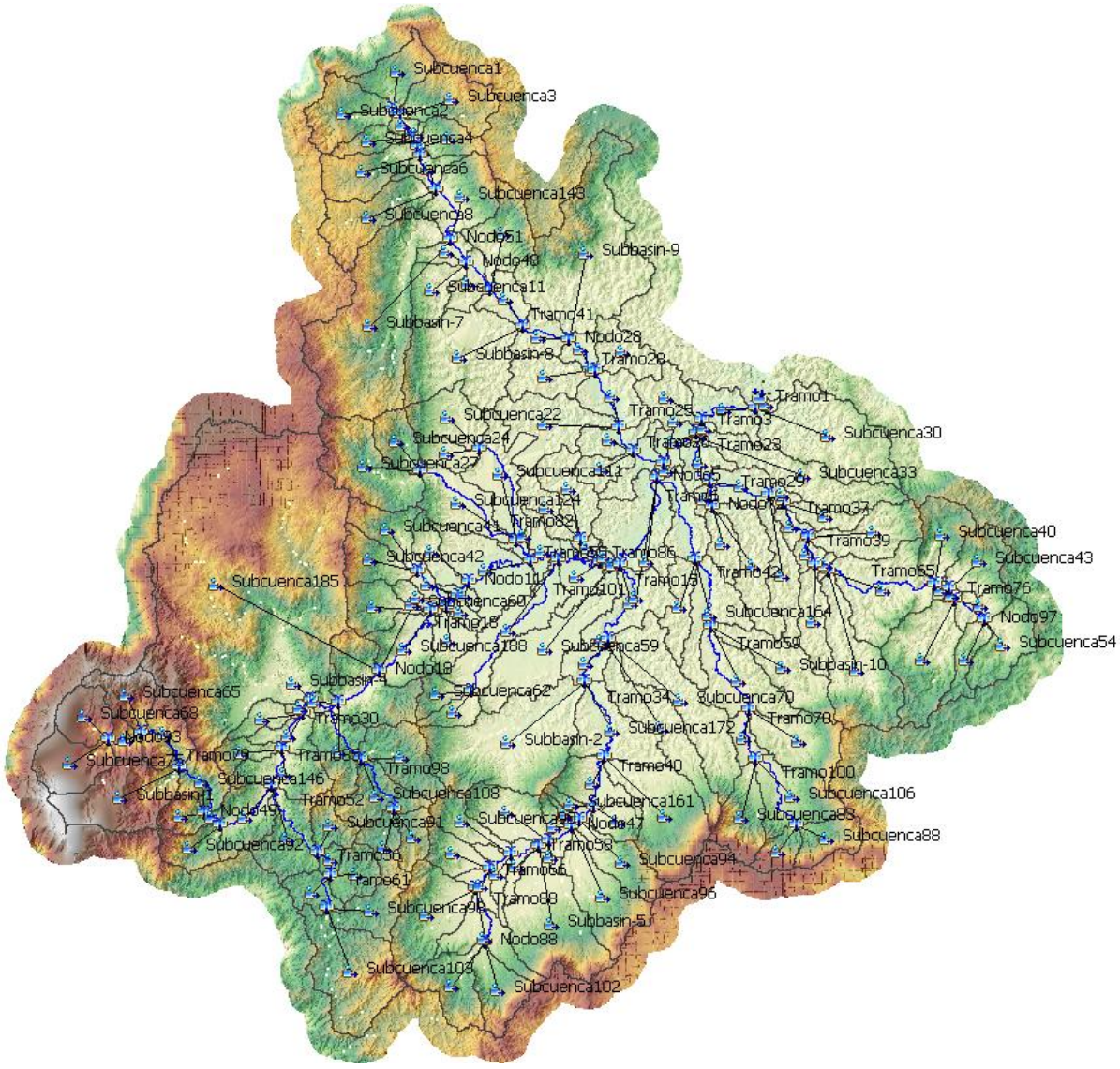
b) Modelo de canales:

- Método de tránsito de crecientes.

c) Modelo meteorológico:

- Definición de escenarios de precipitación.

***Figura 14. Representación de la cuenca del río Negro para el modelo hidrológico semidistribuido (HEC-HMS).***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 5.5.1 Modelo de pérdidas

Para la simulación de las pérdidas de precipitación, entendidas como la fracción de agua que no contribuye a la escorrentía debido a procesos como la interceptación por la vegetación, el almacenamiento superficial y la infiltración, el modelo HEC-HMS

permite la aplicación de diversos métodos. Entre los más utilizados se encuentran el método del número de curva del Soil Conservation Service (SCS), el método del índice φ, el método de Green-Ampt y el modelo de balance de humedad del suelo (SMA, *Soil Moisture Accounting*), entre otros.

Si bien métodos como Green-Ampt y SMA presentan una base física más robusta en comparación con los enfoques empíricos del SCS y el índice φ, su implementación requiere un mayor número de parámetros, cuya disponibilidad suele ser limitada en la zona de estudio. En consecuencia, se adopta el método del número de curva del SCS, debido a su aplicabilidad, menor requerimiento de información y amplia validación en estudios de diseño hidrológico.

El método del SCS requiere la estimación de dos parámetros principales: la abstracción inicial (infiltración inicial) y el número de curva (CN). Este método establece una relación empírica entre la precipitación total (P), la escorrentía directa (R) y la capacidad máxima de almacenamiento del suelo ($S_{max}$), expresada mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{(P - 0.2S_{\max})^2}{P + 0.8S_{\max}}, P > 0.2S_{\max} \quad (15)$$

donde P corresponde a la precipitación acumulada (en milímetros), y $S_{max}$ representa la capacidad máxima de almacenamiento potencial del suelo. Este último parámetro se relaciona con el número de curva (CN) a través de la siguiente expresión:

$$S_{\max} = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (16)$$

Adicionalmente, el método considera la condición antecedente de humedad (AMC, *Antecedent Moisture Condition*), la cual refleja el estado de humedad del suelo previo al evento de lluvia. Esta condición se clasifica en tres categorías (I: seco, II: intermedio, III: húmedo), en función de la precipitación acumulada durante los cinco días anteriores, tal como se presenta en la Tabla 6.

***Tabla 6. Condición antecedente de humedad (AMC) para el método de pérdidas del S.C.S.***

| **Grupo AMC** | **Lluvia antecedente total de cinco días (mm)** |
|---|---|
| | **Estación de Crecimiento** |
| I (Seco) | Menor que 35.56 |
| II (Intermedio) | 35.56 a 53.34 |
| III (Húmedo) | Mayor que 53.34 |

La condición antecedente de humedad influye directamente en el potencial de generación de escorrentía: a mayor contenido de humedad en el suelo, menor

capacidad de infiltración y, por tanto, mayor volumen de escorrentía superficial generado.

El Número de Curva (CN) es un parámetro hidrológico fundamental para caracterizar el potencial de escorrentía superficial en una cuenca hidrográfica. Este depende, entre otros factores, de la cobertura vegetal, el uso del suelo y la condición de humedad antecedente. Dado que estos factores presentan variabilidad espacial y temporal, el CN no es un parámetro constante, por lo que se recomienda calcularlo en cada estudio hidrológico, especialmente cuando se identifican cambios en la dinámica del uso y cobertura del suelo.

El cálculo del CN se realizó siguiendo la metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, mediante el uso de mapas de cobertura y tipo de suelo, así como de los códigos Corine correspondientes a cada clase de cobertura terrestre. De acuerdo con el método TR-55 del Soil Conservation Service (SCS), los suelos se clasifican en cuatro grupos hidrológicos (A, B, C y D), en función de su tasa mínima de infiltración bajo condiciones de suelo desnudo y posterior a una humectación prolongada.

En general, las cuencas dominadas por suelos arenosos y gravosos presentan altas tasas de infiltración, mientras que aquellas con predominio de sedimentos finos y arcillosos exhiben tasas de infiltración bajas. Cualquier modificación en el uso del suelo puede alterar significativamente estas características, dado que la infiltración está fuertemente condicionada por el estado y las propiedades de la superficie del terreno. A continuación, se describen los grupos hidrológicos definidos por el SCS:

- Grupo A: Suelos con altas velocidades de infiltración en condiciones húmedas, compuestos principalmente por arenas y gravas profundas, con drenaje bueno a excesivo y bajo potencial de escorrentía.
- Grupo B: Suelos con velocidades de infiltración moderadas, conformados por texturas medias a gruesas, con drenaje moderado a bueno; típicamente franco-limosos o limosos.
- Grupo C: Suelos con bajas velocidades de infiltración, generalmente asociados a texturas finas o a la presencia de estratos que restringen el flujo vertical del agua.
- Grupo D: Suelos con muy bajas velocidades de infiltración, característicos de materiales arcillosos con alto potencial de hinchamiento, nivel freático somero o permanente, o suelos poco profundos sobre horizontes impermeables, con alto potencial de escorrentía.

Para el presente estudio, el CN se estimó a partir del mapa de coberturas de IDEAM (2022)(ver Figura 15). En la cuenca del río Negro se evidencia una cuenca altamente intervenida, con una marcada dominancia de coberturas antrópicas y agropecuarias, lo cual tiene implicaciones directas sobre el comportamiento hidrológico,

particularmente en la generación de escorrentía, los tiempos de respuesta y la magnitud de las crecientes.

Las coberturas asociadas a usos agropecuarios y mosaicos productivos representan la mayor proporción del área de la cuenca. Destaca especialmente el mosaico de pastos y cultivos, que constituye aproximadamente el 25.4 % del área total, seguido por los pastos limpios con un 12.8 %, y el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, con cerca del 10.3 %. Estas coberturas reflejan un uso intensivo del suelo, característico de paisajes rurales transformados, que suelen presentar una capacidad de infiltración intermedia a baja, dependiendo del manejo del suelo y de las condiciones de compactación, lo que favorece la generación de escorrentía superficial durante eventos de lluvia intensa.

Adicionalmente, los mosaicos de pastos con espacios naturales representan alrededor del 7.8 %, mientras que los cultivos confinados aportan cerca del 1.85 % del área. En conjunto, estas coberturas confirman que una fracción significativa de la cuenca corresponde a superficies con respuesta hidrológica relativamente rápida, especialmente bajo condiciones de suelos húmedos o saturados.

En cuanto a las coberturas urbanas e infraestructura, aunque su porcentaje individual es moderado, su efecto hidrológico es relevante. El tejido urbano continuo y discontinuo suma aproximadamente un 5.8 %, al cual se agregan zonas industriales, red vial, aeropuertos y áreas de extracción minera, alcanzando en conjunto valores cercanos al 7 % del área de la cuenca. Estas coberturas se caracterizan por altos niveles de impermeabilización, lo que incrementa los volúmenes de escorrentía directa y reduce significativamente los tiempos de concentración, contribuyendo a picos de caudal más elevados.

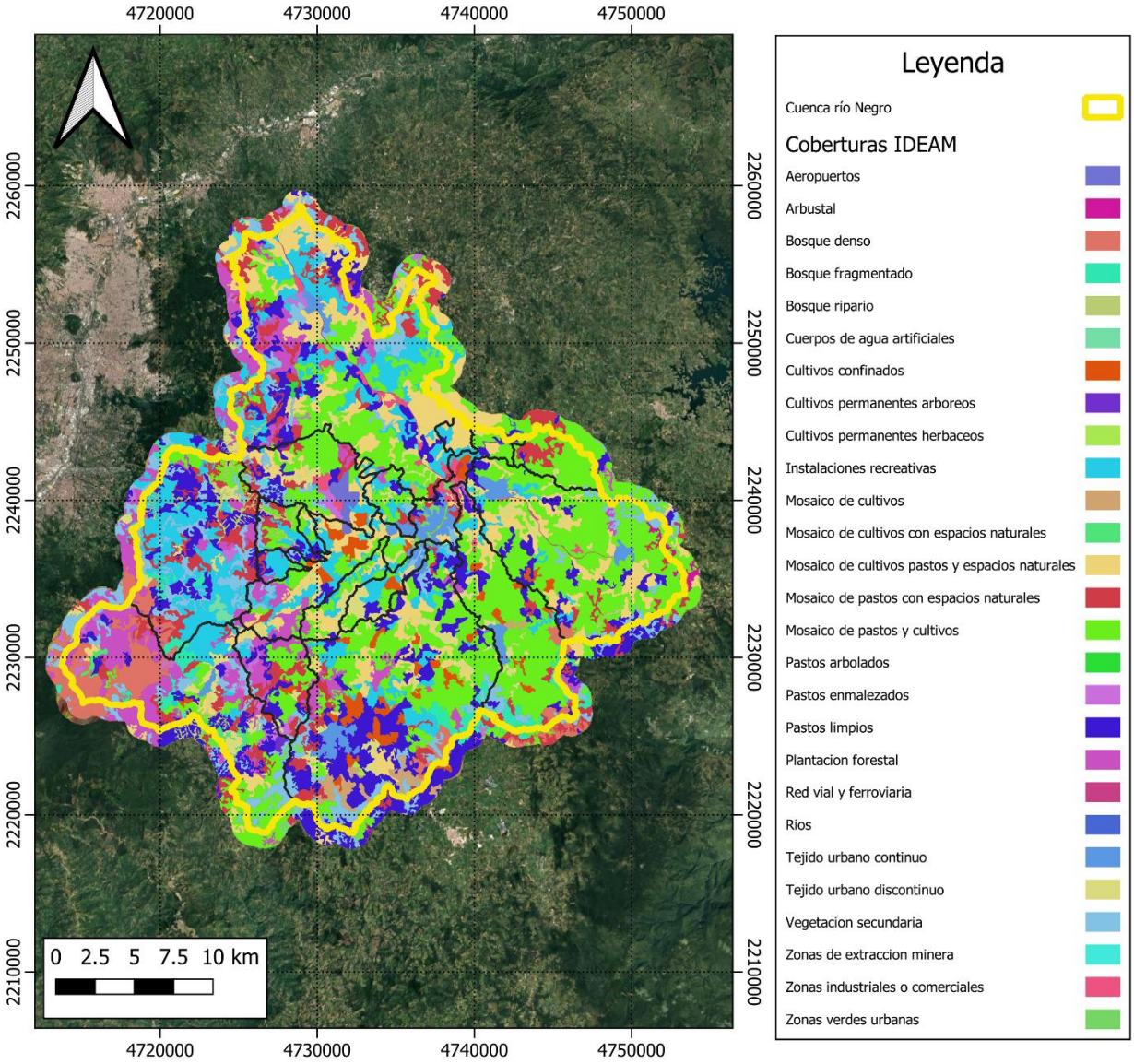
Las zonas verdes urbanas e instalaciones recreativas, que en conjunto representan cerca del 11 %, pueden actuar parcialmente como áreas de amortiguación hidrológica; sin embargo, su efectividad depende del tipo de cobertura vegetal, el grado de compactación del suelo y el manejo antrópico, por lo que no necesariamente compensan los efectos de la urbanización circundante.

Por otro lado, las coberturas naturales y seminaturales presentan una representación relativamente baja en la cuenca. El bosque denso, el bosque fragmentado y el bosque ripario suman aproximadamente un 5.7 %, mientras que la plantación forestal alcanza cerca del 7.3 % y la vegetación secundaria un 8.2 %. Aunque estas coberturas favorecen la infiltración, la regulación hídrica y la reducción de la escorrentía, su distribución fragmentada limita su capacidad de control hidrológico a escala de cuenca.

Finalmente, las superficies de agua, representadas por ríos y cuerpos de agua artificiales, ocupan un porcentaje marginal inferior al 0.2 %, lo cual es coherente con la extensión

superficial esperada para este tipo de coberturas, pero no disminuye su relevancia funcional dentro del sistema hidrológico.

***Figura 15. Coberturas de la cuenca del río negro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

La información edáfica se obtuvo del mapa de suelos elaborado por el IGAC para el departamento de Antioquia. A partir de la información presentada en la Figura 16, los suelos de la cuenca muestran una clara dominancia de materiales volcánicos y

metamórficos, con un comportamiento hidrológico controlado principalmente por la profundidad efectiva, el drenaje natural y la textura, más que por limitaciones litológicas severas.

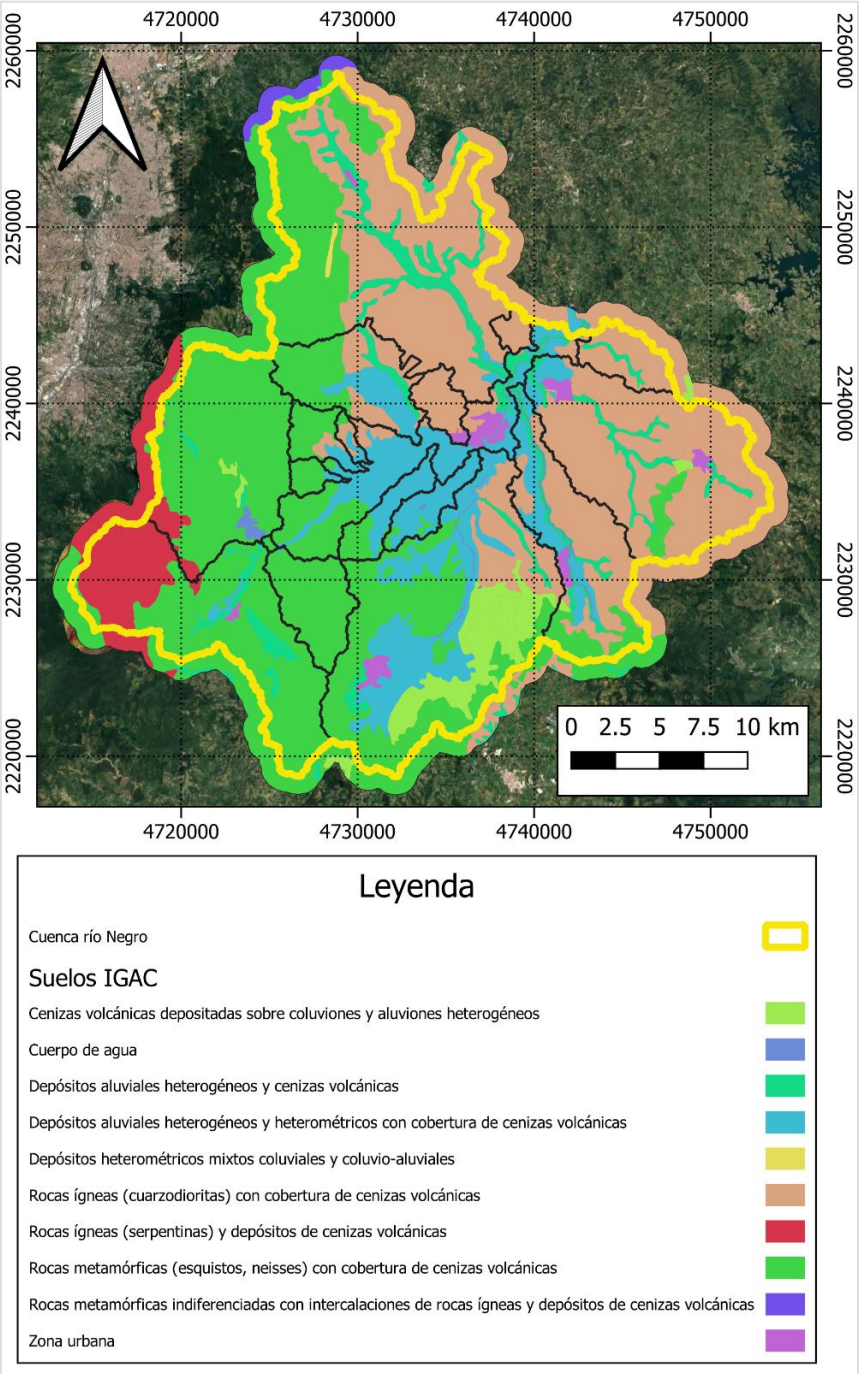
En términos generales, predominan los suelos bien drenados de los grupos hidrológicos B, asociados a cenizas volcánicas y a rocas ígneas y metamórficas cubiertas por depósitos volcánicos. Estos suelos, como los correspondientes a las asociaciones Guadua, Tequendamita, Rionegro y Aldana, son profundos a moderadamente profundos, con texturas medias a finas y alta porosidad, lo que favorece la infiltración y una respuesta hidrológica moderada. En conjunto, estos suelos representan más del 80% del área de la cuenca, constituyendo la base edáfica dominante y explicando una capacidad relativamente alta de regulación hídrica natural.

Los suelos del grupo hidrológico C ocupan una proporción menor del territorio y se concentran en unidades desarrolladas sobre depósitos coluviales heterométricos y rocas ígneas serpentínicas o metamórficas indiferenciadas, donde si bien el drenaje es generalmente bueno, existen limitaciones por pendiente, erosión activa o menor profundidad efectiva, lo que reduce la capacidad de infiltración frente a eventos de lluvia intensa. Estas unidades aportan una respuesta hidrológica más rápida y una mayor generación de escorrentía superficial en comparación con los suelos del grupo B.

Por su parte, los suelos del grupo hidrológico D se asocian principalmente a vallecitos aluviales con condiciones acuícas, cuerpos de agua y zonas urbanas. En estas áreas predominan drenajes imperfectos a pobres, presencia de saturación frecuente o superficies impermeables, lo que favorece la escorrentía directa y limita significativamente la infiltración. Aunque su extensión es relativamente reducida dentro de la cuenca, su localización en zonas bajas o estratégicas las convierte en áreas críticas para la generación de inundaciones.

La cuenca presenta un marcado carácter volcánico-andino, con suelos profundos y bien drenados que, en condiciones naturales, favorecen la infiltración y atenúan la respuesta hidrológica. Sin embargo, la coexistencia con suelos de menor capacidad de infiltración en zonas aluviales y urbanizadas introduce contrastes hidrológicos importantes.

***Figura 16. Tipos de suelo en la cuenca del río negro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

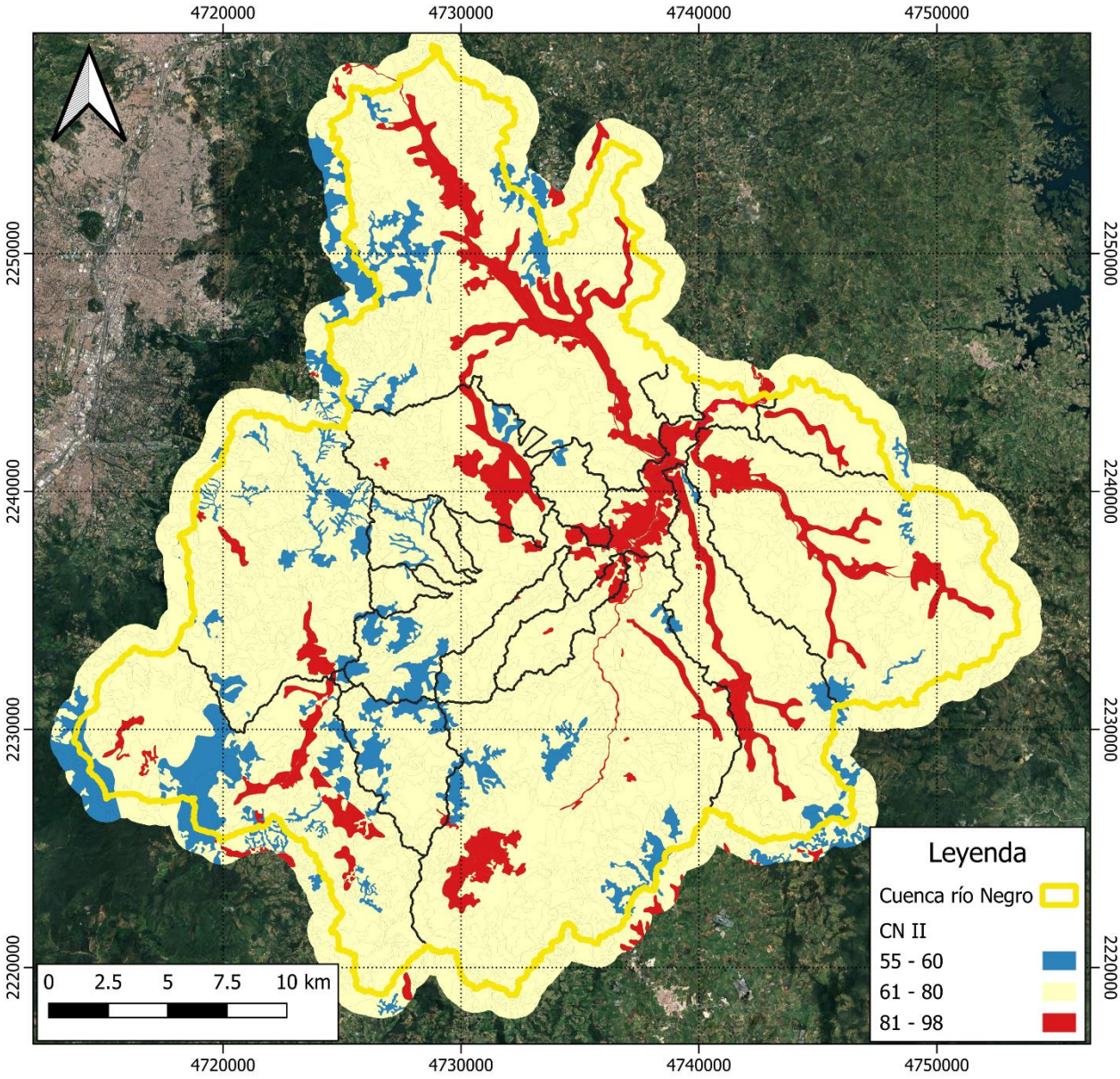
Después de caracterizar las coberturas y los suelos de la cuenca se determinaron los valores de CN a partir de la Tabla 7.

***Tabla 7. Numero de curva según la cobertura y el tipo de suelo.***

| Código nivel 3 | Cobertura | Tipo de suelo | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | B |
| **111** | Tejido urbano continuo | 81 | 88 | 91 | 93 |
| **112** | Tejido urbano discontinuo | 57 | 72 | 81 | 86 |
| **121** | Zonas industriales o comerciales | 81 | 88 | 91 | 93 |
| **122** | Red vial y ferroviaria | 81 | 88 | 91 | 93 |
| **124** | Aeropuertos | 61 | 75 | 83 | 87 |
| **131** | Zonas de extracción minera | 78 | 86 | 91 | 93 |
| **141** | Zonas verdes urbanas | 49 | 69 | 79 | 84 |
| **142** | Instalaciones recreativas | 49 | 69 | 79 | 84 |
| **221** | Cultivos permanentes herbáceos | 67 | 78 | 85 | 89 |
| **223** | Cultivos permanentes arbóreos | 67 | 78 | 85 | 89 |
| **225** | Cultivos confinados | 67 | 78 | 85 | 89 |
| **231** | Pastos limpios | 49 | 69 | 79 | 84 |
| **232** | Pastos arbolados | 49 | 69 | 79 | 84 |
| **233** | Pastos enmalezados | 55 | 72 | 81 | 86 |
| **241** | Mosaico de cultivos | 67 | 78 | 85 | 89 |
| **242** | Mosaico de pastos con espacios naturales | 58 | 73 | 82 | 87 |
| **243** | Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales | 55 | 72 | 81 | 86 |
| **244** | Mosaico de pastos con espacios naturales | 50 | 69 | 79 | 84 |
| **245** | Mosaico de cultivos con espacios naturales | 58 | 73 | 82 | 87 |
| **311** | Bosque denso | 25 | 55 | 70 | 77 |
| **313** | Bosque fragmentado | 45 | 66 | 77 | 83 |
| **314** | Bosque ripario | 30 | 58 | 71 | 78 |
| **315** | Plantación forestal | 36 | 60 | 73 | 79 |
| **322** | Arbustal | 55 | 72 | 81 | 86 |
| **323** | Vegetación secundaria | 55 | 72 | 81 | 86 |
| **511** | Rios | 98 | 98 | 98 | 98 |
| **514** | Cuerpos de agua artificiales | 98 | 98 | 98 | 98 |

En la Figura 17 se presenta el número de curva para la cuenca del río Negro, se evidencia una respuesta hidrológica global de carácter intermedio a moderadamente alto, coherente con la combinación de coberturas antrópicas, agropecuarias y naturales presentes en el territorio.

***Figura 17. Numero de curva estimado para la cuenca del río Negro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En términos generales, la cuenca está claramente dominada por valores de CN entre 69 y 73, los cuales concentran más del 75 % del área total. En particular, los CN 69, 72 y 73 representan aproximadamente el 27.5 %, 20.9 % y 25.9 % del área, respectivamente, lo que indica una condición hidrológica típica de suelos de grupo hidrológico B y C,

asociados principalmente a mosaicos de pastos y cultivos, coberturas mixtas con espacios naturales y vegetación secundaria. Estas unidades presentan una capacidad de infiltración moderada, con generación de escorrentía significativa durante eventos de lluvia intensa o prolongada, pero sin un comportamiento extremo.

Los valores de CN bajos (≤ 60), que corresponden a coberturas con mejor capacidad de infiltración como bosques bien conservados, plantaciones forestales y suelos volcánicos profundos bien drenados, representan cerca del 6.5 % del área de la cuenca. Aunque su proporción es relativamente reducida, estas áreas cumplen un rol hidrológico clave como zonas de regulación, contribuyendo a la atenuación de picos de escorrentía y al almacenamiento temporal de agua en el suelo.

Por otro lado, los CN altos (> 80), asociados a zonas urbanas, infraestructura, suelos con drenaje deficiente y cuerpos de agua, suman alrededor del 12.5 % del área. Estos sectores presentan baja capacidad de infiltración y respuesta rápida a la precipitación, favoreciendo la generación de escorrentía directa y aportes inmediatos a la red de drenaje, especialmente durante eventos extremos.

El CN global de la cuenca, igual a 71.95, sintetiza adecuadamente esta distribución espacial y confirma que el comportamiento hidrológico dominante corresponde a una cuenca de respuesta media, con susceptibilidad moderada a la generación de escorrentía y crecientes, particularmente bajo condiciones de saturación antecedente. Este valor es consistente con la estructura edáfica dominada por suelos del grupo hidrológico B, la presencia significativa de usos agropecuarios y mosaicos de cobertura, y una intervención antrópica localizada pero relevante en términos hidrológicos.

### 5.5.2 Métodos de Transformación de Precipitación a Escorrentía

El modelo HEC-HMS emplea hidrogramas unitarios sintéticos, con lluvia de duración y profundidad unitarias para construir un hidrograma de escorrentía superficial directa, con el fin de ser empleado en cuencas sin información de escorrentía. El hidrograma se construye a partir de variables principales como: el tiempo de rezago, el tiempo de concentración, el tiempo base, el tiempo al pico, entre otras. Estas variables se determinan en función de los parámetros morfométricos de la cuenca (área de la cuenca, la pendiente promedio, la longitud del cauce principal, diferencias de cotas, distancias al centroide de la cuenca, etc.)

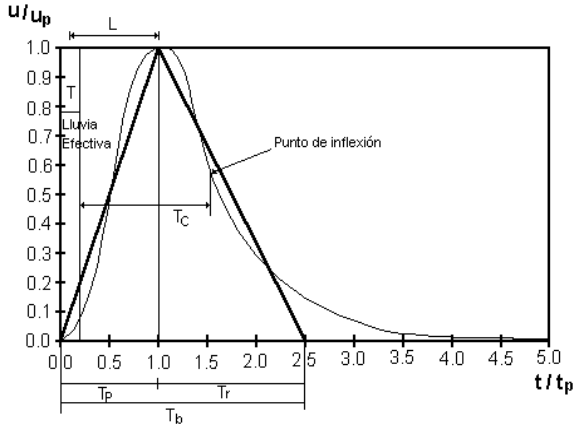
Es importante anotar que solo pocas subcuencas que drenan al río Aburrá contienen registros de lluvia y caudales, por lo que no es posible realizar la calibración y validación de parámetros para cada una de las subcuencas; es decir, se debe realizar una calibración del modelo agregado, según los puntos específicos en los cuales se tienen series de caudal.

En cuanto al modelo HEC-HMS, este presenta distintas opciones para realizar la transformación de precipitación a escorrentía, entre las cuales se encuentran los hidrogramas unitarios de Clark (1945), Snyder y SCS, así como la posibilidad de emplear un hidrograma específico, definido previamente por el usuario. Para el presente estudio se calibró el método del hidrograma unitario del SCS.

#### 5.5.2.1 Hidrograma unitario del SCS

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, (Soil Conservation Service, SCS) desarrolló un hidrograma unitario adimensional a partir de una serie de hidrógrafas observadas, correspondientes a cuencas de diversos tamaños, ubicadas en distintos sitios a lo largo de Estados Unidos. Este hidrograma puede ser representado por un hidrograma unitario triangular equivalente, con las mismas unidades de tiempo y caudal, teniendo por consiguiente el mismo porcentaje del volumen en el lado creciente del Hidrograma como se observa en la Figura 18.

***Figura 18. Hidrograma unitario adimensional del SCS (Velez y Smith, 1997)***




#### *5.5.2.2 Caudal pico*

El caudal pico, en pies pie$^3$/s, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$U_p = \frac{484 * A_c}{T_p} \quad (17)$$

Donde $U_P$ es el caudal pico correspondiente a un Hidrograma Unitario, $A_C$ es el área de la cuenca en millas cuadradas y $T_P$ es el tiempo al pico en horas.

#### 5.5.2.3 *Tiempo de concentración según el SCS.*

El tiempo de concentración, se define como el tiempo que transcurre desde el final de la lluvia efectiva hasta el punto de inflexión de la rama decreciente del Hidrograma Unitario. Con base en esto, el SCS propone una relación promedio entre el tiempo de rezago $T_R$ y el tiempo de concentración $T_C$, como:

$$\mathrm{TC} = 5/3\ \mathrm{TR} \tag{18}$$

El tiempo de rezago, definido como el tiempo en horas desde el centroide del hietograma de la precipitación efectiva hasta el caudal pico del hidrograma unitario, puede estimarse como:

$$T_R = \frac{L_c^{0.8} * (S+1)^{0.7}}{1900 * S_c^{0.5}} \tag{19}$$

Donde $L_C$ es la longitud del canal principal en pies, $S_C$ es la pendiente promedio de la cuenca en porcentaje y S es el factor de retención o almacenamiento en pulgadas.

El factor de retención o almacenamiento S se obtiene del método de la S.C.S para perdidas mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \tag{20}$$

Donde CN es el Número de Curva explicado anteriormente.

#### 5.5.2.4 *Duración del Hidrograma Unitario, T*

El tiempo al pico, $T_P$ está dado como:

$$T_p = \frac{T}{2} + T_R \tag{21}$$

Donde T es la duración de la lluvia efectiva en horas y $T_R$ es el tiempo de rezago, en horas. La relación promedio entre el rezago y el tiempo de concentración, puede escribirse de la siguiente manera:

$$T_R = 0.6\ T_C \tag{22}$$

Los valores del tiempo de rezago según esta expresión son los mismos obtenidos para el Hidrograma Unitario de Snyder. La relación entre la duración T de la precipitación efectiva a la cual se quiere construir el hidrograma unitario y el tiempo de concentración está dada como:

$$T = 0.133\ T_C \quad (23)$$

### 5.5.3 Método de tránsito en canales

El método de tránsito de en canales, se utilizó el método de Muskingum–Cunge es una formulación hidrológica e hidráulica ampliamente utilizada para simular la propagación de ondas de crecida a lo largo de canales abiertos. Este método constituye una evolución del esquema clásico de Muskingum, ya que incorpora fundamentos físicos derivados de las ecuaciones del flujo no permanente, en particular la ecuación de continuidad y una forma simplificada de la ecuación de cantidad de movimiento. Gracias a esta base teórica, los parámetros del modelo dejan de ser puramente empíricos y pueden relacionarse directamente con las características hidráulicas del canal.

El enfoque se fundamenta en la aproximación difusiva de la onda de crecida, en la cual se asume que los términos de inercia del flujo son despreciables frente a los efectos de gravedad y fricción. Bajo esta hipótesis, el tránsito de caudales puede representarse mediante una ecuación de almacenamiento que relaciona el volumen almacenado en un tramo de canal con una combinación ponderada de los caudales de entrada y salida. En este contexto, el parámetro de almacenamiento K se interpreta como un tiempo característico de tránsito de la onda a lo largo del tramo, mientras que el parámetro de ponderación X controla el grado de atenuación y difusión del hidrograma.

Una de las principales ventajas del método radica en que estos parámetros pueden estimarse a partir de propiedades físicas del sistema, tales como la longitud del tramo, la pendiente del canal, la rugosidad y la geometría de la sección transversal. En particular, el parámetro K se asocia con el tiempo de viaje de la onda, el cual depende de la celeridad del flujo, mientras que el parámetro X se vincula con los procesos de difusión hidráulica que determinan la dispersión del hidrograma a medida que se desplaza aguas abajo.

Desde el punto de vista físico, el método representa dos procesos fundamentales en el tránsito de crecientes. El primero es la traslación de la onda, que describe el desplazamiento del caudal pico a lo largo del canal. El segundo es la atenuación, que corresponde a la disminución de dicho pico como resultado del almacenamiento temporal y la disipación de energía. Esta capacidad de representar simultáneamente ambos procesos convierte al método en una herramienta más robusta que los enfoques hidrológicos puramente empíricos, especialmente en condiciones de flujo gradualmente variado.

No obstante, el método presenta ciertas limitaciones asociadas a las hipótesis simplificadoras adoptadas en su formulación. Su aplicación es más adecuada en

canales donde el flujo puede considerarse aproximadamente uniforme y gradualmente variado, y puede no representar con precisión fenómenos altamente no lineales, como aquellos descritos por la onda dinámica completa. A pesar de ello, su equilibrio entre rigor físico y eficiencia computacional lo convierte en una opción ampliamente utilizada en modelos hidrológicos como HEC HMS, especialmente en estudios de crecientes de diseño y análisis de respuesta hidrológica a escala de cuenca. En la Tabla 8 se presentan los parámetros estimados para implementar el método de tránsito de Muskingum–Cunge.

***Tabla 8. Parámetros del método de tránsito de Muskingum–Cunge***

| Tramo | Longitud (m) | Pendiente (m/m) | Caudal índice ($m^3/s$) | Ancho (m) | Talud lateral (XH:1V) | Cota de fondo (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tramo1** | 991.19 | 0.00175 | 34.47 | 29.2 | 2 | 2071 |
| **Tramo2** | 2999.36 | 0.00055 | 33.94 | 29 | 2 | 2071 |
| **Tramo3** | 795.12 | 0.00045 | 33.66 | 28.9 | 2 | 2071 |
| **Tramo4** | 2221.37 | 0.00115 | 29.31 | 27.2 | 2 | 2071 |
| **Tramo5** | 792.76 | 0.00006 | 23.01 | 24.3 | 2 | 2069 |
| **Tramo6** | 5311.83 | 0.00083 | 20.1 | 23.2 | 2 | 2069 |
| **Tramo7** | 493.35 | 0.00219 | 13.5 | 19.6 | 2 | 2082 |
| **Tramo8** | 538.35 | 0.00121 | 13.11 | 19.3 | 2 | 2082 |
| **Tramo9** | 3857.68 | 0.00142 | 12.8 | 19 | 2 | 2083 |
| **Tramo10** | 2384.3 | 0.00109 | 12.24 | 18.6 | 2 | 2088 |
| **Tramo11** | 4540.94 | 0.00167 | 10.78 | 17.5 | 2 | 2093 |
| **Tramo12** | 924.68 | 0.00042 | 10.48 | 17.2 | 2 | 2097 |
| **Tramo13** | 910.83 | 0.00157 | 9.94 | 16.8 | 2 | 2101 |
| **Tramo14** | 944.83 | 0.00422 | 9.86 | 16.7 | 2 | 2101 |
| **Tramo15** | 5032.99 | 0.00189 | 6.31 | 14.2 | 2 | 2086 |
| **Tramo16** | 209.35 | 0.00001 | 5.54 | 13.4 | 2 | 2090 |
| **Tramo17** | 1569.18 | 0.00148 | 6.23 | 14.7 | 2 | 2076 |
| **Tramo18** | 4434.43 | 0.00438 | 9.59 | 16.5 | 2 | 2107 |
| **Tramo19** | 184.85 | 0.00321 | 4.33 | 12.1 | 2 | 2071 |
| **Tramo20** | 1327.96 | 0.00115 | 6.07 | 14.5 | 2 | 2077 |
| **Tramo21** | 2283.36 | 0.00072 | 9.37 | 16.3 | 2 | 2118 |
| **Tramo22** | 2523.86 | 0.00266 | 5.13 | 13 | 2 | 2090 |
| **Tramo23** | 2647.65 | 0.0017 | 4.33 | 11.6 | 2 | 2074 |
| **Tramo24** | 1316.1 | 0.00275 | 8.03 | 16 | 2 | 2123 |

| Tramo | Longitud (m) | Pendiente (m/m) | Caudal índice ($m^3/s$) | Ancho (m) | Talud lateral (XH:1V) | Cota de fondo (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tramo25** | 2756.58 | 0.0017 | 5.71 | 14.1 | 2 | 2079 |
| **Tramo26** | 203.99 | 0.00823 | 5.409 | 13.7 | 2 | 2088 |
| **Tramo27** | 752.7 | 0.01641 | 4.24 | 15.2 | 2 | 2130 |
| **Tramo28** | 1676.67 | 0.00359 | 5.4 | 13.5 | 2 | 2088 |
| **Tramo29** | 2632.02 | 0.00138 | 3.94 | 10.9 | 2 | 2077 |
| **Tramo30** | 1972.5 | 0.00504 | 4.22 | 11.6 | 2 | 2130 |
| **Tramo31** | 782.19 | 0.0043 | 3.49 | 10.7 | 2 | 2083 |
| **Tramo32** | 4880.58 | 0.0019 | 2.89 | 9.6 | 2 | 2069 |
| **Tramo34** | 4791.09 | 0.0016 | 4.29 | 12 | 2 | 2095 |
| **Tramo35** | 2084.8 | 0.00393 | 3.93 | 11.2 | 2 | 2145 |
| **Tramo36** | 2379.51 | 0.00282 | 5.18 | 13.4 | 2 | 2091 |
| **Tramo37** | 1915.66 | 0.0019 | 3.28 | 10.4 | 2 | 2083 |
| **Tramo39** | 1722.88 | 0.00331 | 2.89 | 9.7 | 2 | 2090 |
| **Tramo40** | 3241.55 | 0.00235 | 3.96 | 10.9 | 2 | 2104 |
| **Tramo41** | 2353.71 | 0.00304 | 3.68 | 11.5 | 2 | 2100 |
| **Tramo42** | 4235.61 | 0.00422 | 2.61 | 9 | 2 | 2094 |
| **Tramo43** | 1003.76 | 0.00242 | 2.67 | 9.4 | 2 | 2096 |
| **Tramo45** | 1169.33 | 0.00296 | 3.09 | 10.5 | 2 | 2113 |
| **Tramo46** | 3620.32 | 0.00717 | 2.1 | 8.7 | 2 | 2145 |
| **Tramo47** | 503.7 | 0.00285 | 2.84 | 10.2 | 2 | 2115 |
| **Tramo48** | 1658.44 | 0.0052 | 3.57 | 11.3 | 2 | 2108 |
| **Tramo49** | 1040.83 | 0.02173 | 1.72 | 7.9 | 2 | 2175 |
| **Tramo50** | 1406.1 | 0.00163 | 2.49 | 9.6 | 2 | 2116 |
| **Tramo51** | 1300.04 | 0.00265 | 3.08 | 10.6 | 2 | 2113 |
| **Tramo52** | 4680.23 | 0.01645 | 1.6 | 7.6 | 2 | 2145 |
| **Tramo53** | 542.49 | 0.00252 | 2.19 | 9.1 | 2 | 2120 |
| **Tramo55** | 1185.89 | 0.0035 | 1.39 | 7.8 | 2 | 2093 |
| **Tramo56** | 1280.54 | 0.00553 | 1.31 | 6.6 | 2 | 2223 |
| **Tramo58** | 1565.24 | 0.00274 | 1.63 | 7.9 | 2 | 2120 |
| **Tramo59** | 4945.5 | 0.00533 | 2.36 | 7.8 | 2 | 2104 |
| **Tramo60** | 3270.55 | 0.02315 | 1.71 | 7.9 | 2 | 2201 |
| **Tramo61** | 1770.45 | 0.00984 | 0.97 | 6.5 | 2 | 2238 |
| **Tramo62** | 1367.96 | 0.00351 | 1.41 | 7.4 | 2 | 2123 |

| Tramo | Longitud (m) | Pendiente (m/m) | Caudal índice ($m^3/s$) | Ancho (m) | Talud lateral (XH:1V) | Cota de fondo (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tramo63** | 2903.54 | 0.004 | 1.79 | 8.8 | 2 | 2118 |
| **Tramo65** | 6552.04 | 0.00261 | 2.1 | 8.5 | 2 | 2096 |
| **Tramo66** | 1279.68 | 0.0036 | 1.2 | 6.9 | 2 | 2130 |
| **Tramo68** | 1737.88 | 0.0085 | 1.22 | 7.5 | 2 | 2129 |
| **Tramo69** | 767.19 | 0.00197 | 1.35 | 7.5 | 2 | 2115 |
| **Tramo70** | 2646.93 | 0.00574 | 1.26 | 6.3 | 2 | 2127 |
| **Tramo72** | 1235.54 | 0.00502 | 0.1 | 4.6 | 2 | 2077 |
| **Tramo73** | 366.27 | 0.00817 | 1.14 | 7.3 | 2 | 2146 |
| **Tramo76** | 726.34 | 0.00322 | 1.09 | 6.3 | 2 | 2117 |
| **Tramo77** | 599.77 | 0.00296 | 0.9 | 6.3 | 2 | 2146 |
| **Tramo78** | 3270.05 | 0.03701 | 0.96 | 6.5 | 2 | 2123 |
| **Tramo79** | 3029.48 | 0.03074 | 0.98 | 6.2 | 2 | 2278 |
| **Tramo82** | 6285.26 | 0.01103 | 0.74 | 2.4 | 2 | 2096 |
| **Tramo84** | 982.76 | 0.01001 | 0.78 | 6.3 | 2 | 2151 |
| **Tramo86** | 1397.96 | 0.00516 | 0.2 | 4.4 | 2 | 2083 |
| **Tramo87** | 434.41 | 0.01403 | 0.2 | 4.8 | 2 | 2159 |
| **Tramo88** | 2884.36 | 0.00908 | 1.17 | 6.8 | 2 | 2133 |
| **Tramo92** | 2580.22 | 0.00763 | 0.4 | 4.5 | 2 | 2106 |
| **Tramo93** | 1791.31 | 0.03345 | 0.77 | 5.6 | 2 | 2375 |
| **Tramo95** | 5332.36 | 0.00531 | 0.5 | 7.5 | 2 | 2096 |
| **Tramo97** | 1934.09 | 0.00421 | 1.08 | 4.7 | 2 | 2118 |
| **Tramo98** | 3094.34 | 0.01173 | 0.74 | 4.8 | 2 | 2241 |
| **Tramo100** | 4637.59 | 0.01302 | 0.82 | 5.2 | 2 | 2144 |
| **Tramo101** | 7799.92 | 0.0054 | 0.4 | 4.9 | 2 | 2088 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 5.5.4 Tormenta de diseño

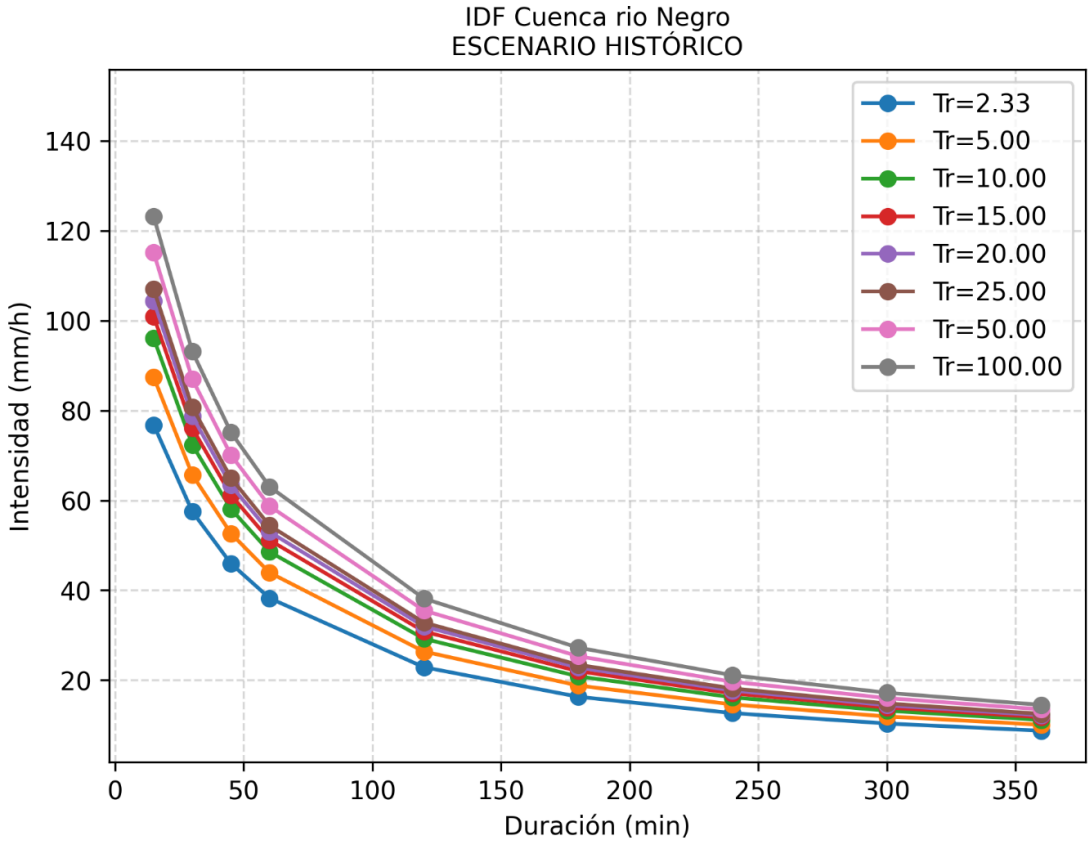
Para la estimación de los caudales máximos es posible emplear metodologías basadas en hidrogramas sintéticos en aquellas zonas donde no se dispone de series históricas de caudal. En estos casos, uno de los insumos fundamentales corresponde a las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF), a partir de las cuales se define la tormenta de diseño asociada a los diferentes periodos de retorno.

### 5.5.4.1 Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)

En el presente estudio se emplearon las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) generadas en el marco del Convenio Interadministrativo No. S-CI-718-2024, suscrito entre CORNARE y la Universidad de Antioquia, mediante el cual se estimaron curvas IDF para toda la jurisdicción de CORNARE, tanto para el período histórico como para escenarios de cambio climático.

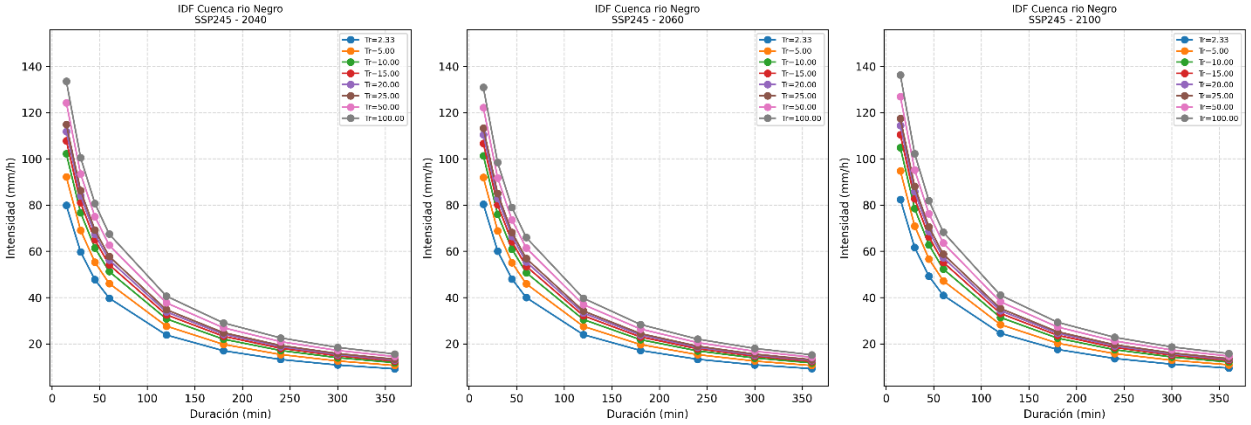
A partir del aplicativo desarrollado en el citado convenio, se obtuvieron las curvas IDF específicas para la cuenca hidrográfica del río Negro, considerando como punto de cierre la vereda El Socorro, en el municipio de Marinilla, las cuales fueron utilizadas como insumo fundamental para la estimación de la tormenta de diseño y el cálculo de los caudales máximos en el área de estudio (ver Figura 19 y Figura 20).

***Figura 19. Curva de intensidad, duración y frecuencia para la cuenca del río Negro para el escenario histórico.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 20. Curvas de intensidad, duración y frecuencia para el corto mediano y largo plazo para el escenario de cambio climático tendencial (SSP2-4.5) para la cuenca del río Negro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

El análisis de las intensidades de precipitación de diseño para la cuenca del río Negro, calculadas para la duración de la tormenta de diseño 499 minutos (tiempo de concentración de la cuenca), evidencia cambios sistemáticos en la intensidad de la lluvia extrema bajo los escenarios de cambio climático, con incrementos que se intensifican tanto con el período de retorno como con el horizonte temporal (ver Tabla 9).

***Tabla 9. Intensidades de diseño para la cuenca del río Negro para diferentes periodos de retorno y escenarios de cambio climático.***

| Escenario | Duración de la tormenta [minutos] | Periodo de retorno [años] | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 2.33 | 15 | 100 |
| | | Intensidad [mm/h] | Intensidad [mm/h] | Intensidad [mm/h] |
| **Histórico** | 499 | 6.45 | 8.64 | 10.62 |
| **SSP 245 corto plazo** | 499 | 6.73 | 9.18 | 11.43 |
| **SSP 245 mediano plazo** | 499 | 6.78 | 9.07 | 11.17 |
| **SSP 245 largo plazo** | 499 | 6.96 | 9.38 | 11.59 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En el escenario histórico, las intensidades varían entre 6.45 mm/h para un período de retorno de 2.33 años, 8.64 mm/h para 15 años y 10.62 mm/h para 100 años, lo que define una línea base del régimen de lluvias en la cuenca.

Bajo el escenario SSP 2-4.5, se observa un incremento progresivo de las intensidades respecto al histórico en todos los horizontes temporales. En el corto plazo, las intensidades aumentan entre 4 % y 8 %, alcanzando 11.43 mm/h para el evento de 100 años. En el mediano plazo, aunque el incremento es ligeramente menor para los períodos de retorno intermedios, las intensidades siguen siendo superiores al escenario histórico. En el largo plazo, el aumento se acentúa, con intensidades de hasta 11.59 mm/h para 100 años, lo que representa un incremento cercano al 9 % frente a la condición histórica. Este comportamiento indica una mayor persistencia de eventos intensos, incluso bajo un escenario de mitigación intermedia.

Las IDF muestran que la cuenca del río Negro podría enfrentar, especialmente hacia finales de siglo, eventos de lluvia más intensos y persistentes, con un impacto directo sobre la generación de escorrentía, el dimensionamiento de obras hidráulicas y la estimación de crecientes de diseño.

#### 5.5.4.2 Factor de reducción por área

El factor de reducción por área (FRA), también conocido como Areal Reduction Factor, es un coeficiente utilizado en hidrología para ajustar la precipitación máxima puntual, generalmente obtenida a partir de curvas intensidad–duración–frecuencia (IDF), a una precipitación media representativa sobre un área determinada. Este ajuste es necesario debido a que los valores de precipitación extrema registrados en estaciones pluviométricas corresponden a mediciones puntuales, mientras que en una cuenca hidrográfica la lluvia presenta una distribución espacial variable y, por lo tanto, el valor promedio sobre el área resulta menor que el valor máximo puntual.

El fundamento del factor de reducción por área radica en la naturaleza espacialmente heterogénea de los eventos de precipitación. A medida que aumenta el tamaño del área de análisis, disminuye la probabilidad de que la intensidad máxima puntual se presente de manera uniforme en toda la superficie. En consecuencia, la precipitación media sobre un área tiende a ser inferior a la precipitación puntual extrema. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado mediante análisis empíricos que relacionan el tamaño del área, la duración de la tormenta y el periodo de retorno, dando lugar a curvas FRA desarrolladas por diferentes organismos y autores.

En términos generales, el factor de reducción por área se define como la relación entre la precipitación media sobre un área y la precipitación máxima puntual para una misma duración y periodo de retorno. Su valor es siempre menor o igual a la unidad y decrece a medida que aumenta el área de la cuenca. Para áreas pequeñas, el factor tiende a valores cercanos a uno, mientras que para cuencas de mayor extensión puede reducirse significativamente, reflejando la mayor variabilidad espacial de la precipitación.

Para la cuenca del río Negro, con un área de 785.77 km², la adopción de un factor de reducción por área del orden de 0.7 se considera adecuada y consistente con rangos reportados en la literatura. Diversos estudios indican que para cuencas con áreas comprendidas aproximadamente entre 500 y 1000 km², los valores del FRA suelen ubicarse entre 0.6 y 0.8, dependiendo de la duración de la tormenta y las condiciones climáticas regionales.

En el contexto de la cuenca del río Negro, caracterizada por una topografía compleja y un régimen de precipitación convectivo frecuente, la variabilidad espacial de la lluvia es significativa. Este tipo de sistemas tiende a generar núcleos de alta intensidad de extensión limitada, lo que implica que las máximas intensidades puntuales difícilmente se distribuyen de manera homogénea sobre toda la cuenca. En este sentido, la adopción de un factor de reducción de 0.7 permite representar de manera razonable la disminución esperada entre la precipitación puntual extrema y la precipitación media sobre la cuenca.

Adicionalmente, el uso de un valor intermedio como 0.7 introduce un balance para la estimación de las crecientes de diseño. Valores cercanos a la unidad podrían sobreestimar los volúmenes de escorrentía al asumir una distribución espacial uniforme de la lluvia, mientras que valores demasiado bajos podrían subestimar los caudales de diseño. Por lo tanto, el valor adoptado resulta coherente con las características hidrometeorológicas de la cuenca y con prácticas comunes en estudios de modelación hidrológica a escala regional.

#### 5.5.4.3 Distribución temporal de la lluvia

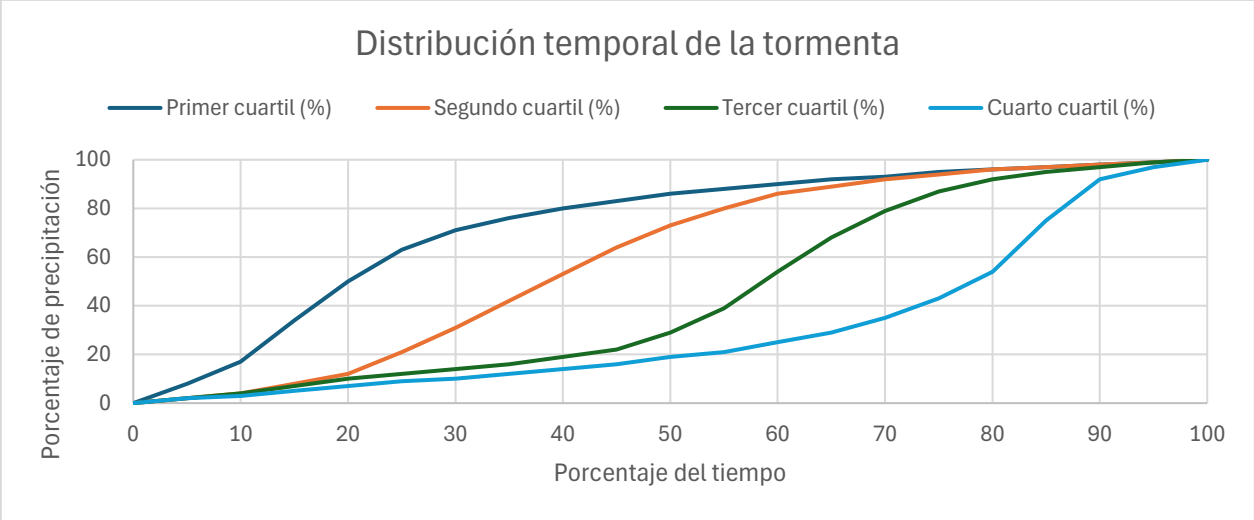
La distribución temporal de la precipitación en tormentas de diseño es un aspecto fundamental en la modelación hidrológica, ya que influye directamente en la generación de escorrentía y en la magnitud de los caudales pico. Entre los métodos más utilizados para representar dicha distribución se encuentra el propuesto por (Huff, 1990), el cual se basa en el análisis estadístico de eventos reales de precipitación y permite construir hietogramas adimensionales a partir de la fracción acumulada de lluvia en función del tiempo relativo de la tormenta.

El método de Huff clasifica los eventos de precipitación en cuatro tipos o cuartiles, según el momento en el cual ocurre el máximo de intensidad dentro de la duración total del evento. En el primer cuartil, la mayor parte de la lluvia se concentra al inicio de la tormenta; en el segundo cuartil, el pico de intensidad ocurre en el segundo cuarto de la duración total; en el tercer cuartil, las mayores intensidades se presentan hacia la mitad final del evento; y en el cuarto cuartil, el máximo de precipitación se registra al final de la tormenta. Esta clasificación permite representar diferentes patrones de evolución temporal de la lluvia, los cuales tienen implicaciones directas en la respuesta hidrológica de la cuenca.

Los hietogramas de Huff se construyen a partir de curvas de masa adimensionales que relacionan el porcentaje de tiempo transcurrido con el porcentaje acumulado de precipitación (ver Figura 21). Estas curvas se derivan de análisis empíricos y permiten distribuir la lluvia total de diseño en el tiempo de manera consistente con el comportamiento observado en eventos reales. En este sentido, la selección del cuartil más representativo constituye un aspecto clave en la modelación.

Para la cuenca del río Negro, cuyo tiempo de concentración se ha estimado en 8.32 horas, se adopta la distribución correspondiente al segundo cuartil. Esta decisión se fundamenta en la relación entre la duración característica de la tormenta y el tiempo de respuesta de la cuenca. En particular, para tormentas cuya duración efectiva se encuentra en el rango de 6 a 12 horas, como es el caso analizado, el segundo cuartil resulta representativo de eventos en los cuales las intensidades máximas se presentan después de un periodo inicial de acumulación de humedad, pero antes de la fase final del evento.

***Figura 21. Curvas de Huff para realizar la distribución temporal de la tormenta.***




Desde el punto de vista hidrológico, la selección del segundo cuartil es consistente con una condición en la cual la cuenca ha alcanzado un estado de humedad antecedente significativo al momento en que ocurre el pico de intensidad de la lluvia. Esto favorece la generación de escorrentía directa y contribuye a la formación de caudales máximos representativos para condiciones de diseño. En contraste, el primer cuartil tiende a concentrar la precipitación al inicio del evento, cuando las pérdidas iniciales aún son relevantes, lo que puede subestimar el caudal pico. Por su parte, los cuartiles tercero y cuarto desplazan las mayores intensidades hacia etapas más tardías, lo que puede

resultar en una respuesta hidrológica más atenuada en cuencas con tiempos de concentración relativamente cortos.

#### 5.5.4.4 Escenarios de lluvia

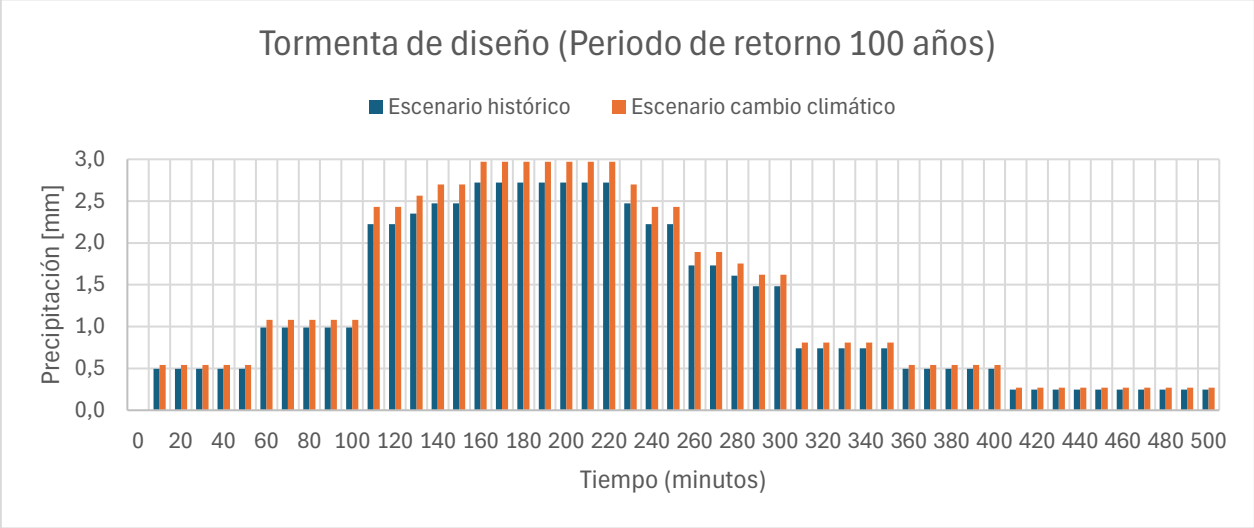
Se consideraron dos escenarios de precipitación para la estimación de la tormenta de diseño: un escenario histórico de referencia y un escenario de cambio climático correspondiente a la trayectoria de emisiones intermedia SSP2-4.5 en el horizonte de largo plazo. La inclusión de este último escenario tiene como objetivo incorporar los posibles efectos del cambio climático sobre la intensidad y magnitud de los eventos de precipitación extrema, los cuales pueden traducirse en incrementos en los caudales de diseño y, por ende, en mayores niveles de riesgo hidrológico.

A partir de las curvas intensidad–duración–frecuencia ajustadas para cada escenario, y una vez aplicado el factor de reducción por área, se estimaron las láminas de precipitación de diseño para un periodo de retorno de 100 años. Para el escenario histórico se obtuvo una lámina de 61.8 mm, mientras que para el escenario de cambio climático se estimó una lámina de 67.5 mm, lo que representa un incremento aproximado del 9.2 %. Este aumento es consistente con la señal proyectada de intensificación de eventos extremos bajo condiciones de calentamiento global, particularmente en regiones con influencia de procesos convectivos.

Posteriormente, las láminas de precipitación fueron distribuidas temporalmente mediante el método de Huff, adoptando el segundo cuartil como representación de la estructura temporal de la tormenta, en coherencia con el tiempo de concentración de la cuenca y las características hidrometeorológicas de la región. Este procedimiento permitió construir los hietogramas de diseño para ambos escenarios, garantizando una representación realista de la evolución temporal de la lluvia.

En la Figura 2 se presenta la distribución temporal de las tormentas de diseño correspondientes al escenario histórico y al escenario de cambio climático, donde se evidencia tanto la diferencia en magnitud de las láminas como la similitud en la estructura temporal adoptada para su representación.

***Figura 22. Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 100 años para los escenarios histórico y cambio climático.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

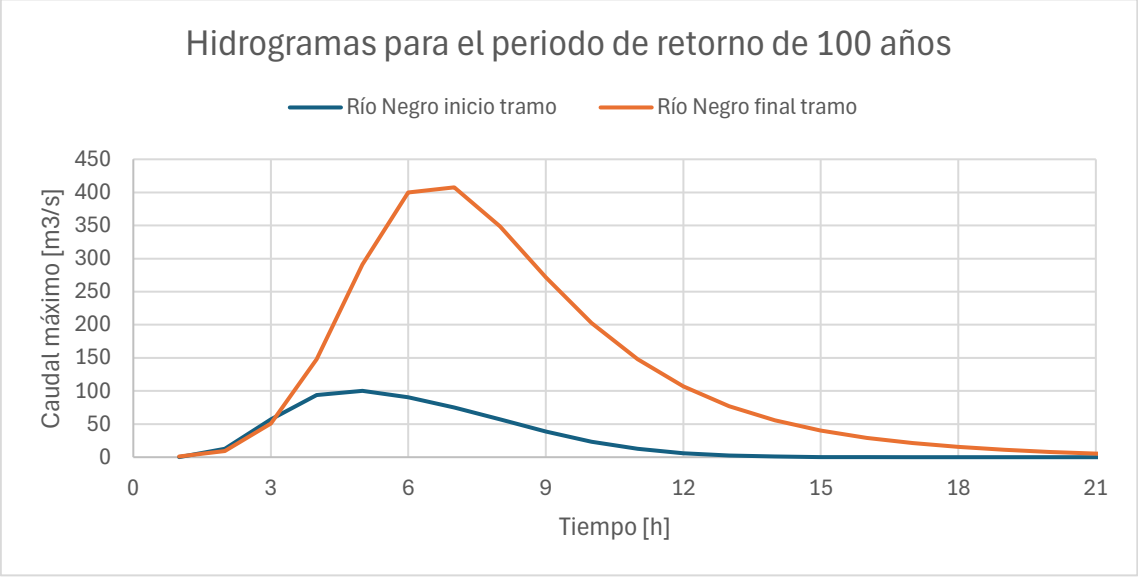
Todos los parámetros utilizados para la modelación hidrológica semidistribuida pueden consultarse en el Anexo Hidrológico 1.

### 5.5.5 Resultados de la modelación hidrológica

En la Figura 23 se presentan los hidrogramas estimados para el río Negro, correspondientes al período de retorno de 100 años, en las secciones ubicadas al inicio y al final del tramo de estudio. Por su parte, la Figura 24 muestra los hidrogramas estimados para las mismas secciones bajo el escenario de período de retorno de 100 años incorporando la señal de cambio climático.

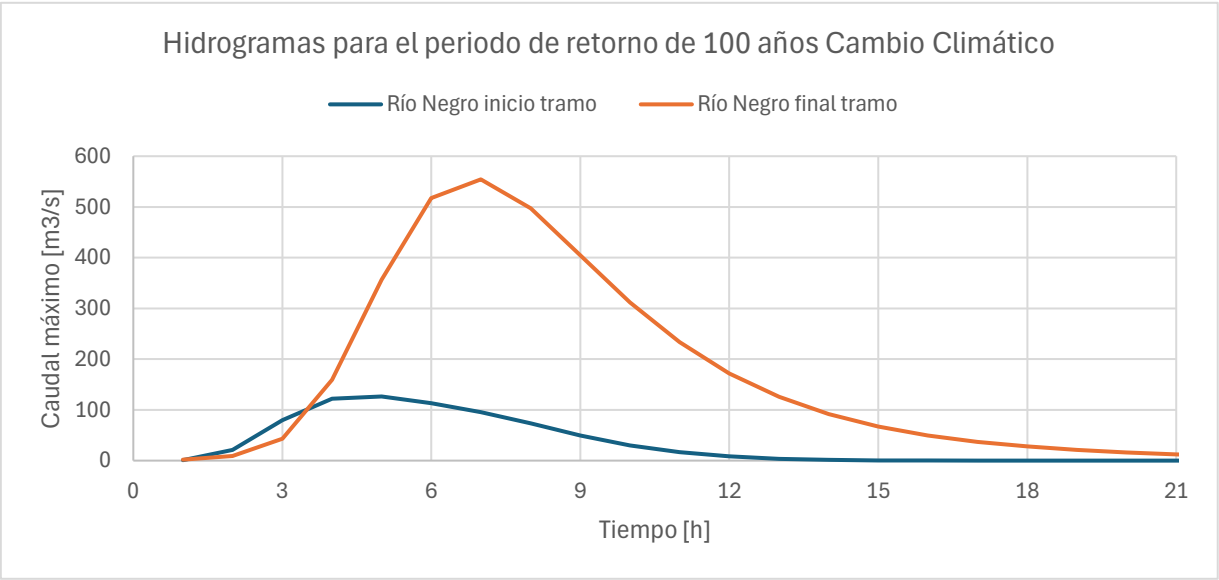
La comparación entre ambas figuras permite evidenciar el incremento significativo de los caudales pico y del volumen de las crecientes cuando se considera la señal de cambio climático, particularmente en el tramo final del río, donde los efectos acumulados de los aportes de las subcuencas tributarias y la sincronización de las escorrentías generan una amplificación de la respuesta hidrológica. Estos resultados ponen de manifiesto la alta sensibilidad del río Negro ante posibles cambios en las condiciones climáticas futuras y resaltan la importancia de incorporar escenarios prospectivos de cambio climático en la evaluación de la amenaza por inundación y en la formulación de estrategias de adaptación y gestión del riesgo.

***Figura 23. Hidrogramas estimados para el río Negro para un periodo de retorno de 100 años al inicio y al final del tramo de estudio.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 24. Hidrogramas estimados para el río Negro para un periodo de retorno de 100 años al inicio y al final del tramo de estudio con señal de cambio climático.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

La simulación hidrológica del evento asociado al período de retorno de 100 años evidencia una respuesta significativamente diferente entre el inicio y el final del tramo modelado del río Negro, así como un incremento sustancial de las crecientes al incorporar la señal de cambio climático.

Bajo las condiciones actuales, el hidrograma en la sección de entrada del tramo presenta un caudal pico de 100.2 m³/s, alcanzado aproximadamente a las 5 horas de iniciado el evento, mientras que en la sección final del tramo el caudal máximo asciende a 407.6 m³/s y se presenta alrededor de las 7 horas. Esto representa un incremento cercano al 307 % entre ambas secciones y un desfase temporal de aproximadamente dos horas entre los picos de creciente. El importante aumento del caudal a lo largo del corredor fluvial pone de manifiesto la relevancia de los aportes de las subcuencas tributarias y de las áreas de drenaje intermedias en la generación de las crecientes extremas del río Negro.

Al incorporar la señal de cambio climático, el comportamiento hidrológico de la cuenca se intensifica de manera considerable. En la sección de entrada, el caudal pico aumenta de 100.2 m³/s a 126.4 m³/s, lo que representa un incremento aproximado del 26 %. Sin embargo, el efecto es mucho más significativo en la sección final del tramo, donde el caudal máximo se incrementa de 407.6 m³/s a 554.3 m³/s, equivalente a un aumento cercano al 36 %. Este comportamiento evidencia que los efectos del cambio climático no solo generan un aumento en las magnitudes de las crecientes, sino que también producen una amplificación progresiva de la respuesta hidrológica a medida que la onda de avenida se propaga aguas abajo y se integran los aportes de las diferentes subcuencas.

Adicionalmente, los hidrogramas obtenidos bajo el escenario de cambio climático presentan una mayor persistencia de caudales altos. En la sección final del tramo, los caudales permanecen por encima de 300 m³/s durante aproximadamente cinco horas y superan los 200 m³/s durante cerca de siete horas, lo que implica un aumento significativo en el volumen de escorrentía y en la duración potencial de las inundaciones. Esta situación es particularmente relevante en un sistema fluvial de planicie como el río Negro, donde la permanencia prolongada de niveles elevados favorece el desbordamiento hacia las llanuras inundables y aumenta la profundidad y extensión de las áreas afectadas.

Los resultados evidencian que la incorporación de la señal de cambio climático no genera únicamente un incremento uniforme de los caudales máximos, sino que modifica de manera importante la dinámica de las crecientes, aumentando tanto los caudales pico como el volumen y la duración de los eventos extremos. En consecuencia, las zonas actualmente susceptibles a inundación podrían experimentar eventos de mayor severidad, mientras que áreas que históricamente no han sido afectadas podrían comenzar a presentar condiciones de amenaza por inundación en el futuro.

Desde el punto de vista de la gestión del riesgo, estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de incorporar escenarios de cambio climático en los estudios de amenaza y en los procesos de planificación territorial, dado que las condiciones hidrológicas futuras podrían superar significativamente las condiciones históricas utilizadas tradicionalmente para el diseño y la delimitación de zonas inundables. Por esta razón, el escenario de 100 años con señal de cambio climático constituye un ejercicio prospectivo de gran utilidad para que los municipios anticipen posibles cambios en la extensión y severidad de las inundaciones, formulen estrategias de adaptación y fortalezcan las medidas de reducción y gestión del riesgo en el corredor del río Negro.

## 5.6 Caudal máximo instantáneo

Se realizó la búsqueda y recopilación de información de caudales máximos instantáneos disponible en el IDEAM, identificándose dos estaciones localizadas sobre el río Negro (ver Tabla 10).

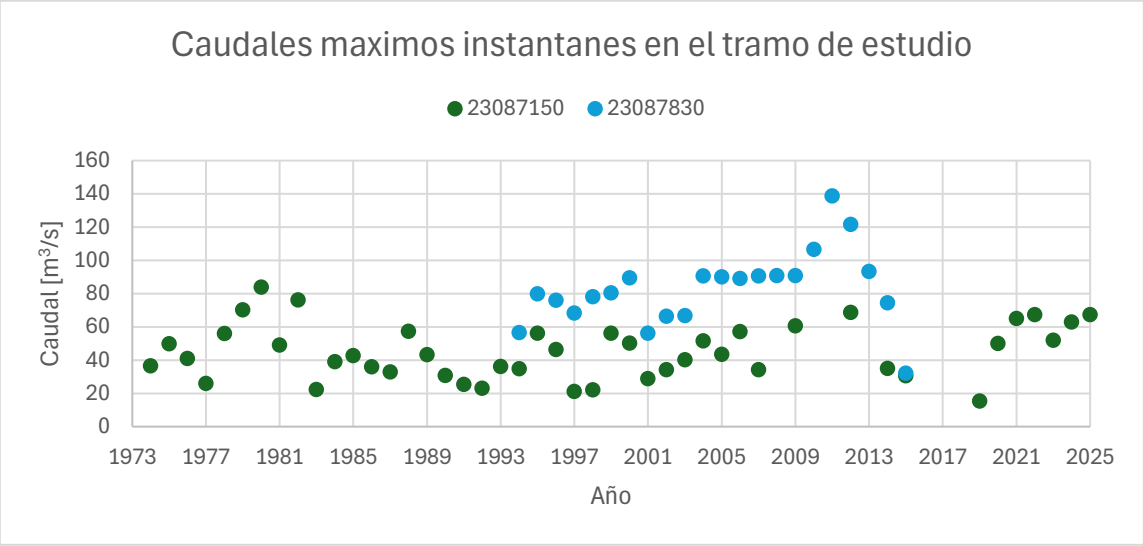
***Tabla 10. Estaciones limnigráficas en el tramo de estudio.***

| Código | Nombre estación | Corriente | Latitud | Longitud | Area de cuenca [km²] |
|---|---|---|---|---|---|
| 23087830 | Fresera La | Negro | 6.200 | -75.334 | 770.9 |
| 23087150 | Puente Real | Negro | 6.143 | -75.380 | 304.0 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En la Figura 25 se presentan las series de caudales máximos instantáneos recopiladas del IDEAM. En primer lugar, se observa una relación coherente entre el área de drenaje y los caudales máximos instantáneos promedio. La estación Fresera La (código 23087830), localizada sobre el río Negro y asociada a la mayor área de cuenca (770.9 km²), presenta el mayor caudal máximo promedio (83.16 m³/s), lo cual es consistente con su posición aguas abajo y con la acumulación progresiva de aportes superficiales. De manera similar, la estación Puente Real (23087150), también sobre el río Negro pero con un área significativamente menor (304 km²), muestra un caudal máximo promedio inferior (45,21 m³/s), reflejando adecuadamente la escala de drenaje.

***Figura 25. Series de caudal máximo en las estaciones del IDEAM.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 5.6.1 Metodología estimación de caudales máximos a partir de series de caudal máximo instantáneo

El análisis de frecuencias es una herramienta estadística fundamental para estimar el comportamiento futuro de los caudales en un punto de interés, a partir de la información histórica disponible. Mediante el ajuste de funciones de distribución de probabilidad a series de caudales máximos observados, es posible estimar la magnitud del caudal asociado a un período de retorno determinado. La confiabilidad de estas estimaciones depende tanto de la longitud y calidad de la serie histórica utilizada como de la incertidumbre inherente a la distribución de probabilidades seleccionada.

Para el cálculo de eventos extremos, Chow (1994) propone el uso de un factor de frecuencia $K$, que cuantifica la desviación de la variable respecto a su media mediante la expresión:

$$x_T = \bar{x} + K * S \quad (24)$$

donde $x_T$ es el cuantil asociado al período de retorno $T$, $\bar{x}$ es la media de la serie histórica, $S$ es la desviación estándar y $K$ es el factor de frecuencia, cuyo valor depende de la distribución de probabilidad adoptada y del período de retorno de interés.

No obstante, dado que diversas funciones de distribución de probabilidad no incorporan explícitamente un factor de frecuencia, resulta necesario ajustar los datos a estas

distribuciones y estimar los cuantiles de interés mediante la función cuantílica, es decir, la inversa de la función de distribución acumulada evaluada en la probabilidad de no excedencia correspondiente a cada período de retorno.

### 5.6.2 Criterios de bondad de ajuste y selección de la distribución

Para verificar si una distribución de probabilidad se ajusta adecuadamente a los datos observados, se emplea la prueba de Kolmogórov--Smirnov, la cual compara la función de distribución acumulada teórica con la función de distribución empírica, generando un estadístico que permite evaluar la bondad del ajuste. Sin embargo, dado que una misma serie de datos puede ajustarse de manera aceptable a múltiples distribuciones, es necesario recurrir a criterios de selección adicionales que permitan identificar la distribución más adecuada de entre las candidatas. Con este propósito se emplean el Criterio de Información de Akaike (Akaike,1974) (AIC, por sus siglas en inglés) y el Criterio de Información Bayesiano (Schwarz, 1978) (BIC, por sus siglas en inglés).

El AIC y el BIC son medidas cuantitativas que evalúan la calidad relativa de los modelos estadísticos mediante un balance entre el ajuste a los datos y la complejidad del modelo, penalizando el sobreajuste y favoreciendo soluciones parsimoniosas. El AIC se define como:

$$AIC = -2\log(\hat{L}) + 2k \tag{25}$$

donde $\log(\hat{L})$ es el logaritmo de la verosimilitud maximizada del modelo, que cuantifica qué tan bien se ajustan los datos observados a la distribución, y *k* es el número de parámetros estimados. El BIC se define de manera análoga, pero introduce una penalización más estricta por la complejidad del modelo en función del tamaño muestral:

$$BIC = -2\log(\hat{L}) + 2\log(n) \tag{26}$$

donde n es el tamaño de la muestra. Dado que $\log(n)$> 2 para muestras de tamaño superior a siete observaciones, el BIC penaliza la complejidad de manera más severa que el AIC, favoreciendo la selección de modelos más simples cuando el ajuste adicional no justifica la incorporación de parámetros extra. En ambos criterios, la distribución preferida es aquella que minimiza el valor del estadístico correspondiente.

En el presente estudio se adoptó el menor valor de BIC como criterio de selección de la distribución de probabilidad. Esta elección es coherente con el principio de parsimonia estadística, según el cual, ante dos modelos con ajuste comparable, debe preferirse aquel de menor complejidad. La distribución seleccionada mediante este criterio ofrece el mejor equilibrio entre capacidad explicativa y generalización, reduciendo el riesgo de

sobreajuste y garantizando que los cuantiles estimados para diferentes períodos de retorno sean estadísticamente robustos y reproducibles.

### 5.6.3 Resultados estimación de caudales máximos a partir de series de caudal máximo instantáneo

La Tabla 11 presenta los resultados del ajuste de diferentes funciones de distribución de probabilidad a los caudales máximos anuales registrados en la estación Puente Real sobre el río Negro. Los indicadores de información AIC y BIC muestran que las distribuciones skew normal (skewnorm), normal truncada (truncnorm) y Gumbel tipo I para máximos (gumbel_r) presentan el mejor desempeño estadístico, al registrar los menores valores de dichos criterios. Además, todas las distribuciones evaluadas superan las pruebas de bondad de ajuste aplicadas, lo que indica que ninguna puede ser descartada desde un punto de vista estrictamente estadístico.

Los caudales estimados para un período de retorno de 2,33 años presentan una baja dispersión, variando entre 45.8 y 53.2 m³/s, con un coeficiente de variación cercano al 4%, lo que evidencia una elevada robustez de las estimaciones para eventos frecuentes. De manera similar, para el período de retorno de 15 años los caudales oscilan entre 69.9 y 79.5 m³/s, mostrando una dispersión moderada y una razonable consistencia entre las diferentes distribuciones.

Sin embargo, para el período de retorno de 100 años la incertidumbre aumenta significativamente, obteniéndose estimaciones entre 78.7 y 113.7 m³/s. Esta amplitud, equivalente a una diferencia aproximada del 44 % entre los valores extremos, es esperable debido a que la extrapolación hacia períodos de retorno elevados depende en gran medida del comportamiento asumido para las colas de las distribuciones de probabilidad. Las distribuciones con colas más pesadas, como laplace_asymmetric y moyal, generan las mayores estimaciones de caudal extremo, mientras que distribuciones más conservadoras, como normal, t, loggamma y gumbel_l, producen los menores valores.

Desde una perspectiva hidrológica, las distribuciones skewnorm, truncnorm, gumbel_r, pearson3 y genextreme presentan un comportamiento más consistente, ya que además de exhibir un adecuado desempeño estadístico producen estimaciones relativamente coherentes entre sí para los diferentes períodos de retorno. Particularmente, la distribución skewnorm, que presenta el menor valor de AIC, estima caudales de 47.8 m³/s, 73.5 m³/s y 91.9 m³/s para períodos de retorno de 2.33, 15 y 100 años, respectivamente, valores que se sitúan próximos al centro del rango de estimaciones y evitan tanto la subestimación como la sobreestimación de los eventos extremos.

*Tabla 11. Caudales máximos estimados para la estación Puente Real .*

| Distribución | AIC | BIC | Ajuste | TR 2.33 | TR 15 | TR 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **skewnorm** | 328.9 | 334.0 | Se ajusta | 47.8 | 73.5 | 91.9 |
| **truncnorm** | 329.1 | 335.8 | Se ajusta | 47.2 | 75.0 | 92.5 |
| **gumbel_r** | 329.1 | 332.5 | Se ajusta | 48.3 | 73.5 | 96.8 |
| **moyal** | 329.6 | 332.9 | Se ajusta | 47.4 | 76.6 | 105.5 |
| **pearson3** | 329.6 | 334.7 | Se ajusta | 48.0 | 74.2 | 96.5 |
| **genextreme** | 330.8 | 335.9 | Se ajusta | 48.9 | 71.6 | 89.1 |
| **genlogistic** | 331.1 | 336.1 | Se ajusta | 48.3 | 73.5 | 96.6 |
| **norm** | 331.5 | 334.9 | Se ajusta | 50.8 | 70.0 | 82.0 |
| **norminvgauss** | 332.3 | 339.1 | Se ajusta | 48.3 | 73.3 | 95.1 |
| **johnsonsu** | 332.6 | 339.4 | Se ajusta | 48.4 | 73.1 | 95.1 |
| **exponnorm** | 332.7 | 337.8 | Se ajusta | 49.2 | 71.8 | 92.7 |
| **jf_skew_t** | 333.4 | 340.2 | Se ajusta | 48.6 | 72.8 | 95.6 |
| **t** | 333.5 | 338.5 | Se ajusta | 50.8 | 70.0 | 82.0 |
| **nct** | 333.5 | 340.3 | Se ajusta | 48.4 | 73.1 | 97.1 |
| **loggamma** | 333.7 | 338.7 | Se ajusta | 50.8 | 69.9 | 81.7 |
| **logistic** | 333.7 | 337.1 | Se ajusta | 49.9 | 70.1 | 86.9 |
| **laplace_asymmetric** | 333.9 | 338.9 | Se ajusta | 45.8 | 79.5 | 113.7 |
| **crystalball** | 335.5 | 342.2 | Se ajusta | 50.8 | 70.0 | 82.0 |
| **hypsecant** | 335.6 | 338.9 | Se ajusta | 49.4 | 70.6 | 90.4 |
| **laplace** | 340.0 | 343.4 | Se ajusta | 49.7 | 72.6 | 95.8 |
| **gumbel_l** | 340.9 | 344.3 | Se ajusta | 53.2 | 70.7 | 78.7 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

La Tabla 12 presenta los resultados del ajuste de diferentes funciones de distribución de probabilidad a los caudales máximos anuales registrados en la estación La Fresera, localizada aguas abajo de la estación Puente Real sobre el río Negro. Los indicadores de información AIC y BIC muestran que la distribución Gumbel tipo I para máximos (gumbel_r) presenta el mejor desempeño estadístico, seguida por las distribuciones moyal, hypsecant y laplace, todas ellas con valores de AIC y BIC muy similares, lo que evidencia que varias funciones de probabilidad representan adecuadamente el comportamiento de la serie de máximos anuales.

Al igual que en la estación Puente Real, todas las distribuciones evaluadas superan las pruebas de bondad de ajuste, indicando que ninguna puede ser rechazada desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, la selección de la distribución más adecuada

debe considerar adicionalmente la coherencia hidrológica de las extrapolaciones hacia períodos de retorno elevados.

***Tabla 12. Caudales máximos estimados para la estación La Fresera .***

| Distribución | AIC | BIC | Ajuste | TR 2.33 | TR 15 | TR 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **gumbel_r** | 185.3 | 187.4 | Se ajusta | 85.8 | 118.6 | 148.8 |
| **moyal** | 186.1 | 188.2 | Se ajusta | 85.1 | 124.2 | 163.1 |
| **hypsecant** | 186.4 | 188.5 | Se ajusta | 86.8 | 111.5 | 134.6 |
| **laplace** | 186.8 | 188.9 | Se ajusta | 91.4 | 118.0 | 145.1 |
| **logistic** | 186.8 | 188.9 | Se ajusta | 87.1 | 111.4 | 131.6 |
| **exponnorm** | 187.1 | 190.3 | Se ajusta | 86.1 | 116.2 | 145.5 |
| **pearson3** | 187.2 | 190.3 | Se ajusta | 86.1 | 117.6 | 143.1 |
| **genextreme** | 187.2 | 190.4 | Se ajusta | 86.2 | 117.1 | 143.1 |
| **genlogistic** | 187.3 | 190.4 | Se ajusta | 86.0 | 117.3 | 145.8 |
| **skewnorm** | 187.6 | 190.8 | Se ajusta | 86.9 | 117.1 | 138.6 |
| **laplace_asymmetric** | 188.0 | 191.1 | Se ajusta | 89.8 | 111.7 | 133.9 |
| **norm** | 188.0 | 190.1 | Se ajusta | 89.0 | 114.6 | 130.5 |
| **t** | 188.9 | 192.1 | Se ajusta | 85.4 | 110.9 | 135.3 |
| **johnsonsu** | 189.2 | 193.4 | Se ajusta | 86.1 | 117.1 | 143.7 |
| **norminvgauss** | 189.2 | 193.4 | Se ajusta | 86.2 | 117.1 | 142.9 |
| **jf_skew_t** | 189.2 | 193.4 | Se ajusta | 86.1 | 116.9 | 144.5 |
| **nct** | 189.2 | 193.4 | Se ajusta | 86.1 | 116.9 | 144.6 |
| **loggamma** | 190.1 | 193.3 | Se ajusta | 89.1 | 115.0 | 131.1 |
| **genhyperbolic** | 191.2 | 196.4 | Se ajusta | 86.1 | 117.6 | 143.1 |
| **crystalball** | 192.0 | 196.1 | Se ajusta | 89.0 | 114.6 | 130.5 |
| **truncnorm** | 192.0 | 196.1 | Se ajusta | 89.0 | 114.6 | 130.5 |
| **gumbel_l** | 196.6 | 198.7 | Se ajusta | 92.2 | 118.8 | 131.0 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Los caudales estimados para el período de retorno de 2.33 años presentan una baja dispersión, con valores comprendidos entre 85.1 y 92.2 m³/s, lo que representa una diferencia relativa cercana al 8 %. Para el período de retorno de 15 años las estimaciones varían entre 110.9 y 124.2 m³/s, mostrando igualmente una dispersión moderada y una elevada consistencia entre las distribuciones analizadas.

Para el período de retorno de 100 años la incertidumbre aumenta, aunque en menor proporción que la observada en la estación Puente Real. Las estimaciones oscilan entre 130.5 y 163.1 m³/s, con una diferencia aproximada del 25 % entre los valores extremos. Las mayores estimaciones corresponden a la distribución moyal, seguida por gumbel_r y

genlogistic, mientras que las menores son obtenidas mediante las distribuciones norm, truncnorm, crystalball y gumbel_l.

Desde el punto de vista hidrológico, la distribución gumbel_r presenta un comportamiento particularmente consistente, ya que además de registrar el menor valor de AIC y BIC produce estimaciones intermedias para los diferentes períodos de retorno, con caudales de 85.8 m³/s, 118.6 m³/s y 148.8 m³/s para períodos de retorno de 2.33, 15 y 100 años, respectivamente. Estos valores se encuentran próximos al centro del rango de estimaciones y evitan las extrapolaciones excesivamente conservadoras asociadas a distribuciones de cola pesada, como moyal, así como las posibles subestimaciones generadas por distribuciones de cola más ligera.

La comparación con la estación Puente Real evidencia además un incremento importante de los caudales máximos a medida que el río avanza aguas abajo. El caudal estimado para un período de retorno de 100 años pasa de aproximadamente 92–97 m³/s en Puente Real a valores cercanos a 145–150 m³/s en La Fresera.

Es importante señalar que las estimaciones de caudales máximos obtenidas para las estaciones Puente Real y La Fresera están sujetas a un nivel significativo de incertidumbre, derivado principalmente de las limitaciones inherentes a las series hidrométricas disponibles y a los procedimientos de transformación de niveles en caudales. En ambas estaciones, los mayores caudales registrados corresponden a eventos extraordinarios cuyos valores son obtenidos mediante la extrapolación de las curvas de calibración o curvas de gasto, debido a la ausencia de aforos directos en condiciones de caudales extremos. Esta situación introduce un sesgo potencialmente importante en la estimación de los caudales máximos anuales, especialmente en ríos de planicie como el río Negro, donde pequeñas variaciones en el nivel del agua pueden generar incrementos sustanciales en el caudal debido a la amplia sección hidráulica y a la alta sensibilidad de la relación nivel-caudal en las zonas de desbordamiento.

Adicionalmente, las series de máximos anuales presentan períodos con datos faltantes, discontinuidades temporales y posibles inconsistencias asociadas a cambios en las condiciones hidráulicas de las secciones de aforo, modificaciones morfológicas del cauce, alteraciones antrópicas de la planicie inundable y eventuales cambios en las metodologías de medición y procesamiento de la información hidrométrica. Estas limitaciones reducen la representatividad estadística de las muestras y aumentan la incertidumbre de las extrapolaciones hacia períodos de retorno elevados, particularmente para eventos de 100 años o superiores.

En consecuencia, los caudales máximos estimados por esta metodología deben interpretarse como valores de referencia sujetos a un rango de incertidumbre considerable y no como estimaciones determinísticas.

## 5.7 Estimación de caudales máximos mediante regionalización

Para aquellas zonas donde no se dispone de información hidrométrica suficiente para realizar análisis de frecuencia de crecientes, es posible estimar los caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno mediante la aplicación de métodos de regionalización hidrológica. Estas metodologías establecen relaciones funcionales entre variables fácilmente medibles, representativas de las condiciones climáticas, geomorfológicas y fisiográficas de las cuencas, y los parámetros estadísticos de los caudales máximos, tales como la media y la desviación estándar.

Entre las variables climáticas comúnmente empleadas se encuentran la precipitación (P), la evapotranspiración potencial (ETP) y el balance hídrico (P-ETP), mientras que entre las variables geomorfológicas se destacan el área de drenaje (A), la pendiente media de la cuenca (Sc), la pendiente del cauce principal (Scu) y la longitud del cauce principal (Lc), entre otras. El objetivo de estas relaciones es transferir la información hidrológica de cuencas instrumentadas hacia cuencas con escasa o nula información, permitiendo la estimación de caudales de diseño de manera consistente a escala regional.

En el marco del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Negro se desarrolló una metodología de regionalización hidrológica mediante la cual se obtuvieron ecuaciones empíricas que permiten estimar la media de los caudales máximos anuales y su desviación estándar a partir del caudal medio de largo plazo. Las expresiones obtenidas fueron las siguientes:

$$Q_{max} = 15.485 * Q_{mean}^{0.7543} \quad (27)$$

$$SD_Q_{max} = 9.3807 * Q_{mean}^{0.6038} \quad (28)$$

donde $Q_{max}$ corresponde al caudal máximo anual medio, $SD_Q_{max}$ es la desviación estándar de los caudales máximos anuales y $Q_{mean}$ representa el caudal medio de largo plazo.

Una de las principales ventajas de los métodos de regionalización hidrológica es que permiten incorporar información proveniente de múltiples estaciones hidrométricas y de un mayor número de eventos extremos observados en la región de estudio. Al ampliar el tamaño de la muestra y considerar el comportamiento hidrológico conjunto de cuencas con características similares, se reduce la incertidumbre asociada a la estimación de los parámetros estadísticos de las crecientes y se disminuye la sensibilidad de los resultados frente a valores atípicos, registros incompletos o inconsistencias presentes en una única estación de aforo. En consecuencia, en cuencas con información limitada o con series hidrométricas de baja calidad, la regionalización puede proporcionar estimaciones de

caudales de diseño más robustas y representativas que las obtenidas mediante un análisis de frecuencias local basado exclusivamente en los datos de una sola estación.

No obstante, la confiabilidad de los resultados depende de que las cuencas empleadas en el proceso de regionalización presenten condiciones hidrológicas, climáticas y fisiográficas relativamente homogéneas y de que las relaciones regionales hayan sido desarrolladas a partir de una base de datos suficientemente amplia y representativa de la variabilidad hidrológica de la región.

La Tabla 13 resume los estadísticos de primer y segundo orden de los caudales máximos anuales, correspondientes a la media y la desviación estándar, calculados para las estaciones Puente Real y La Fresera.

***Tabla 13. Promedio y desviación estándar de los caudales máximos en las estaciones Puente real y La Fresera.***

| Estación | Caudal medio [$m^3/s$] | Promedio Qmax [$m^3/s$] | Desviación Qmax [$m^3/s$] |
|---|---|---|---|
| **Puente Real** | 13.5 | 110.286 | 45.158 |
| **La Fresera** | 34.6 | 224.304 | 79.713 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

A partir de los parámetros estadísticos estimados, se calcularon los caudales máximos asociados a los períodos de retorno de 2.33, 15 y 100 años mediante la aplicación del factor de frecuencia de la distribución de Gumbel. La selección de esta distribución se fundamenta en su amplio uso en estudios hidrológicos y en la evidencia reportada en la literatura, donde ha demostrado un desempeño adecuado para la representación probabilística de los caudales máximos anuales y la estimación de eventos extremos. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 14.

***Tabla 14. Caudales máximos estimados por el método de regionalización.***

| Estacion | Qmax 2.33 [m3/s] | Qmax 15 [m3/s] | Qmax 100 [m3/s] |
|---|---|---|---|
| **Puente Real** | 110.3 | 184.1 | 251.9 |
| **La Fresera** | 224.4 | 591.1 | 474.3 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 5.8 Selección de los caudales definitivos por los distintos períodos de retorno

Tal y como se ha evidenciado en los apartados anteriores, las series de caudales máximos disponibles en las estaciones Puente Real y La Fresera presentan importantes limitaciones relacionadas con la longitud de los registros, la existencia de datos faltantes, posibles inconsistencias en las curvas de gasto y una elevada incertidumbre en la estimación de los eventos extremos. Esta situación es particularmente relevante en el río Negro, cuyo carácter de río de planicie hace que pequeñas variaciones en el nivel del

agua generen cambios significativos en el caudal, incrementando la incertidumbre asociada a la extrapolación de las curvas de calibración para eventos extraordinarios que no han sido aforados directamente.

La comparación de las tres metodologías empleadas evidencia diferencias importantes en las estimaciones de los caudales asociados al período de retorno de 100 años. El análisis de frecuencias proporciona los menores valores, los cuales están fuertemente condicionados por las limitaciones de las series observadas y por la necesidad de extrapolar los ajustes probabilísticos hacia períodos de retorno significativamente superiores a la longitud efectiva de los registros. Por su parte, la metodología de regionalización arroja los mayores caudales, particularmente en la estación La Fresera, debido a que las ecuaciones regionales incorporan información proveniente de múltiples cuencas y tienden a representar un comportamiento hidrológico promedio de la región, pudiendo sobreestimar las crecientes en cuencas que presentan alteraciones antrópicas o condiciones hidráulicas particulares.

En contraste, el modelo hidrológico semidistribuido permite representar explícitamente los principales procesos hidrológicos de la cuenca, incluyendo la variabilidad espacial de la precipitación, las características fisiográficas, las condiciones de infiltración y almacenamiento, y la transformación lluvia-escorrentía a lo largo del sistema de drenaje. Adicionalmente, esta metodología proporciona no solo el caudal pico, sino también la forma completa de los hidrogramas de creciente, insumo fundamental para el posterior modelamiento hidráulico y la delimitación de las zonas inundables.

Desde el punto de vista de la consistencia física, los caudales estimados mediante el modelo semidistribuido presentan un comportamiento más coherente con la respuesta hidrológica esperada de la cuenca y permiten incorporar de manera explícita los efectos de la regulación hidráulica, la heterogeneidad espacial y las condiciones actuales de ocupación del territorio. Asimismo, los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango de magnitud definido por las otras metodologías, evitando tanto las posibles subestimaciones derivadas del análisis de frecuencias local como las potenciales sobreestimaciones asociadas a la regionalización.

En consecuencia, y considerando que el objetivo principal del presente estudio es la estimación de los caudales de diseño para la delimitación de la envolvente hidrológica y la determinación de las zonas inundables del río Negro, se considera la adopción de los caudales obtenidos mediante el modelo hidrológico semidistribuido. Esta metodología proporciona una representación robusta y físicamente consistente del comportamiento hidrológico de la cuenca y constituye la alternativa más adecuada para soportar el modelamiento hidráulico y la evaluación de la amenaza por inundación en el área de estudio.

## 5.9 Delimitación del cauce permanente a partir de relaciones geométricas hidráulicas

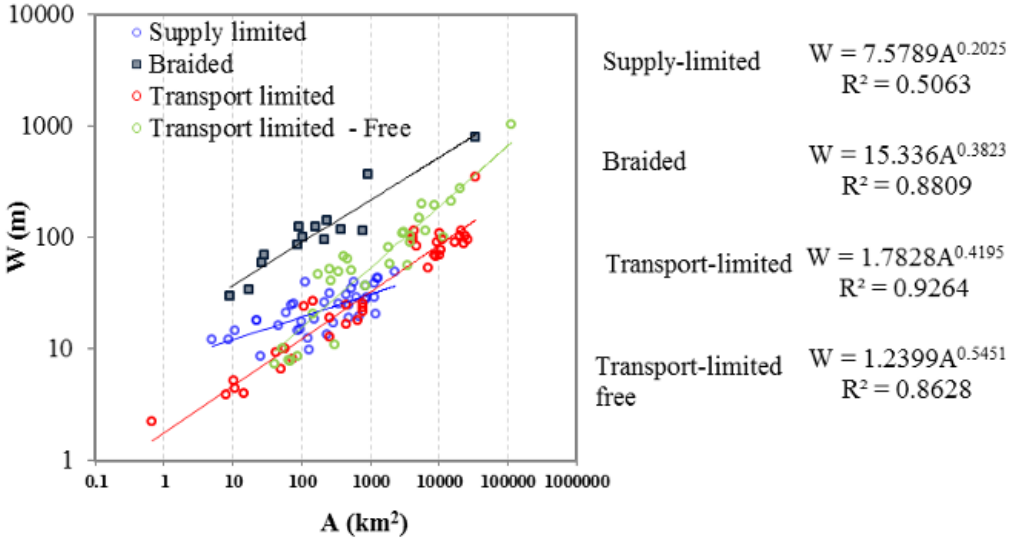
La delimitación del cauce permanente se desarrolla mediante la aplicación de la metodología de las relaciones hidráulicas, a partir de la cual se estiman los anchos de banca llena característicos del cauce. Dichos anchos son posteriormente evaluados de manera integrada con la componente geomorfológica, mediante procesos de verificación y validación en campo, con el fin de garantizar su correspondencia con las condiciones físicas reales y la dinámica fluvial observada. Como resultado de este procedimiento se define el cauce permanente.

De forma complementaria, se genera una mancha preliminar asociada al caudal de banca llena, el cual se asume equivalente al caudal con período de retorno de 2.33 años, de acuerdo con los criterios hidrológicos adoptados para la caracterización del régimen ordinario del río.

### 5.9.1 Relaciones Geométricas Hidráulicas

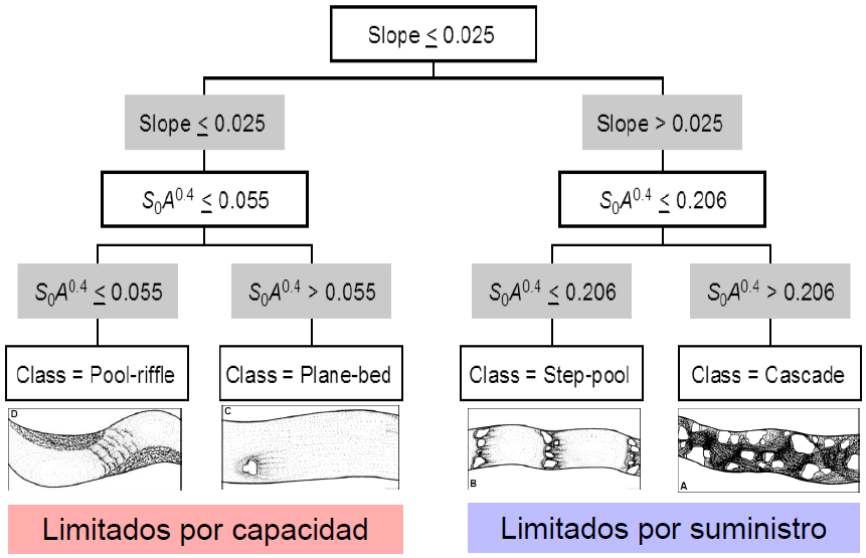
La metodología de relaciones de geometría hidráulica se fundamenta en los desarrollos propuestos por Jiménez Jaramillo (2015) para condiciones fluviales en Colombia y por Flores et al. (2006). Esta aproximación permite estimar el ancho de banca llena de un cauce a partir del área de drenaje que lo alimenta, considerando además su clasificación hidráulica mediante ecuaciones empíricas específicas, tal como se establece en la guía metodológica y en Jiménez Jaramillo (2015) (ver Figura 26).

***Figura 26. Relaciones hidráulicas de acuerdo con el tipo de canal (Jiménez Jaramillo, 2015; MADS, 2018)***



Para la clasificación del canal, Jiménez Jaramillo (2015) propone un sistema que distingue entre cauces limitados por capacidad y limitados por suministro. Esta clasificación se basa en el análisis conjunto de la pendiente longitudinal del cauce ($S_0$) y del parámetro $S_0 \cdot A^{0.4}$, donde A corresponde al área de drenaje acumulada en el punto de análisis, expresada en km². La evaluación de estos parámetros permite identificar el régimen dominante del canal y seleccionar de manera consistente la ecuación de geometría hidráulica más adecuada para la estimación del ancho a banca llena en cada tramo de estudio (ver Figura 27).

***Figura 27. Clasificación de tipo de tramo según Flores et al. (2006). Tomado de Jiménez Jaramillo (2015).***




La clasificación morfológica del río Negro, de acuerdo con el esquema propuesto por Flores, evidencia una clasificación de pool riffle para todo el tramo de estudio (ver Figura 28 y Tabla 15).

***Tabla 15. Clasificación morfológica de Flores.***

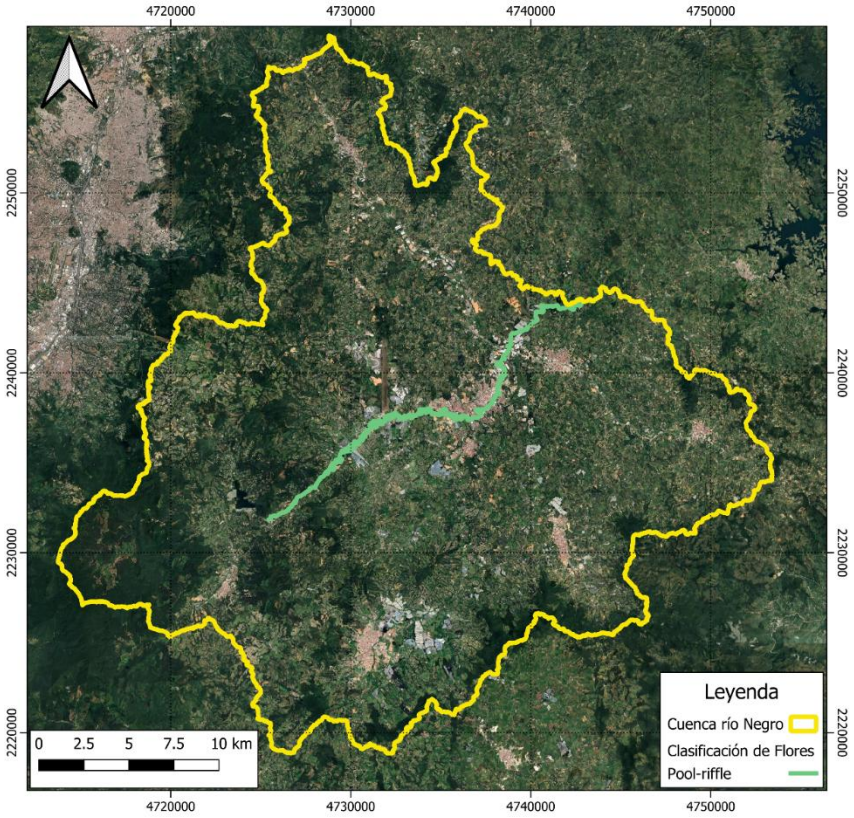
| Tramo | Punto inicial | Longitud [m] | Area [km2] | Pendiente [m/m] | $SA^{0.4}$ | Flores (2006) | W (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Don Diego | 1826 | 191 | 0.005 | 0.045 | Pool-riffle | 16.1 |
| **2** | Llano grande- El Tablazo | 3639 | 202 | 0.003 | 0.025 | Pool-riffle | 16.5 |
| **3** | Casco Urbano de Rionegro | 24340 | 447 | 0.001 | 0.012 | Pool-riffle | 23.1 |
| **4** | Carrera 50 - calle 43 | 5745 | 510 | 0.001 | 0.015 | Pool-riffle | 24.4 |
| **5** | Autopista Medellin Bogotá | 6833 | 782 | 0.001 | 0.013 | Pool-riffle | 29.2 |

La clasificación morfológica de todos los tramos como pool riffle resulta consistente y técnicamente sustentada, y además permite interpretar de manera clara la evolución longitudinal del río Negro desde aguas arriba hacia aguas abajo.

En el tramo 1, el río presenta la pendiente más alta del conjunto 0.0055 y el mayor valor del parámetro $S \cdot A^{0.4}$ igual a 0.045, lo que indica un régimen hidráulico relativamente energético, aun cuando el área drenada es menor. Estas condiciones favorecen la formación de secuencias cortas y bien definidas de pozas y rápidos, con alternancia marcada de profundidades y velocidades, típicas de ríos pool riffle en sectores altos o de transición.

El tramo 2 muestra una reducción clara de la pendiente 0.0030 y del parámetro $SA^{0.4}$ (0.025), asociada a un leve incremento del área drenada. Este ajuste se traduce en un alargamiento de las unidades morfológicas, manteniendo la dinámica pool riffle pero con menor contraste hidráulico entre pozas y rápidos, lo cual es característico de un proceso de transición longitudinal progresiva.

***Figura 28. clasificación morfológica del río Negro a escala de tramo de Flores et al. (2006)***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En el tramo 3, que corresponde al segmento más largo del sistema, se observa una pendiente baja 0.0010 y un valor reducido de $SA^{0.4}$ (0.012), junto con un aumento significativo del área aportante. Estas condiciones favorecen un desarrollo amplio y continuo de la morfología pool riffle, con mayor sinuosidad, pozas más extensas y riffles más espaciados, reflejando un río más maduro y con mayor libertad lateral.

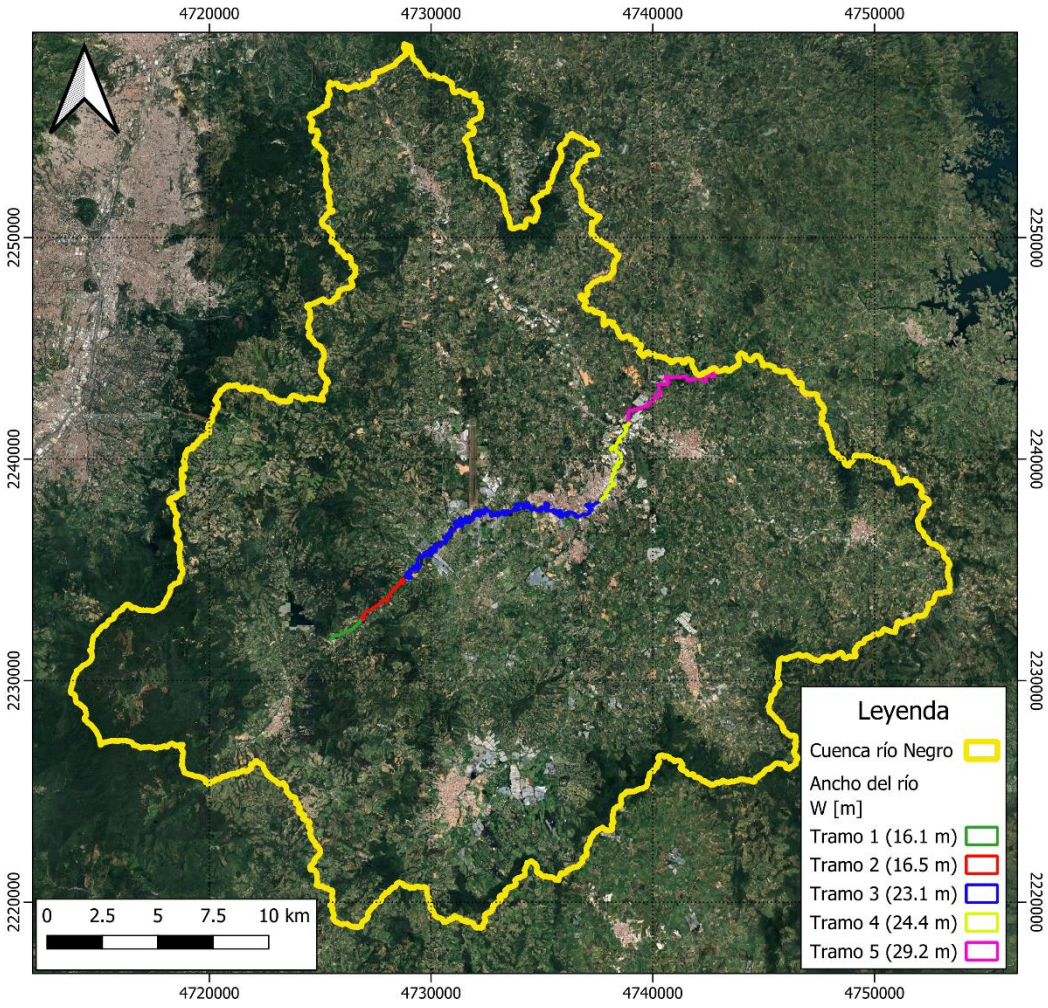
El tramo 4, aunque presenta una longitud menor, mantiene valores de pendiente y $SA^{0.4}$ muy similares al tramo 3. Esto indica que, pese a los controles locales, el régimen hidráulico sigue siendo compatible con la formación de secuencias pool riffle estables, sin que se alcance el umbral energético que daría lugar a una morfología de tipo plane bed.

Finalmente, el tramo 5 corresponde al sector con menor pendiente del sistema 0.00088 y el mayor aporte de área drenada. El valor bajo de $S \cdot A^{0.4}$ (0.013) confirma que el río opera bajo condiciones de energía moderada a baja, donde la disipación del flujo se da principalmente mediante la alternancia longitudinal de pozas y rápidos, consolidando una morfología pool riffle bien desarrollada y de gran escala.

La disminución sistemática de la pendiente y del parámetro $S \cdot A^{0.4}$ aguas abajo, acompañada por el incremento progresivo del área drenada, evidencia un ajuste longitudinal coherente del sistema fluvial, sin rupturas abruptas de régimen. Esto explica que todos los tramos se clasifiquen como pool riffle, con variaciones internas en la escala, longitud y expresión de las unidades morfológicas, pero manteniendo un mismo tipo dominante a lo largo del tramo de estudio.

El análisis de los anchos estimados del río Negro a partir de las relaciones de geometría hidráulica muestra un comportamiento coherente y progresivo a lo largo de los cinco tramos evaluados, consistente con el incremento del área drenante y la disminución gradual de la pendiente longitudinal desde aguas arriba hacia aguas abajo (ver Figura 29).

***Figura 29. Anchos del cauce estimado según las relaciones de geometría hidráulica.***



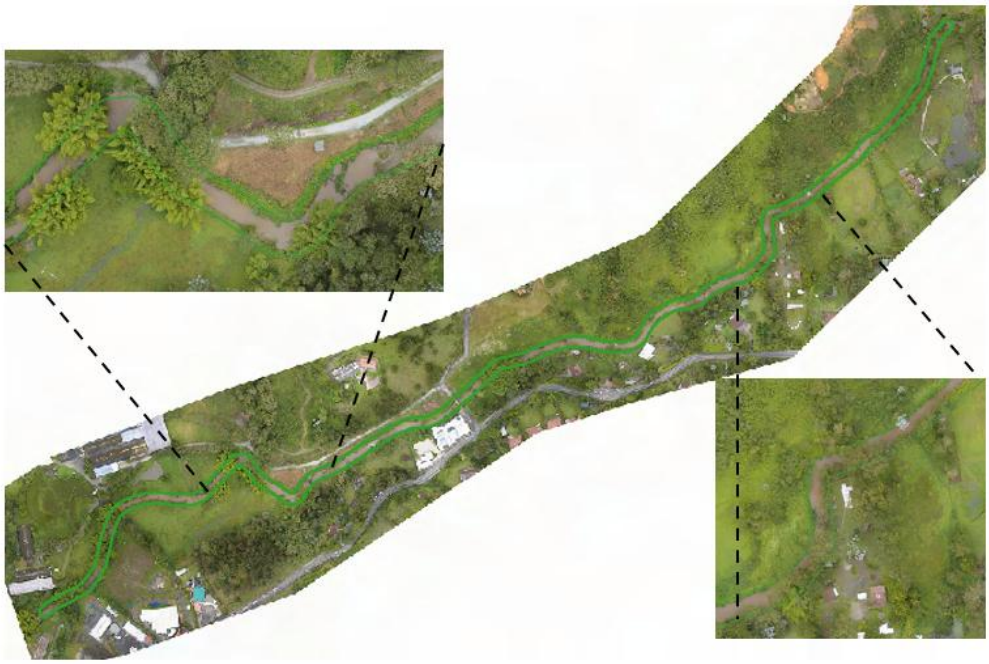

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En el tramo 1 (Don Diego), con un área drenante de 191 km² y una pendiente relativamente alta (S ≈ 0.005), el ancho estimado de banca llena es de 16.1 m. Este valor es representativo de un cauce aún relativamente confinado, con mayor control estructural del lecho y las márgenes, típico de sectores altos del sistema fluvial, donde la energía específica es elevada y el río ajusta su sección principalmente por profundidad y pendiente más que por expansión lateral.

En el tramo 2 (Llano Grande – El Tablazo) se observa un leve aumento del área drenante (202 km²) y una reducción de la pendiente (S ≈ 0.003). El ancho estimado (16.5 m) es muy similar al del tramo 1, lo que indica que, a pesar del aumento de área, el cauce mantiene

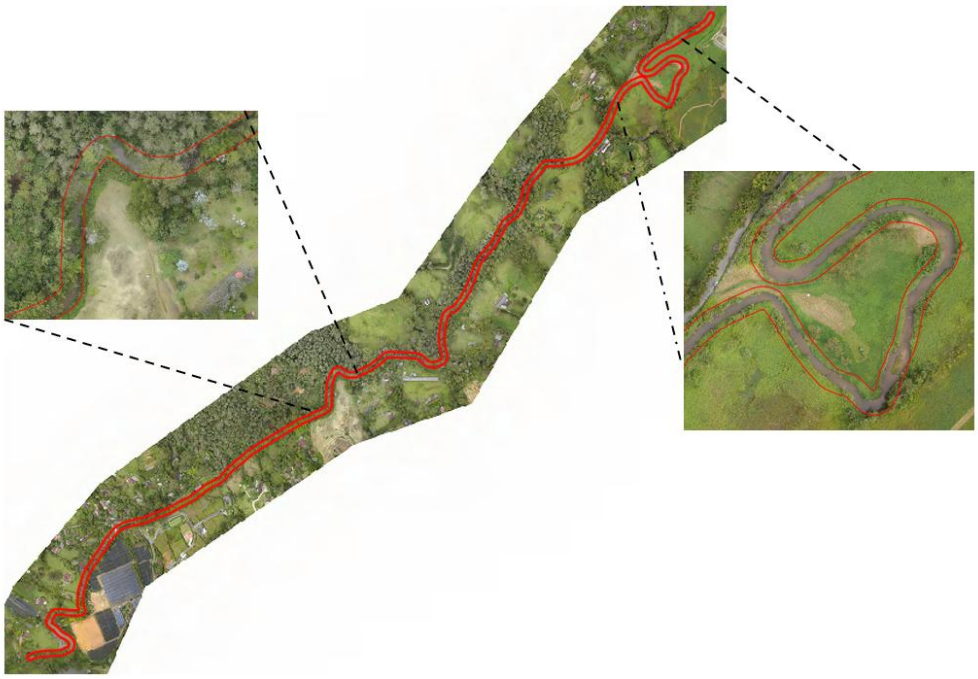
una geometría comparable, probablemente asociada a un grado de confinamiento moderado y a controles locales de valle que limitan el ensanchamiento lateral.

***Figura 30. Cauce permanente tramo 1 estimado con relaciones de geometría hidráulica.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 31. Cauce permanente tramo 2 estimado con relaciones de geometría hidráulica.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

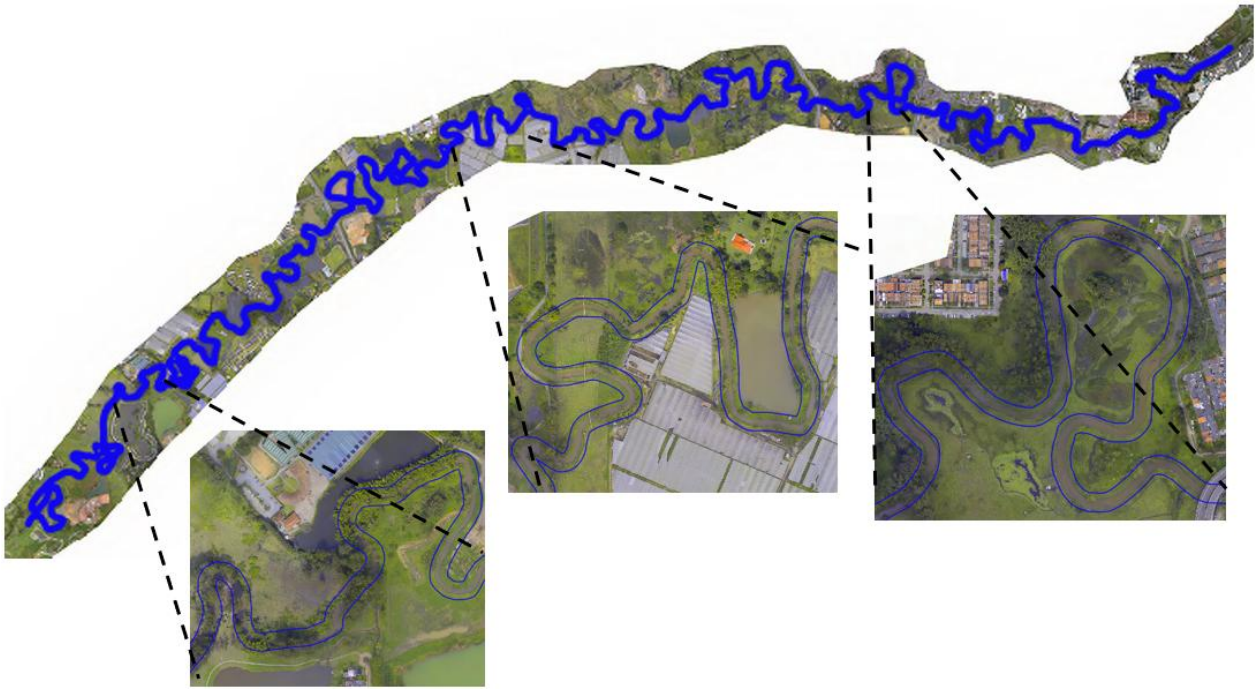
A partir del tramo 3 (Casco urbano de Rionegro) se evidencia un cambio más marcado en la geometría del cauce. El área drenante aumenta significativamente hasta 447 km², mientras que la pendiente disminuye a valores del orden de 0.001. En este contexto, el ancho estimado se incrementa a 23.1 m, reflejando un ajuste hidráulico dominado por la expansión lateral del cauce, típico de tramos de planicie aluvial con menor energía y mayor libertad morfológica, aun cuando la clasificación morfológica continúa siendo pool riffle.

En el tramo 4 (Carrera 50 – Calle 43) el área drenante alcanza 510 km² y el ancho estimado aumenta ligeramente hasta 24.4 m. Este incremento moderado es consistente con un sistema que ya ha alcanzado una geometría relativamente estable, donde el aumento del caudal de banca llena se traduce en ajustes más sutiles del ancho, posiblemente condicionados por infraestructura urbana y obras de encauzamiento que restringen parcialmente la movilidad lateral.

Finalmente, en el tramo 5 (Autopista Medellín – Bogotá), con el mayor aporte acumulado del sistema (782 km²) y pendientes muy bajas (S ≈ 0.001), el ancho estimado alcanza 29.2 m, evidenciando el carácter más desarrollado del cauce principal. En este sector, el río presenta una sección hidráulica más amplia, acorde con mayores caudales de banca

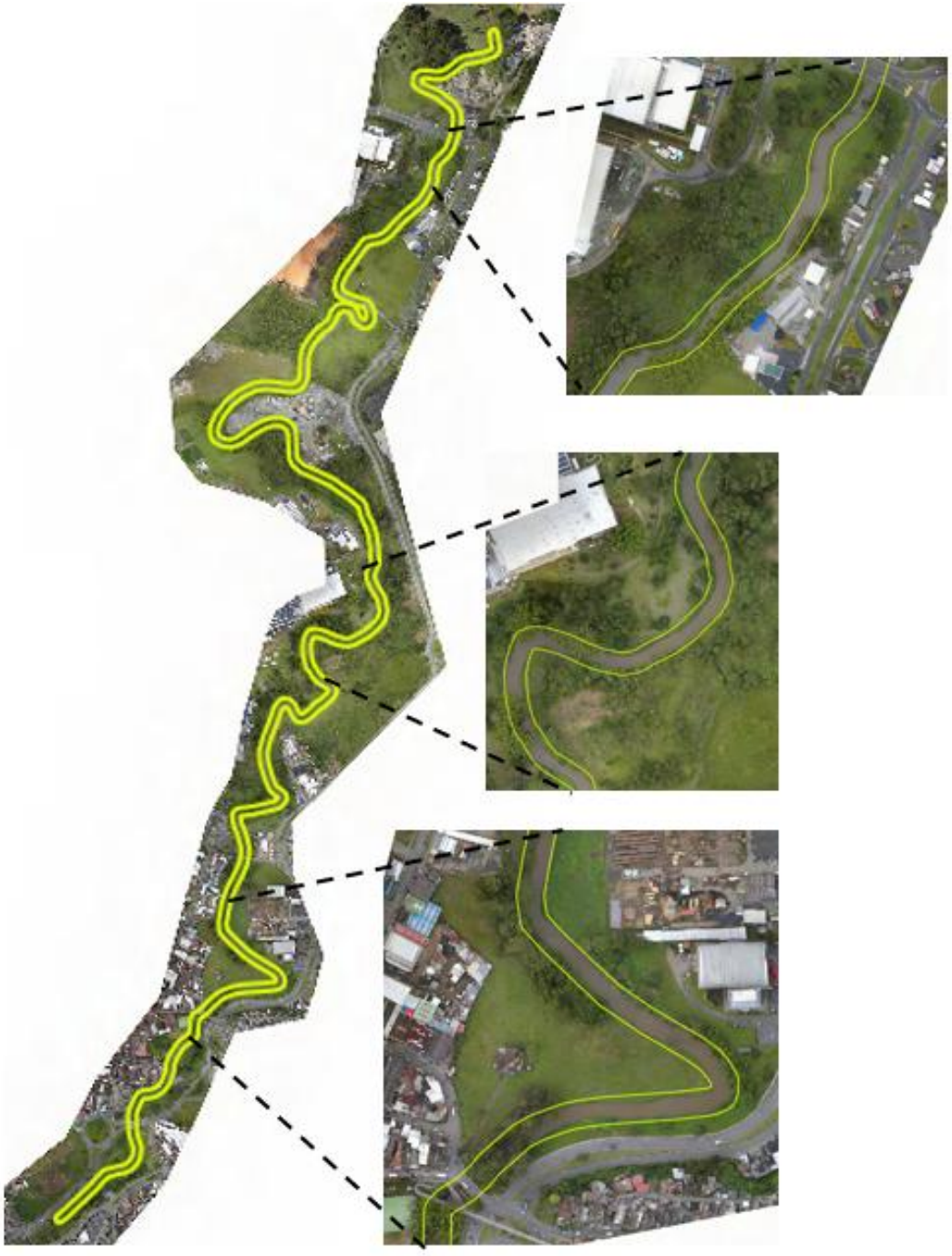
llena y con un entorno de planicie donde el control morfológico está dominado por procesos aluviales y no por confinamiento topográfico.

***Figura 32. Cauce permanente tramo 3 estimado con relaciones de geometría hidráulica.***



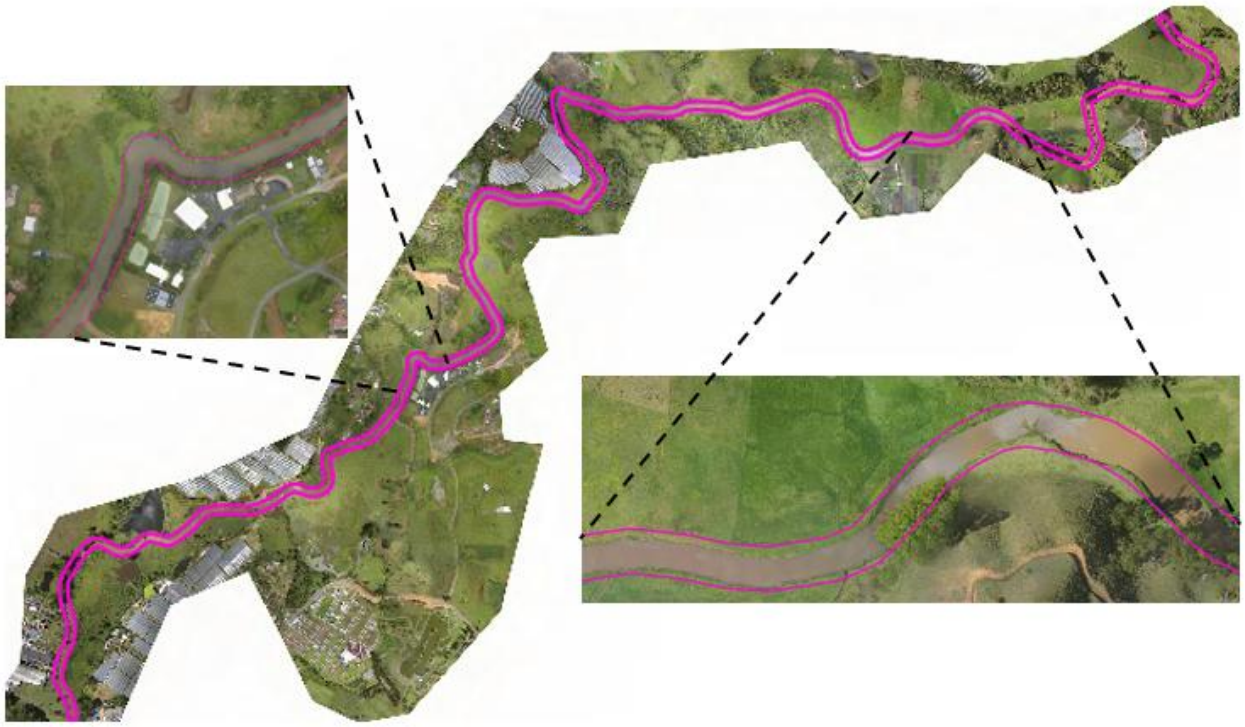
***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 33. Cauce permanente tramo 4 estimado con relaciones de geometría hidráulica.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 34. Cauce permanente tramo 5 estimado con relaciones de geometría hidráulica.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

La delimitación definitiva del cauce permanente se presenta en el numeral 6.5. Para su definición se integraron los resultados del tránsito hidráulico asociado al caudal con período de retorno de 2.33 años y el análisis geomorfológico del corredor fluvial, el cual permitió identificar y caracterizar las diferentes geoformas asociadas al cauce permanente y su dinámica fluvial.

## 5.10 Inventario de eventos históricos de inundación

Se realizó el análisis de los eventos históricos de inundación y avenidas torrenciales reportados en la base de datos del DAGRAN para el período 1982–2025. Esta información permite caracterizar la frecuencia y recurrencia de los eventos de inundación en el área de estudio.

De acuerdo con los registros analizados, no se reportan eventos de avenida torrencial en el río Negro, lo cual es coherente con su configuración morfológica de río de planicie, donde la pendiente longitudinal es baja y las condiciones geomorfológicas no favorecen la generación de flujos torrenciales de alta energía; en este contexto, la probabilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales es muy baja.

En la Figura 35 se presenta la distribución temporal de los eventos de inundación reportados entre 1982 y 2025. En total, se identificaron 23 eventos de inundación durante el período de análisis. Se destaca que en el año 2011 se registraron tres eventos, asociados a un incremento significativo del régimen de precipitación durante condiciones climáticas de La Niña, lo que evidencia la sensibilidad hidrológica del sistema fluvial ante anomalías positivas de precipitación y su influencia directa en la ocurrencia de inundaciones.

***Figura 35. Eventos de inundación reportados entre 1982 al 2025 asociadas al río Negro en la base de datos del DAGRAN.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Durante el último evento reportado de inundación generada por el rio Negro, el 16 de abril de 2025 CORNARE realizó una inspección técnica (CS-05577-2025) en siete puntos estratégicos del río Negro, con el objetivo de evaluar el estado hidráulico del cauce, sus márgenes y las estructuras de paso existentes

La inspección permitió identificar que el evento de inundación estuvo fuertemente condicionado por procesos acumulativos de sedimentación, reducción de la sección hidráulica y presencia de controles hidráulicos locales, principalmente en sectores donde existen puentes y descargas urbanas. En varios puntos se evidenció acumulación significativa de sedimentos y escombros aguas arriba y aguas abajo de las estructuras, lo que redujo la capacidad de conducción del cauce y favoreció la generación de remansos, represamientos y desbordamientos locales, incluso bajo eventos de lluvia moderada.

Adicionalmente, se identificaron tramos con incremento de la velocidad del flujo a la salida de los puentes, producto de la contracción de la sección efectiva, generando procesos de erosión en márgenes y aumentando la vulnerabilidad hidráulica del sistema. En sectores urbanos, estas condiciones afectaron el funcionamiento de drenajes y alcantarillas, provocando reboses y encharcamientos que impactaron el entorno inmediato.

Desde el punto de vista geomorfológico e hidráulico, el evento de abril de 2025 confirma que el río Negro presenta un comportamiento típico de río de planicie, donde las inundaciones están asociadas principalmente a la pérdida progresiva de capacidad hidráulica del cauce y a la interacción con infraestructuras existentes, más que a procesos de avenida torrencial. Este evento resalta la importancia del manejo integral de sedimentos y la conservación de las llanuras de inundación libres de ocupación.

## 5.11 Modelación hidráulica

A continuación, se presenta el desarrollo del modelamiento hidráulico del río Negro con sus principales afluentes, así como el análisis de los resultados obtenidos. En el numeral 5.11.2se describen los fundamentos conceptuales y numéricos del modelo, incluyendo la configuración de la geometría computacional, la generación de la malla de cálculo, la definición de las condiciones de frontera, la asignación de coeficientes de rugosidad y los demás parámetros hidráulicos considerados, de acuerdo con la información disponible y los alcances establecidos para el estudio.

En la etapa de calibración (numeral 5.11.6) se presenta el ajuste y validación del modelo hidráulico a partir de la información hidrométrica y de los aforos realizados en los diferentes tramos de estudio. Posteriormente, en el numeral 1.2.5.2 se describen los escenarios hidrológicos simulados, correspondientes a las crecientes asociadas al río Negro y sus afluentes, para los cuales se consideraron los caudales de diseño estimados para períodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años.

En el numeral 1.2.5.3 se exponen y analizan los resultados obtenidos a partir de las simulaciones hidráulicas, evaluando el comportamiento de las láminas de inundación, las profundidades, velocidades y patrones de flujo en el tramo de estudio. Asimismo, se identifican los sectores con mayor susceptibilidad a inundación y las áreas donde la interacción entre el cauce y la planicie aluvial resulta más significativa.

Finalmente, en el numeral 1.2.5.4 se presenta la envolvente hidráulica obtenida a partir de los resultados de los diferentes escenarios simulados, la cual constituye la base para la delimitación de las áreas potencialmente inundables y el análisis de la dinámica fluvial del río Negro y sus afluentes.

### 5.11.1 Consideraciones generales

El modelamiento hidráulico fue desarrollado mediante el software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, empleando un esquema bidimensional (2D) que permite representar de manera detallada los patrones de flujo tanto en el cauce principal como en las planicies de inundación. Este modelo constituye la base para la determinación de las condiciones hidráulicas del río Negro y sus principales afluentes, así como para la delimitación de las áreas potencialmente inundables asociadas a diferentes escenarios hidrológicos.

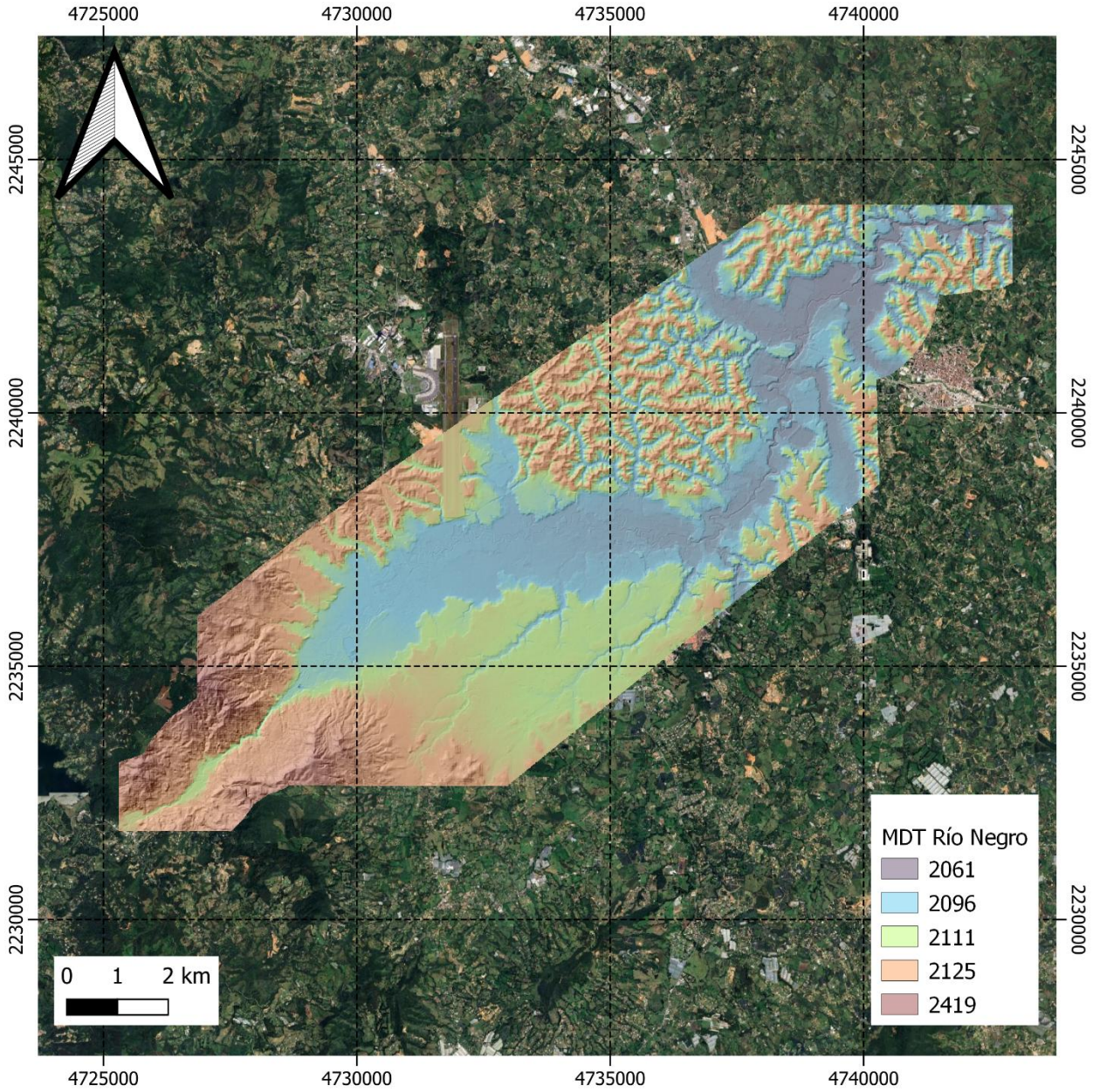
El dominio de modelación comprende aproximadamente 41 km del río Negro, abarcando sectores localizados en los municipios de El Retiro, Rionegro y Marinilla. Con el fin de representar adecuadamente la dinámica hidráulica del sistema fluvial, se incorporaron los siete afluentes más representativos del área de estudio, cuyos aportes influyen de manera significativa en los niveles, velocidades y patrones de flujo del cauce principal, especialmente durante eventos de crecientes.

Como información base para la construcción de la geometría hidráulica se utilizó un Modelo Digital del Terreno (MDT) con resolución espacial de 0,5 m × 0,5 m. Esta resolución permite representar con alto nivel de detalle la morfología del cauce, las planicies aluviales, las obras de infraestructura y demás elementos que condicionan el comportamiento hidráulico de la corriente. La extensión espacial del MDT garantiza la cobertura completa del corredor fluvial analizado y de las áreas susceptibles de inundación para los diferentes escenarios evaluados.

La configuración del modelo incluyó la definición de la geometría computacional, la generación de la malla bidimensional, la asignación de coeficientes de rugosidad de Manning a partir de las coberturas identificadas durante las campañas de campo y la ortofoto proporcionada, la incorporación de estructuras hidráulicas relevantes y la definición de las condiciones de frontera. Asimismo, se consideraron los aportes laterales de los principales tributarios y las interacciones hidráulicas entre el cauce y las planicies de inundación.

La implementación, calibración y análisis del modelo hidráulico se realizaron siguiendo los lineamientos establecidos en el Protocolo de Modelación Hidrológica e Hidráulica del IDEAM (2018), garantizando la consistencia técnica de los procedimientos adoptados y la confiabilidad de los resultados obtenidos para la evaluación de las condiciones de inundación y la dinámica fluvial del río Negro.

***Figura 36. Modelo de elevación del terreno empleado para la modelación.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 5.11.2 Geometría de la malla

La discretización espacial del dominio hidráulico se realizó mediante una malla bidimensional no estructurada, diseñada para representar adecuadamente la complejidad geomorfológica y la dinámica hidráulica del río Negro y sus principales afluentes. Con el fin de optimizar los tiempos de cálculo sin comprometer la precisión de los resultados, se definió un tamaño base de celda de 20 m × 20 m para las zonas alejadas de la influencia directa del flujo, donde las variaciones hidráulicas son menos significativas.

Adicionalmente, se implementó un refinamiento local de la malla en aquellos sectores donde se requiere una mayor resolución espacial para representar adecuadamente la interacción entre el flujo y la topografía. En este sentido, las laderas próximas al cauce, las llanuras de inundación y el cauce principal del río Negro fueron discretizados mediante celdas de 3 m × 3 m, permitiendo una representación más detallada de las variaciones topográficas, los procesos de desbordamiento, las conexiones hidráulicas entre el cauce y la planicie aluvial, así como los cambios en profundidad y velocidad asociados a los diferentes escenarios de simulación.

La transición gradual entre las diferentes resoluciones de malla permitió mantener la estabilidad numérica del modelo y optimizar los requerimientos computacionales, concentrando el mayor nivel de detalle en las zonas hidráulicamente más relevantes. Asimismo, se incorporaron líneas de control (breaklines) sobre el cauce principal, las márgenes, las obras de infraestructura y demás elementos geomorfológicos relevantes, con el fin de preservar la continuidad del terreno y mejorar la representación de las direcciones preferenciales del flujo.

La configuración adoptada resulta especialmente adecuada para un corredor fluvial de aproximadamente 41 km de longitud, donde la presencia de meandros, planicies inundables, humedales, afluentes y estructuras hidráulicas exige una representación detallada de la geometría del terreno. De esta manera, la malla empleada permite capturar con mayor precisión los patrones de inundación, la distribución espacial de velocidades y profundidades.

### 5.11.3 Coeficiente de rugosidad de manning

La asignación de los coeficientes de rugosidad de Manning se realizó a partir de la clasificación de coberturas de la metodología CORINE Land Cover, complementada con la interpretación de ortofotografías de alta resolución y las verificaciones efectuadas durante las campañas de campo. Este procedimiento permitió identificar y delimitar las diferentes unidades de cobertura presentes en el área de estudio, considerando sus características físicas, grado de intervención antrópica y su influencia sobre la resistencia al flujo.

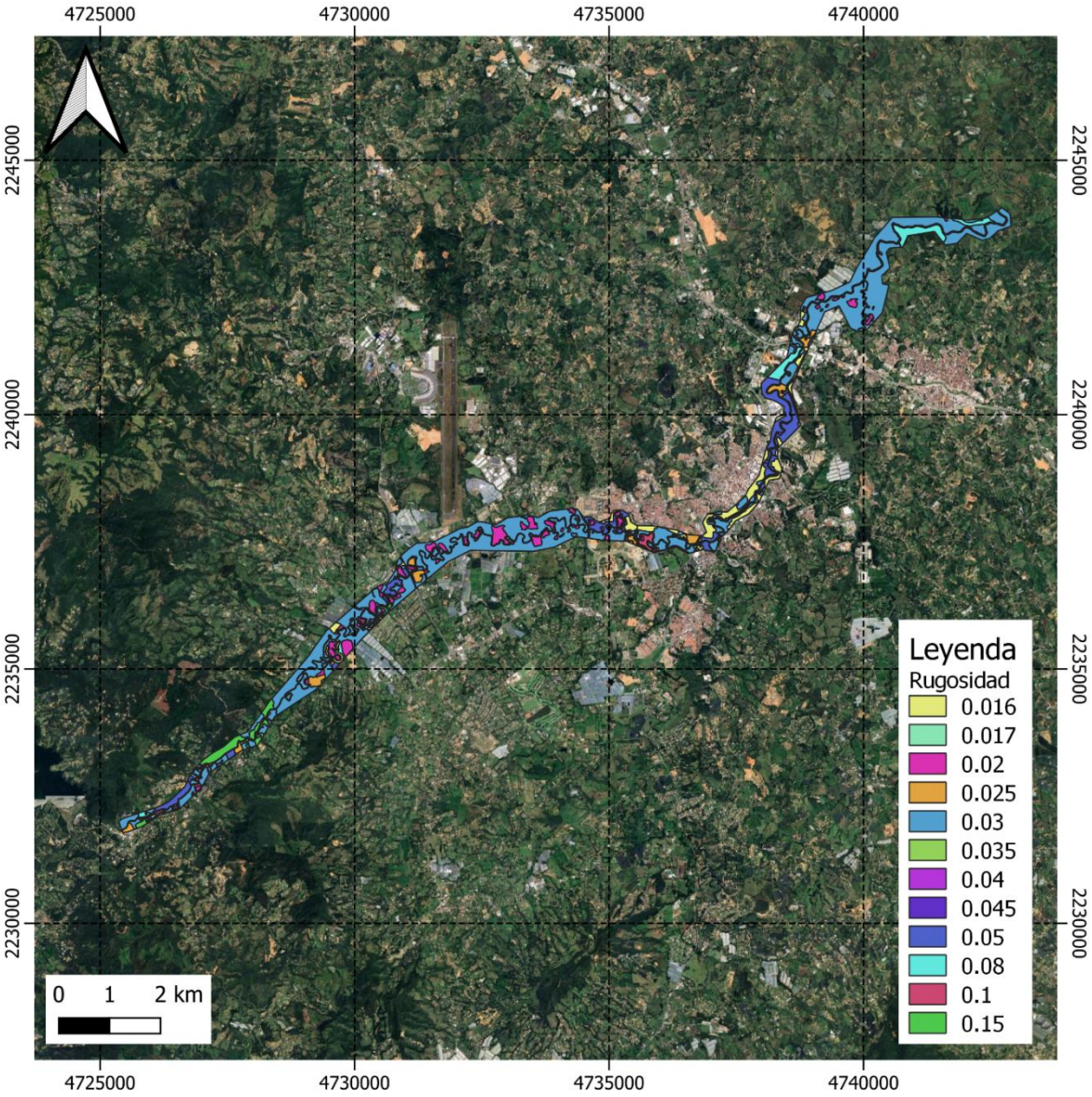
Las coberturas identificadas fueron posteriormente agrupadas en categorías hidráulicamente homogéneas, a las cuales se les asignaron valores de rugosidad con base en referencias técnicas ampliamente utilizadas en modelación hidráulica, tales como los criterios propuestos por Chow (1959), Arcement y Schneider (1989) y la experiencia obtenida en estudios similares desarrollados en la región. Entre las coberturas consideradas se incluyen cauces con lecho natural, vegetación herbácea, pastos, bosques, humedales, zonas urbanizadas, infraestructura vial como se observa en la Tabla 16 y en la Figura 37

La verificación en campo permitió ajustar la clasificación obtenida mediante fotointerpretación, especialmente en sectores donde la densidad de la vegetación, la presencia de obstáculos al flujo, las características del lecho y las intervenciones antrópicas podían generar variaciones significativas en los coeficientes de rugosidad. De esta manera, los valores de Manning asignados reflejan de forma adecuada las condiciones reales del terreno y garantizan una representación más confiable de los patrones de flujo, las velocidades y los niveles de inundación simulados en el modelo hidráulico.

*Tabla 16. Valores de rugosidad del río Negro*

| Tipo de cobertura | Rugosidad de Manning |
|---|---|
| **Pastos enmalezados** | 0.05 |
| **Pastos arbolados** | 0.05 |
| **Arbustal denso** | 0.15 |
| **Lagunas, lagos** | 0.02 |
| **Red vial** | 0.016 |
| **Tierras desnudas** | 0.025 |
| **Tejido urbano continuo** | 0.017 |
| **Tejido urbano discontinuo** | 0.017 |
| **Río** | 0.04 |
| **Mosaico de cultivos y pastos** | 0.03 |
| **Vegetación secundaria** | 0.05 |
| **Bosque abierto** | 0.08 |

***Figura 37. Mapa de rugosidad del río Negro***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

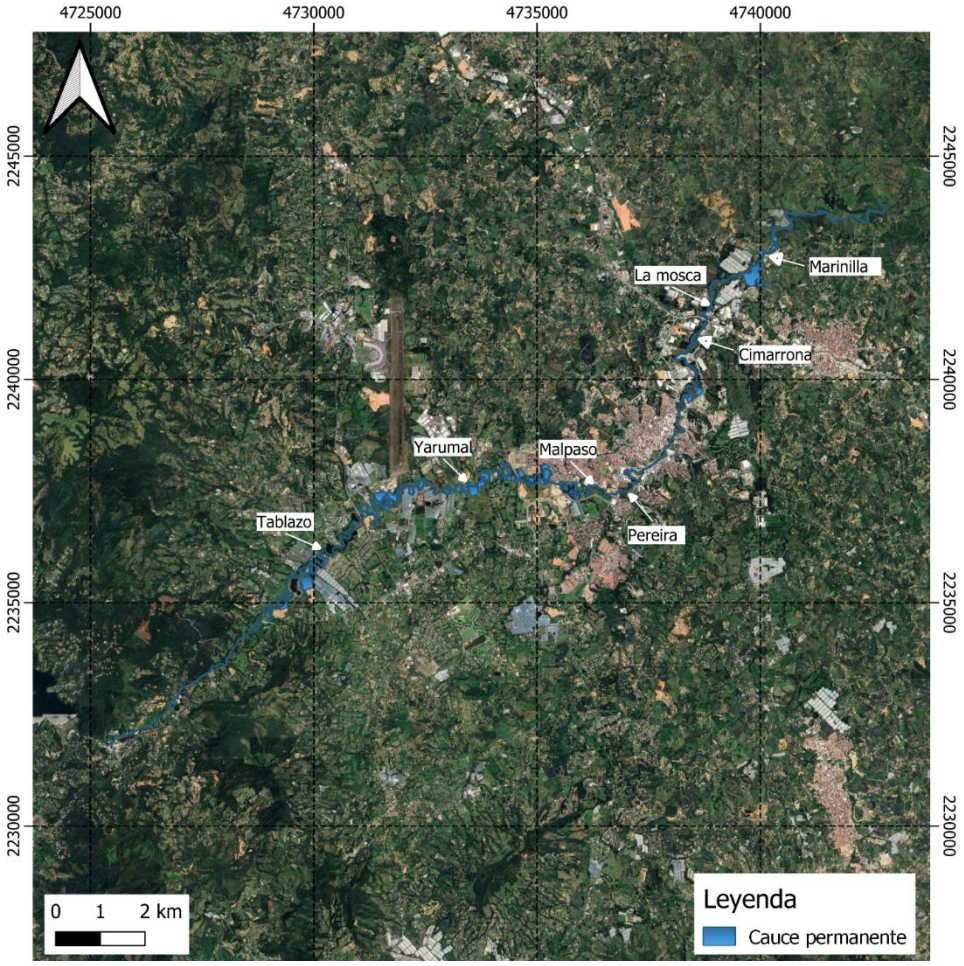
### 5.11.4 Condiciones de frontera

Para la definición de las condiciones de frontera del modelo hidráulico se consideraron siete (7) fronteras de entrada asociadas al río Negro y a los afluentes con mayor aporte hidrológico dentro del área de estudio Figura 38. Estas condiciones fueron seleccionadas

con base en la magnitud de sus caudales, la extensión de sus cuencas aportantes y su influencia sobre la dinámica hidráulica del cauce principal, especialmente durante eventos de creciente.

En cada una de las fronteras se incorporaron los caudales correspondientes a los diferentes escenarios de simulación, previamente estimados durante el análisis hidrológico. De esta manera, el modelo representa de forma explícita la contribución de los principales tributarios al comportamiento hidráulico del río Negro, permitiendo reproducir adecuadamente los incrementos de caudal, las variaciones en los niveles de la lámina de agua y los procesos de desbordamiento a lo largo del corredor fluvial analizado.

***Figura 38. Condiciones de frontera del modelo hidráulico del río Negro***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 5.11.5 parámetros de modelación

Con el fin de obtener resultados hidráulicos consistentes y representativos de las condiciones reales del sistema fluvial, fue necesario definir y ajustar una serie de parámetros numéricos que controlan la estabilidad y precisión de las simulaciones bidimensionales realizadas en HEC-RAS. Algunos de estos parámetros, como la geometría del terreno, la discretización espacial de la malla, los coeficientes de rugosidad y las condiciones de frontera, fueron descritos en secciones anteriores. No obstante, existen otros parámetros computacionales cuya adecuada selección resulta fundamental para garantizar la estabilidad numérica y la confiabilidad de los resultados. Por esta razón, se realizaron análisis de sensibilidad orientados a determinar la configuración más adecuada para el dominio de modelación.

Se efectuó un análisis de sensibilidad del paso de tiempo con el propósito de identificar un intervalo computacional que permitiera mantener la estabilidad numérica del modelo sin generar tiempos excesivos de procesamiento. Inicialmente se implementó un intervalo de cálculo de un (1) minuto; sin embargo, durante las simulaciones se evidenciaron inestabilidades numéricas asociadas principalmente al alto nivel de refinamiento de la malla en el cauce principal, las llanuras de inundación y los sectores de interés hidráulico. Estas inestabilidades se manifestaron mediante oscilaciones en los niveles de agua y dificultades en la convergencia de algunas celdas durante el proceso iterativo.

En consecuencia, se realizaron diferentes pruebas reduciendo progresivamente el intervalo computacional hasta alcanzar condiciones estables de simulación. Como resultado de este proceso, se adoptó un $\Delta T$ de 20 segundos, valor que permitió obtener una adecuada representación de la propagación del flujo, mantener la estabilidad numérica del modelo y optimizar los tiempos de cálculo, considerando la extensión del dominio modelado, la resolución espacial empleada y el número de celdas utilizadas en la simulación.

La resolución de las ecuaciones hidráulicas se realizó mediante el método de Onda Difusa (Diffusion Wave), implementado en HEC-RAS para simulaciones bidimensionales de inundación. Este enfoque constituye una simplificación de las ecuaciones completas de Saint-Venant y resulta apropiado para la representación de procesos de flujo gradualmente variado en sistemas fluviales de gran extensión, donde predominan las fuerzas gravitacionales y de fricción sobre las aceleraciones locales.

La selección de este método se fundamenta en las características hidráulicas del río Negro y sus afluentes, así como en los objetivos del estudio, orientados a la determinación de niveles, velocidades y áreas potencialmente inundables. Adicionalmente, el método de Onda Difusa ofrece una mayor estabilidad numérica y eficiencia computacional para dominios extensos y mallas de alta resolución,

permitiendo representar adecuadamente la interacción entre el cauce principal y las planicies de inundación. Dado que el área de estudio no presenta fenómenos hidráulicos complejos que requieran la resolución completa de las ecuaciones de momento, como ondas altamente dinámicas, efectos de marea o estructuras hidráulicas con comportamiento transitorio dominante, se consideró que este método proporciona resultados confiables y técnicamente consistentes para los fines del presente estudio.

### 5.11.6 Calibración del modelo

La calibración del modelo hidráulico se realizó a partir de la información de mediciones directas de caudal y observaciones hidráulicas en diferentes sectores del río Negro. Estas mediciones permitieron contrastar los resultados obtenidos por el modelo numérico con las condiciones observadas en campo, garantizando una representación adecuada de la dinámica hidráulica del sistema fluvial.

Para el proceso de calibración se dispuso de tres (3) puntos de aforo estratégicamente distribuidos a lo largo del área de estudio. El primer punto se localizó en la vereda Don Diego, en la parte alta del tramo modelado; el segundo se ubicó en el puente El Tablacito; y el tercero en el puente de la vía Tablazo–Llanogrande como se presenta en la Figura 39. En cada uno de estos sitios se realizaron mediciones de caudal y levantamientos de las alturas de la lámina de agua durante las campañas de campo, información que permitió contar con variables hidráulicas observadas para el ajuste y validación del modelo.

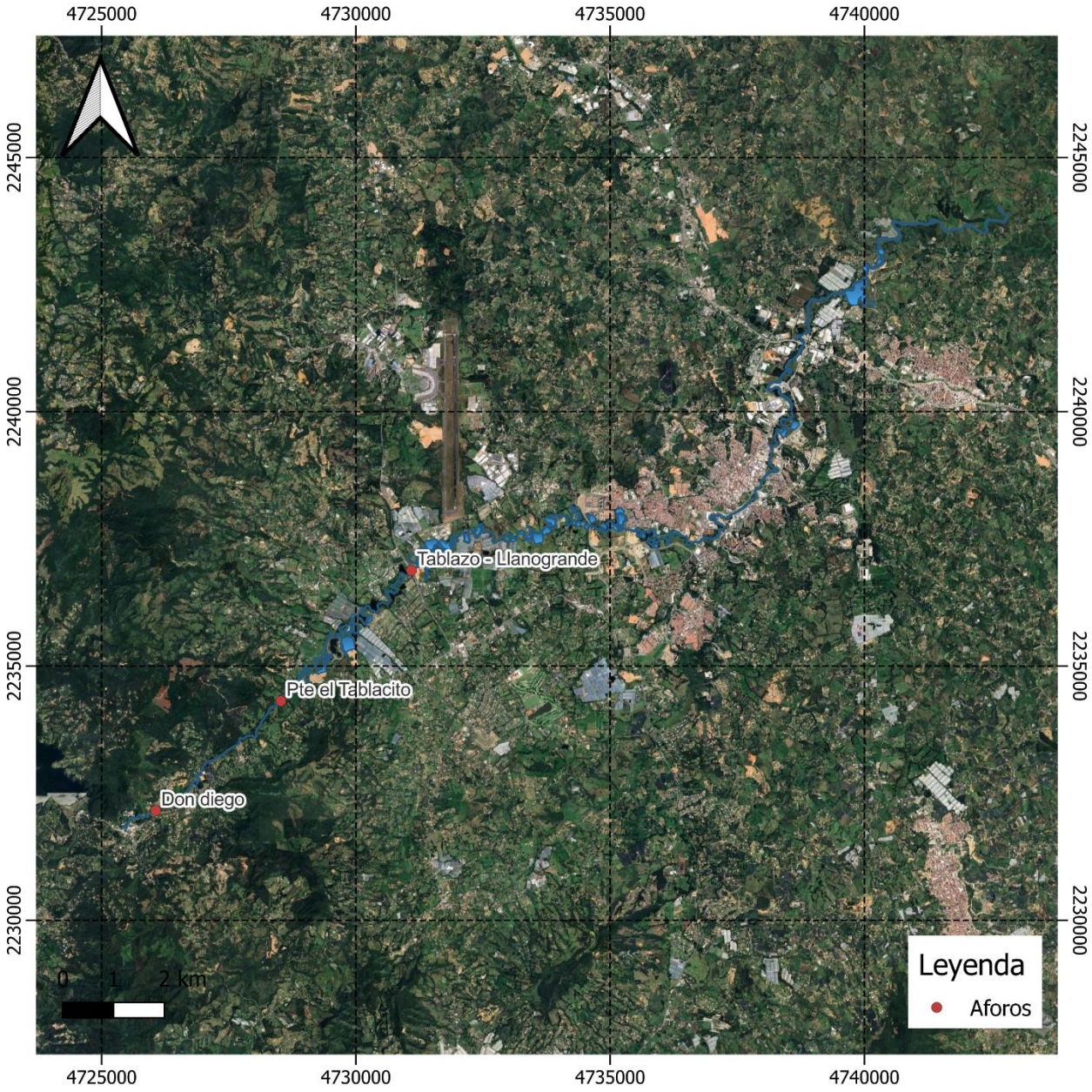
La distribución espacial de estos puntos permitió evaluar el comportamiento hidráulico del río Negro en diferentes condiciones geomorfológicas e hidráulicas, así como verificar la influencia de los principales aportes tributarios sobre el caudal circulante. Las alturas de lámina registradas en campo constituyeron un insumo fundamental para comparar los niveles de agua simulados por el modelo y evaluar la capacidad de este para reproducir adecuadamente las condiciones hidráulicas observadas.

A partir de la comparación entre los caudales y niveles observados frente a los resultados simulados, se realizaron ajustes en los parámetros hidráulicos del modelo, principalmente en los coeficientes de rugosidad y en algunos parámetros numéricos asociados a la estabilidad computacional. Este proceso permitió reducir las discrepancias entre los valores medidos y simulados, obteniendo una representación más confiable de los niveles de agua, velocidades y patrones de flujo a lo largo del corredor fluvial analizado.

Los resultados de la calibración evidencian una adecuada capacidad del modelo para reproducir las condiciones hidráulicas observadas en campo, constituyendo una base sólida para la simulación de los diferentes escenarios hidrológicos considerados en el

presente estudio y para la delimitación de las áreas potencialmente inundables asociadas al río Negro y sus principales afluentes.

***Figura 39. Localización de los puntos de aforo del río Negro***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Para la calibración del modelo hidráulico se simularon los caudales medidos en los tres puntos de aforo considerados dentro del área de estudio. Los resultados obtenidos fueron comparados con las alturas de lámina de agua registradas durante las campañas de campo, con el fin de evaluar la capacidad del modelo para reproducir las condiciones hidráulicas observadas en el río Negro. La calibración se fundamentó en la comparación entre los niveles simulados y los niveles medidos, buscando minimizar las diferencias entre ambos y garantizar una adecuada representación de la dinámica del flujo.

Durante este proceso se consideró como criterio de aceptación la precisión asociada a la información topográfica empleada en la construcción del modelo. Dado que el Modelo Digital del Terreno (MDT) utilizado posee una resolución espacial de 0,5 m × 0,5 m, se adoptó este valor como referencia para evaluar las discrepancias entre las láminas de agua simuladas y observadas, entendiendo que diferencias del mismo orden de magnitud se encuentran dentro de la incertidumbre inherente a la representación topográfica del terreno y a las mediciones realizadas en campo.

La calibración del modelo se realizó principalmente mediante el ajuste de los coeficientes de rugosidad de Manning asignados al cauce principal y a las áreas adyacentes susceptibles de inundación. Para ello se tuvieron en cuenta las observaciones efectuadas durante las visitas de campo, el registro fotográfico de los diferentes tramos analizados, la interpretación de imágenes aéreas y la caracterización de coberturas realizada para el estudio. Este procedimiento permitió representar adecuadamente las condiciones reales de resistencia al flujo asociadas a la vegetación, la morfología del cauce, la presencia de obstáculos y las intervenciones antrópicas existentes.

Los resultados finales de la calibración evidencian una adecuada correspondencia entre los niveles de agua observados y los simulados en los diferentes puntos de control, proporcionando un nivel de confianza satisfactorio para la evaluación de los escenarios hidrológicos considerados y para el análisis de las áreas potencialmente inundables del río Negro ver tablas Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19.

***Tabla 17. Resultados de la calibración del aforo 1***

| Variable | Aforo 1 | Iteración 1 | Iteración 2 | Iteración 3 |
|---|---|---|---|---|
| **Rugosidad** | | 0.04 | 0.045 | 0.05 |
| **Caudal [m3/s]** | 5.24 | 5.24 | 5.24 | 5.24 |
| **Profundidad [m]** | 0.724 | 0.71 | 0.716 | 0.72 |

***Tabla 18. Resultados de la calibración del aforo 2***

| Variable | Aforo 2 | Iteración 1 | Iteración 2 | Iteración 3 |
|---|---|---|---|---|
| **Rugosidad** | | 0.04 | 0.045 | 0.05 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Caudal [m3/s]** | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 |
| **Profundidad [m]** | 0.99 | 0.973 | 0.98 | 0.99 |

*Tabla 19. Resultados de la calibración del aforo 3*

| Variable | Aforo 3 | Iteración 1 | Iteración 2 | Iteración 3 |
|---|---|---|---|---|
| **Rugosidad** | | 0.035 | 0.045 | 0.05 |
| **Caudal [m3/s]** | 7.64 | 7.64 | 7.64 | 7.64 |
| **Profundidad [m]** | 1.28 | 1.25 | 1.264 | 1.27 |

### 5.11.7 Escenarios Hidrológicos Simulados

Con el propósito de evaluar la respuesta hidráulica del río Negro y sus principales afluentes ante diferentes condiciones de creciente, se simularon los escenarios hidrológicos asociados a los períodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años. La selección de estos eventos se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, los cuales permiten analizar la dinámica de inundación para eventos de diferente frecuencia y magnitud.

Los caudales correspondientes a cada período de retorno fueron estimados durante el análisis hidrológico y posteriormente incorporados al modelo mediante las condiciones de frontera definidas para el río Negro y los siete afluentes principales considerados en la modelación. De esta manera, se garantiza que la simulación represente adecuadamente la contribución hidráulica de los tributarios más importantes y la respuesta conjunta del sistema fluvial ante eventos extremos.

Para cada escenario se empleó el caudal pico asociado a la creciente de diseño en cada una de las entradas del modelo, con el fin de evaluar las condiciones hidráulicas más críticas en términos de niveles de agua, profundidades, velocidades y extensión de las áreas potencialmente inundables. Este enfoque permite identificar los sectores con mayor susceptibilidad a inundación

En la Tabla 20 se presentan los caudales de diseño utilizados en cada una de las condiciones de frontera del modelo para los diferentes períodos de retorno evaluados.

*Tabla 20. Escenarios hidrológicos simulados [m³/s]*

| Subcuenca | Tr 2.33 | Tr 15 | Tr 100 | Tr 100 con cambio climático |
|---|---|---|---|---|
| **Entrada río Negro** | 22.6 | 55.9 | 100.2 | 126.4 |
| **Tablazo** | 3.2 | 7.9 | 6 | 21.8 |
| **Yarumal** | 8.7 | 20.7 | 25.7 | 41.7 |
| **Malpaso** | 4.8 | 7.5 | 9.7 | 19.4 |
| **La Pereira** | 25.4 | 58 | 104.3 | 132.6 |
| **Cimarrona** | 12.1 | 27.7 | 30.5 | 44.2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **La Mosca** | 18.2 | 45.7 | 74.4 | 113 |
| **Marinilla** | 14.1 | 32.8 | 56.8 | 69.5 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Es importante resaltar que el escenario de inundación asociado al periodo de retorno de 100 años, el cual incorpora la señal de cambio climático, fue simulado con el propósito de proporcionar a los municipios una referencia sobre los posibles cambios en la extensión de las zonas inundables en el mediano y largo plazo. Sin embargo, este escenario no será utilizado para el cálculo de la envolvente hidrológica.

Su finalidad es servir como un insumo técnico para que los municipios incorporen los efectos potenciales del cambio climático en sus estudios básicos de amenaza por inundación y, en consecuencia, formulen e implementen medidas de reducción y gestión del riesgo acordes con las condiciones climáticas futuras.

### 5.11.8 Análisis de resultados

En la Figura 40 se presenta la mancha de inundación correspondiente al período de retorno de 100 años, incorporando la señal de cambio climático, mientras que en la Figura 41 se muestra la mancha de inundación para el mismo período de retorno bajo las condiciones actuales, a lo largo de los aproximadamente 41 km modelados del río Negro.

Los resultados evidencian que la extensión y magnitud de la inundación presentan una marcada variabilidad espacial, asociada principalmente a los cambios geomorfológicos del valle aluvial, la presencia de infraestructura, las modificaciones antrópicas de la planicie inundable y la configuración hidráulica propia de cada tramo caracterizado. Asimismo, se observa que la incorporación de la señal de cambio climático genera un incremento considerable en la extensión de las áreas inundables.

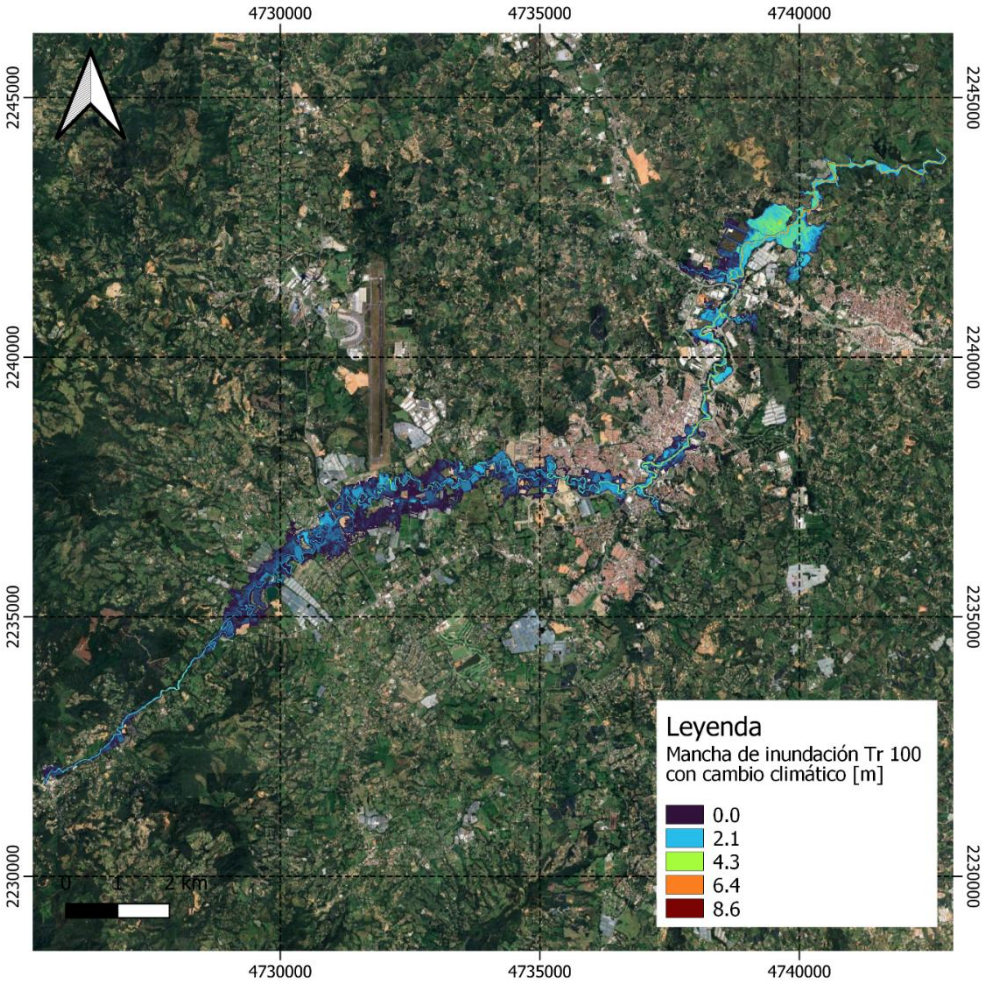
Tal como se mencionó previamente, este escenario fue simulado con un propósito prospectivo, de manera que los municipios puedan anticiparse a posibles escenarios futuros de riesgo por inundación. En este sentido, los resultados constituyen un insumo para fortalecer los procesos de ordenamiento territorial y gestión del riesgo, permitiendo la formulación e implementación de medidas de prevención, reducción y adaptación en aquellas zonas que potencialmente podrían verse afectadas por inundaciones y en aquellas donde actualmente ya se presentan estos fenómenos, considerando que los eventos futuros podrían alcanzar una mayor magnitud y severidad.

Los resultados de la simulación hidráulica para el período de retorno de 100 años evidencian una estrecha relación entre la dinámica de inundación del río Negro y los humedales localizados a lo largo de su corredor fluvial. En términos generales, la mancha de inundación presenta una alta correspondencia espacial con las cubetas de

inundación, planos anegadizos y depresiones naturales asociadas a la evolución geomorfológica del valle aluvial, confirmando que estos ambientes continúan desempeñando una función activa dentro del sistema hidrológico e hidráulico del río.

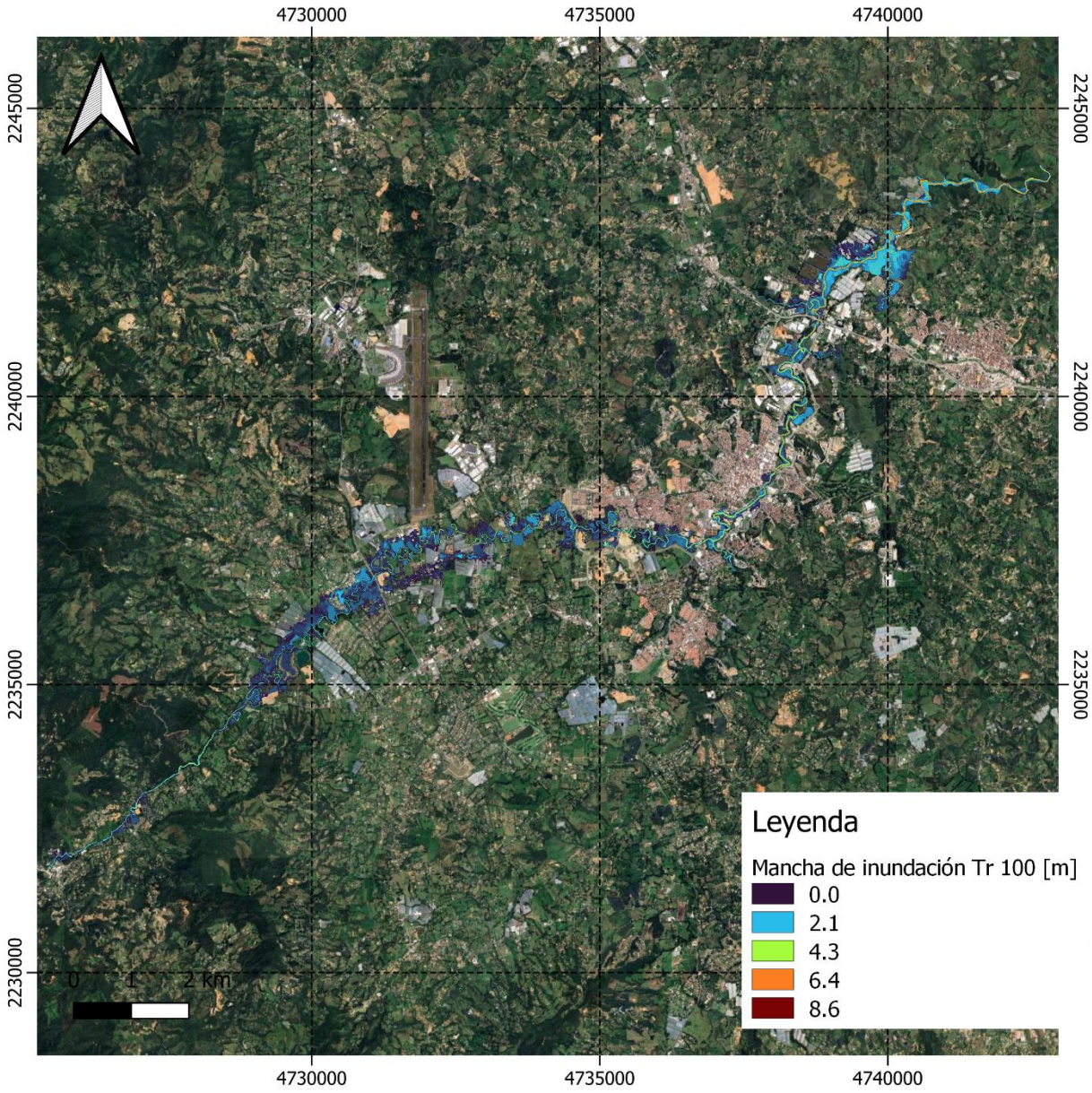
En varios sectores del área de estudio se observa que las crecientes se propagan lateralmente desde el cauce principal hacia zonas bajas asociadas a humedales y antiguos brazos fluviales, favoreciendo procesos de almacenamiento temporal de agua y reducción de los caudales pico aguas abajo. Este comportamiento constituye un mecanismo natural de regulación hidráulica que contribuye a disminuir la energía de las crecientes y a distribuir los excedentes hídricos sobre la planicie inundable.

***Figura 40. Mancha de inundación para la creciente asociada al periodo de retorno de 100 años con señal de cambio climático.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 41. Mancha de inundación para la creciente asociada al periodo de retorno de 100 años***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En términos generales, los mayores desbordamientos se presentan en aquellos sectores donde el río desarrolla amplias planicies aluviales, pendientes suaves y una elevada conectividad hidráulica con humedales, cubetas de inundación y antiguos cauces abandonados. Por el contrario, en los tramos más confinados por el relieve o por

infraestructura antrópica, la inundación tiende a concentrarse dentro del corredor fluvial, generando incrementos en la profundidad y velocidad del flujo.

#### 5.11.8.1 Importancia hidráulica de los humedales dentro del corredor fluvial

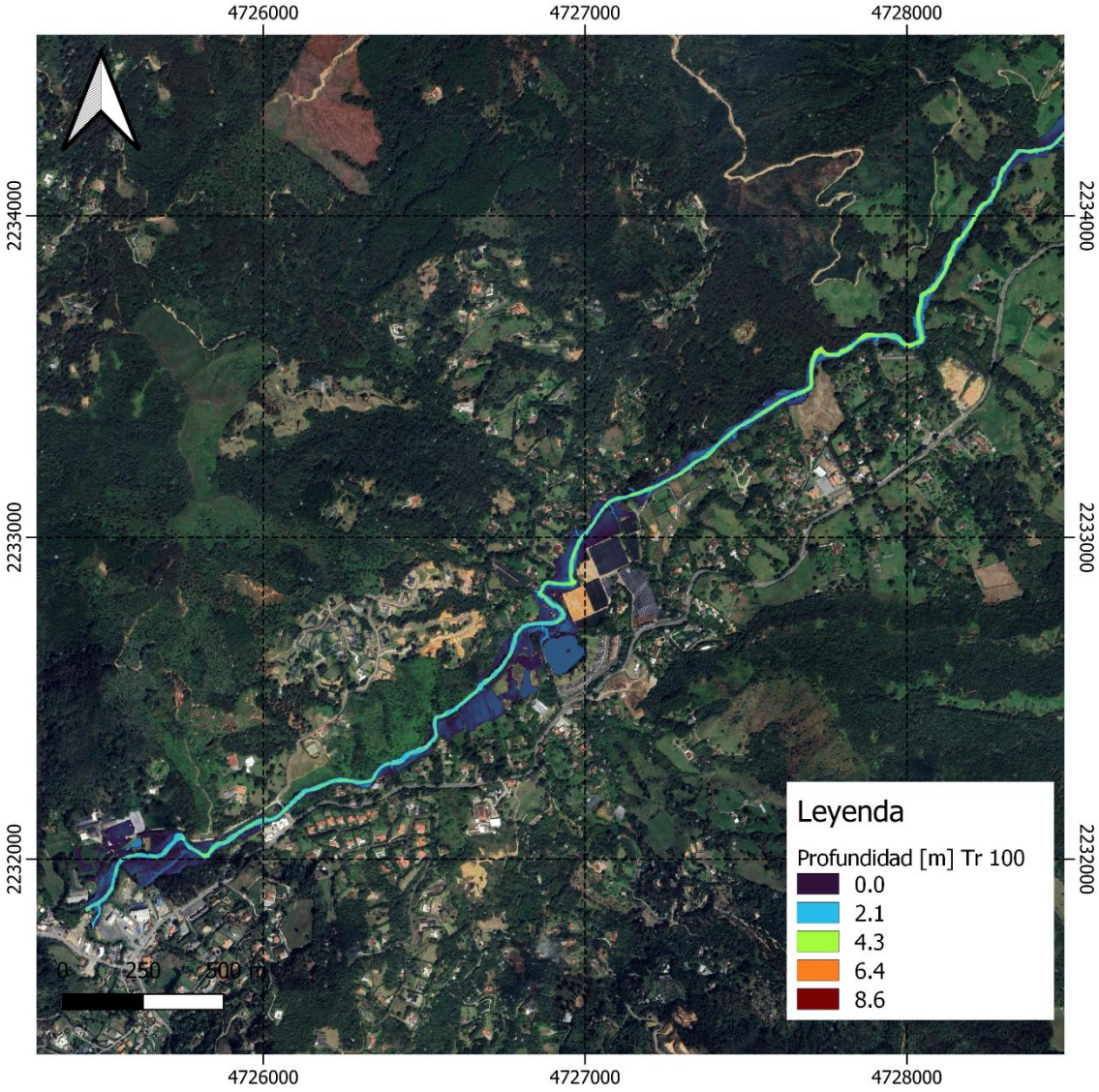
Los resultados obtenidos permiten concluir que los humedales y cuerpos de agua asociados al río Negro constituyen elementos fundamentales para la regulación hídrica del sistema, ya que incrementan la capacidad de almacenamiento temporal de agua, favorecen la laminación de crecientes y contribuyen a disminuir los niveles y velocidades del flujo durante eventos extremos. En consecuencia, las intervenciones que reduzcan la conectividad hidráulica entre el río y estos ecosistemas, tales como llenos, diques, terraplenes, canalizaciones o modificaciones del drenaje natural, podrían incrementar significativamente la amenaza por inundación en los sectores urbanos, suburbanos e industriales localizados a lo largo del corredor fluvial.

La correspondencia observada entre la mancha de inundación modelada y las geoformas asociadas a humedales y cuerpos de agua confirma que estos ecosistemas forman parte integral del funcionamiento hidráulico del río Negro y, por tanto, deben ser considerados como elementos determinantes dentro de los procesos de delimitación de la ronda hídrica y de gestión del riesgo por inundación.

#### 5.11.8.2 Tramo 1 Desde el inicio del tramo hasta el puente de ingreso al Tablacito.

Corresponde al sector más aguas arriba del área de estudio. La inundación se desarrolla principalmente dentro del corredor aluvial inmediato al cauce, observándose desbordamientos localizados sobre las márgenes en sectores de baja pendiente. Debido al mayor confinamiento geomorfológico del valle, las áreas inundadas presentan una extensión lateral relativamente limitada en comparación con los tramos ubicados aguas abajo.

***Figura 42. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Inicio del tramo de estudio hasta puente el tablacito.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

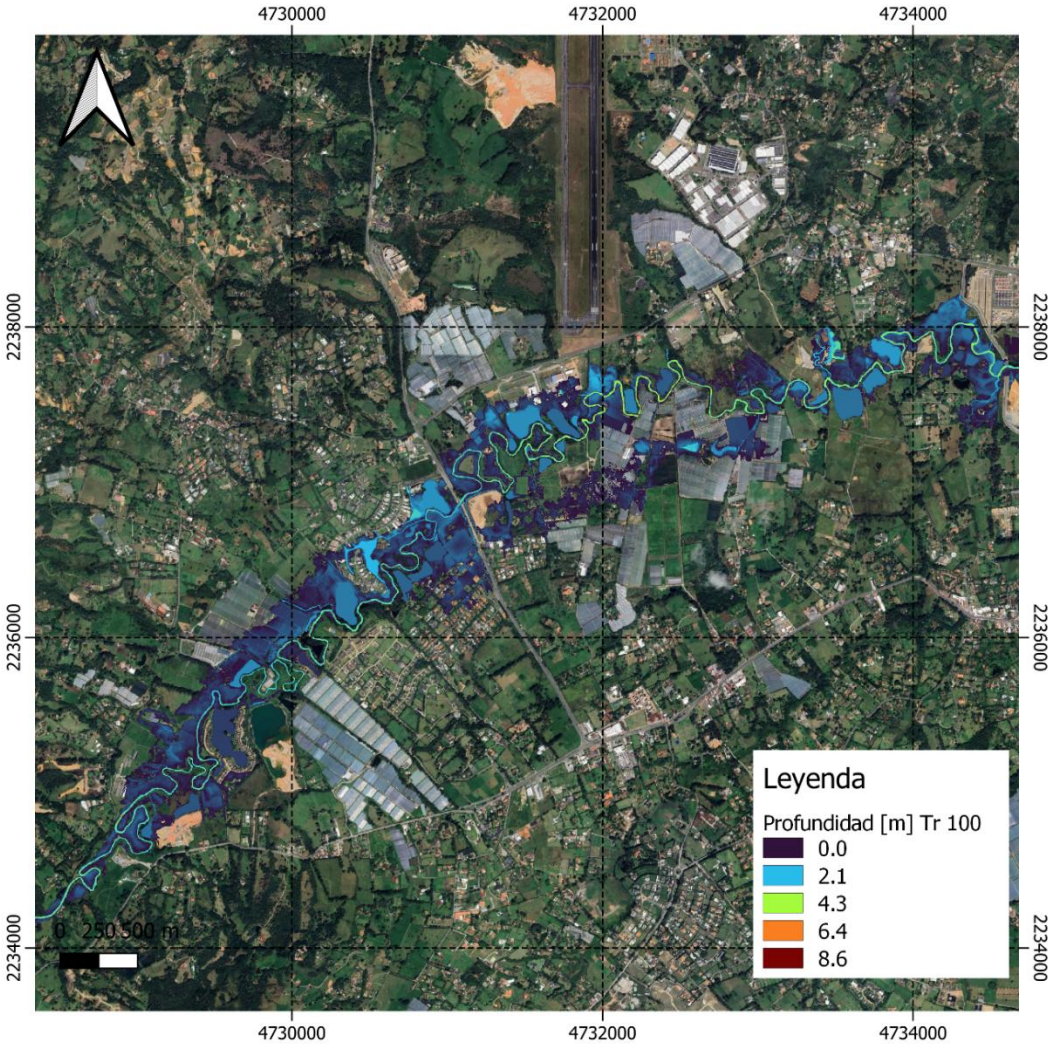
### 5.11.8.3 Tramo 2. Desde el puente de ingreso al Tablacito hasta el inicio del casco urbano de Rionegro.

En este sector comienzan a observarse zonas de inundación más extensas asociadas a la ampliación de la planicie aluvial y a la disminución gradual de la pendiente

longitudinal. La mancha de inundación ocupa áreas bajas adyacentes al cauce y evidencia una mayor interacción entre el río y su planicie de inundación natural.

En este sector es donde se observan los mayores anchos de inundación dentro del área modelada. La presencia de extensas planicies aluviales permite la expansión lateral del flujo durante eventos extremos, favoreciendo procesos de almacenamiento temporal y laminación de crecientes. No obstante, la ocupación de parte de estas áreas por infraestructura genera sectores con susceptibilidad significativa a inundaciones.

***Figura 43. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Desde el puente de ingreso al Tablacito hasta el inicio del casco urbano de Rionegro.***

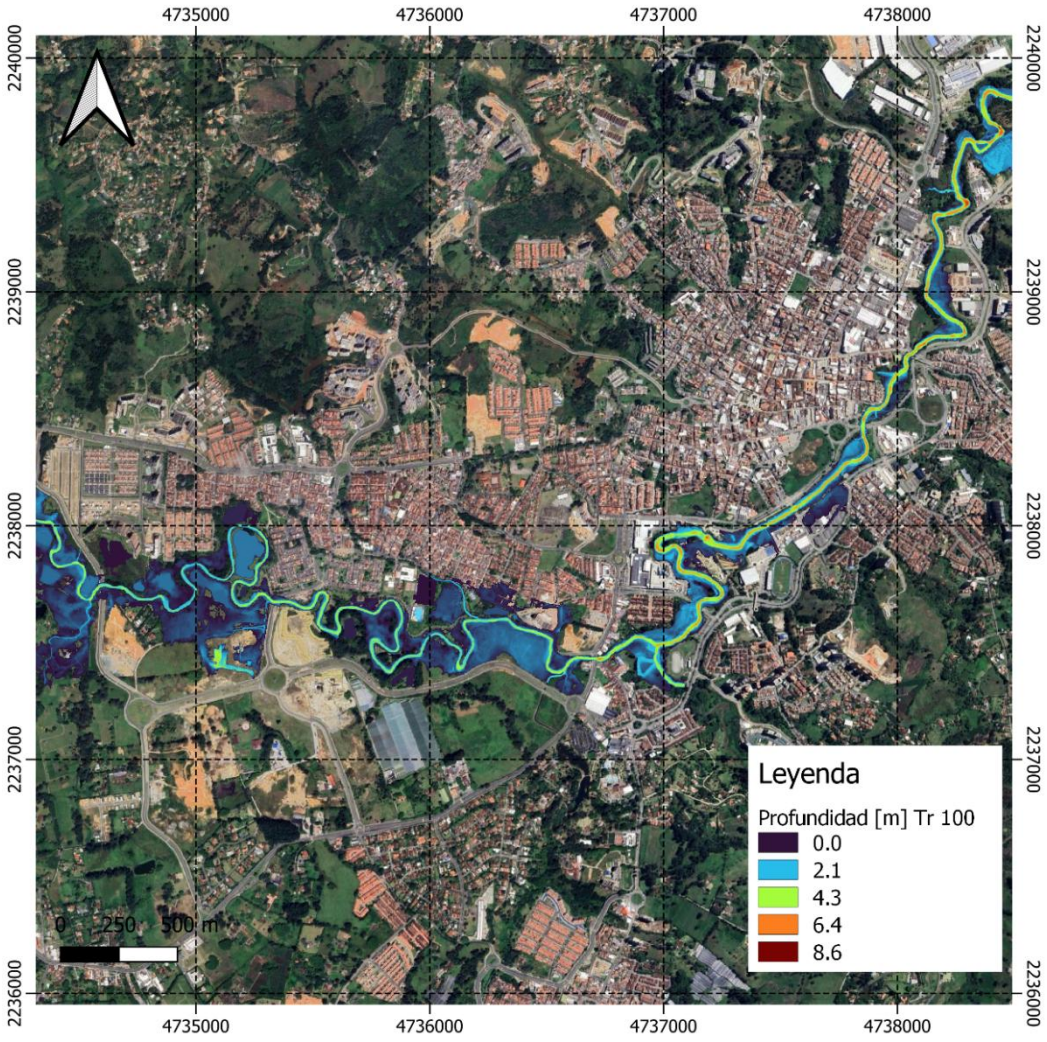



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 5.11.8.4 Tramo 3. Desde el inicio del casco urbano hasta PTAR tranvía

Presenta uno de los comportamientos hidráulicos más complejos del corredor estudiado debido a la transición hacia zonas con mayor ocupación antrópica. Los resultados muestran desbordamientos recurrentes sobre ambas márgenes y la ocupación de depresiones topográficas conectadas hidráulicamente al cauce principal. En este sector la inundación comienza a interactuar con áreas urbanas y suburbanas del municipio de Rionegro.

***Figura 44. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Desde el inicio del casco urbano hasta PTAR tranvía.***

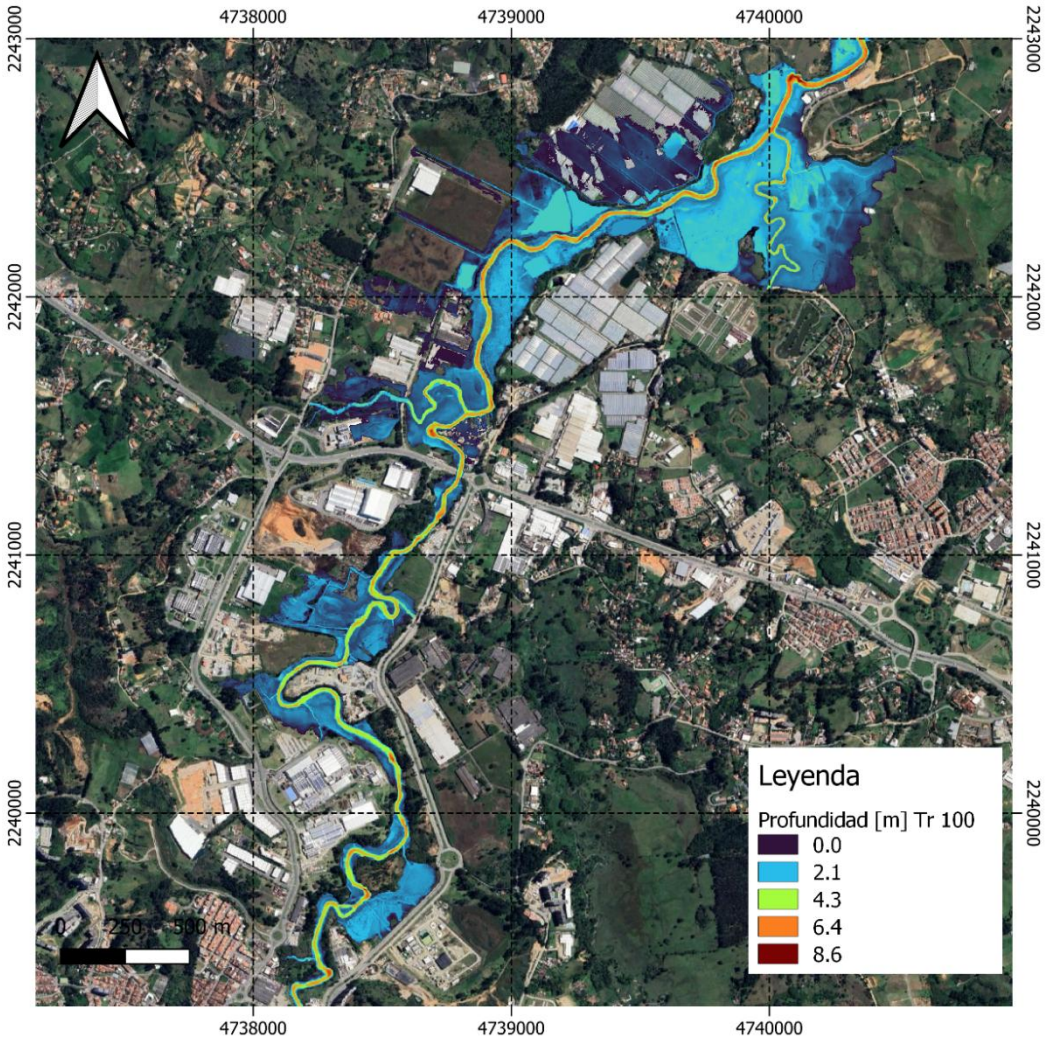



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 5.11.8.5 Tramo 4. Desde PTAR tranvía hasta la desembocadura de la quebrada Marinilla en el río Negro.

La inundación mantiene una elevada conectividad con las planicies inundables y con diferentes geoformas asociadas al sistema fluvial, incluyendo humedales y zonas deprimidas adyacentes al cauce. En este tramo se evidencia una importante transferencia lateral de caudales durante los eventos extremos, generando manchas de inundación continuas sobre ambas márgenes.

***Figura 45. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Desde PTAR tranvía hasta la desembocadura de la quebrada Marinilla en el río Negro.***

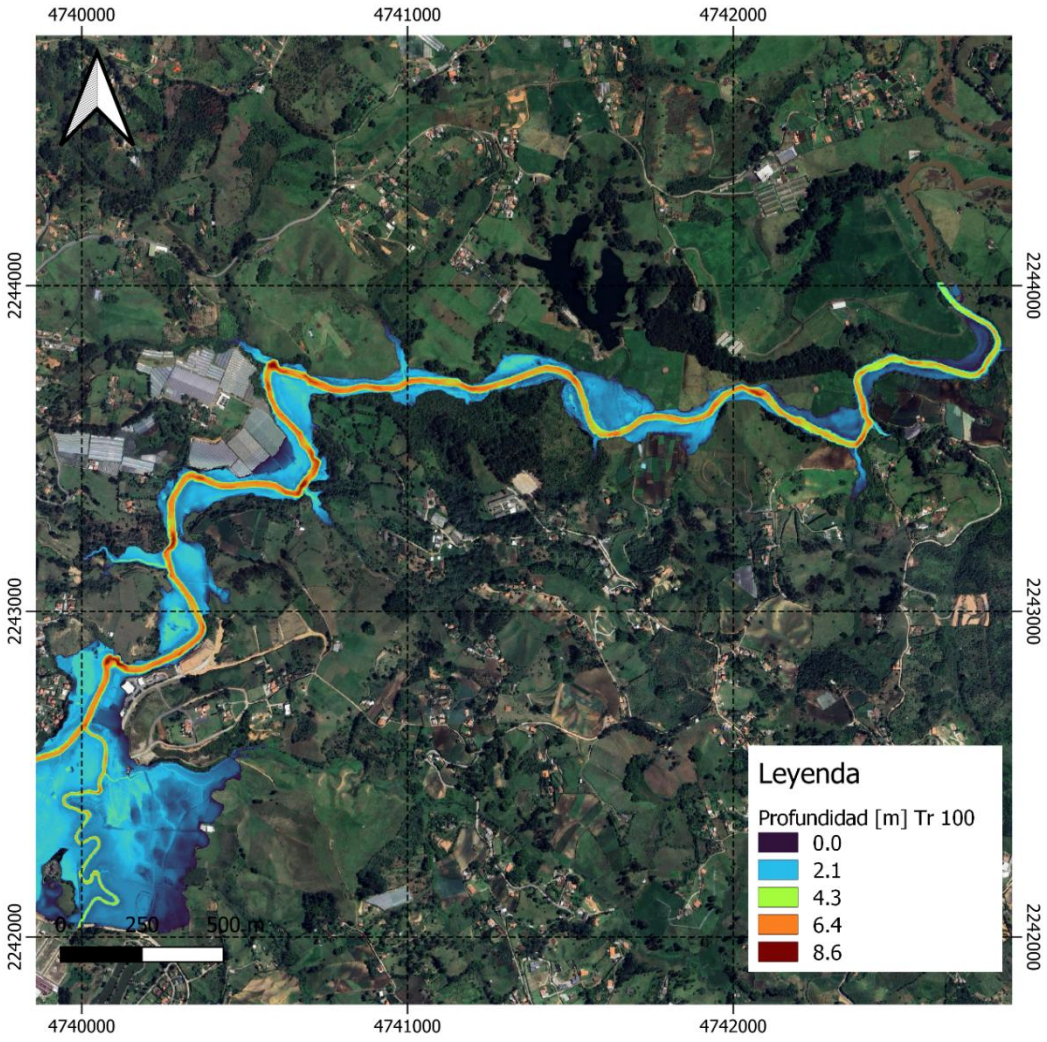



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 5.11.8.6 Tramo 5. Desde la desembocadura de la quebrada La Marinilla hasta el final del tramo de estudio

Este tramo presenta una expansión considerable de la inundación, favorecida por la disminución de la pendiente y la presencia de amplias superficies de inundación natural. La mancha simulada muestra una elevada conectividad hidráulica entre el cauce principal y las áreas bajas adyacentes, lo que permite la propagación lateral de la creciente sobre sectores de la planicie aluvial.

***Figura 46. Mancha de inundación para periodo de 100 años. Desde PTAR tranvía hasta la desembocadura de la quebrada Marinilla en el río Negro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

De manera general, los resultados indican que los sectores con mayores extensiones de inundación se localizan en los tramos medios y bajos del río Negro, coincidiendo con las áreas donde históricamente se han desarrollado procesos de ocupación de planicies aluviales, desconexión de humedales y modificaciones geomorfológicas asociadas a infraestructura vial, urbana e industrial. Asimismo, se observa que gran parte de la mancha de inundación se encuentra controlada por la configuración geomorfológica del valle, lo que confirma la importancia de integrar el análisis hidráulico con la caracterización geomorfológica para la delimitación de las áreas potencialmente inundables y de la ronda hídrica del río Negro.

## 5.12 Delimitación de la envolvente hidrológica

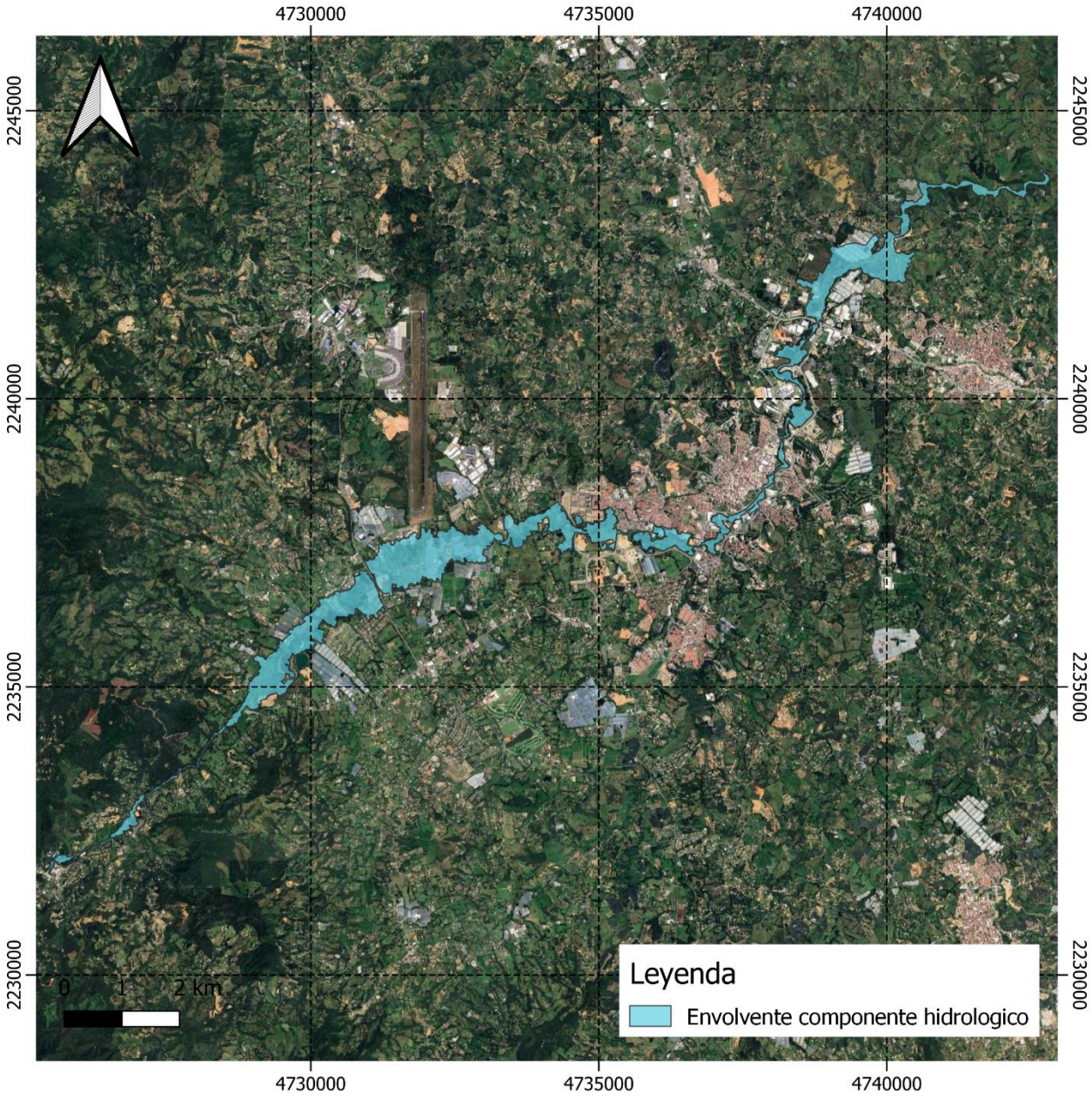
Para la delimitación de la envolvente hidrológica se trazó la envolvente de la mancha de inundación correspondiente al período de retorno de 100 años, sin incorporar la señal de cambio climático (ver Figura 47). La selección de este período de retorno se fundamentó en los criterios establecidos en la guía metodológica del Ministerio, la cual señala que:

"En las regiones del país en las que los períodos húmedos son modulados por fenómenos de variabilidad climática distintos al ENOS en su fase fría, la Autoridad Ambiental competente deberá considerar el período de retorno representativo para dicho fenómeno, siempre y cuando este sea mayor al establecido de 15 años, es decir, corresponda a un evento con menor frecuencia de ocurrencia. Dicho criterio es aplicable para sistemas lóticos sin modificaciones considerables en su morfología y para sistemas lénticos. En los casos de sistemas lóticos con modificaciones considerables en su morfología, así como para cuerpos de agua (lóticos y lénticos) afectados por la dinámica marina, se orienta un criterio de seguridad mayor utilizando eventos con período de retorno de 100 años".

En el presente estudio se adoptó el período de retorno de 100 años considerando, en primer lugar, la presencia del embalse La Fe aguas arriba del tramo analizado, cuya operación modifica el régimen hidrológico natural del sistema. Adicionalmente, se evidenció que la morfología de las llanuras de inundación del río Negro ha sido significativamente transformada por procesos de ocupación y expansión urbana en los municipios de El Retiro, Rionegro y Marinilla, mediante la construcción de llenos, diques, canales, vías y demás infraestructura asociada al desarrollo antrópico.

En consecuencia, la adopción de un período de retorno de 100 años constituye un criterio conservador y de mayor seguridad para la delimitación de la envolvente hidrológica, permitiendo representar de manera más adecuada las condiciones actuales de intervención del sistema fluvial y los potenciales escenarios de inundación asociados.

***Figura 47. Delimitación de la envolvente hidrológica.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 6. COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO

La Ronda Hídrica determina el área en la que se desarrollan los procesos morfodinámicos y que soportan las funciones de transporte y almacenamiento de agua y sedimentos. Es así, que es para garantizar que la dinámica fluvial se mantenga en condiciones lo más cercanas posibles a su estado natural, la delimitación de la envolvente geomorfológica de la ronda es definida como el área que abarca estos procesos e incluye la interacción entre el río y su entorno (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 2018).

El proceso metodológico para definir el componente geomorfológico se divide en 3 fases, además de la participación en el componente integrador:

- Fase 0: Recopilación de información
- Fase 1: Delimitación Cauce permanente
- Fase 2: Delimitación componente geomorfológico

En la Fase 0, de **Recopilación de información**, se requiere diferentes actividades, que inician con la definición del área en estudio a escala regional, con el objetivo de realizar una recopilación de información secundaria geológica y geomorfológica que incluye diferentes tipos de cartografía geomorfológica semidetallada y documentos técnicos asociados. A continuación, se describen los pasos de esta fase:

- **Revisión de información documental y cartográfica:** elaborar una base de datos no solo de estudios técnicos relacionados con el componente geomorfológico, tales como informes, tesis, el plan de ordenamiento territorial, entre otros.
- **Recopilación y análisis de Informes técnicos relacionados con procesos morfodinámicos:** se incluyen no solo la revisión de información asociada a procesos morfodinámicos del cauce permanente, tales como erosión, sino de inundación relacionados al plano inundable, así como otros procesos conexos a las laderas denudacionales que tengan relación con procesos sobre el plano inundable como son erosión y procesos de remoción en masa.
- **Revisión de imágenes de sensores remotos y fotos aéreas disponibles para diferentes períodos históricos (escala mayor a 1:10.000):** esta revisión tiene como objetivo analizar no solo la ocupación histórica de la zona y su relación con el ambiente fluvial, sino su relación con la dinámica fluvial actual, al identificar los tipos de patrones de drenaje, la presencia de sistemas lénticos, y establecer el cómo ha sido el impacto de los procesos de procesos de urbanización y de actividades antrópicas que favorecen la presencia de geoformas antrópicas utilizando herramientas como como open building[1] y MapBiomas colección 3.0 ( (https://colombia.mapbiomas.org/ , s.f.)

[1] https://sites.research.google/gr/open-buildings/

- **Visita de reconocimiento:** a partir de presentar previamente la metodología de salida, con la identificación de puntos para estaciones geomorfológicas, en diferentes tramos identificados, desde un análisis previo del contexto geológico y geomorfológico regional.

Una vez se completa la recolección, sistematización y análisis de información secundaria, se procede con fotointerpretación regional con el modelo de elevación digital Lidar (avalado por la Corporación), y con este panorama inicial del paisaje fluvial y sus procesos se obtiene como productos:

- Capítulo de contexto geológico, estructural y geomorfológico regional.
- Análisis de la ocupación antrópica y la dinámica fluvial actual.

La Fase 2, de **Delimitación del Cauce permanente**, el cauce permanente corresponde a la zona de terreno sobre la cual fluye la corriente de agua con sus sedimentos en condiciones de flujo de caudales sin que se llegue a producir desbordamiento de sus márgenes naturales. Para realizar este análisis a escala de detalle, se describen los siguientes pasos:

- **Análisis de variables morfométricas asociadas al cauce permanente**: Establecer con la variable de pendiente a partir del modelo LiDAR el cauce permanente. En este paso se realizará articulación con el componente hidrológico con la mancha de inundación del periodo de retorno de 2.33 años para poder establecer las posibles migraciones laterales del cauce permanente y verificar puntos que por perturbaciones asociadas a la Lidar, como coberturas vegetales o alturas relacionadas con edificaciones o formas antrópicas, no se pueda observar con claridad el límite del cauce permanente.
- **Fotointerpretación de procesos morfodinámicos**. Por medio del modelo de elevación Lidar y el banco de imágenes, se procede a la fotointerpretación de procesos asociados al cauce, teniendo en cuenta la recopilación de información secundaria y primaria georeferenciada, para un área de influencia definida de acuerdo a los resultados del contexto geomorfológico.
- **Fotointerpretación del sistema léntico**: el sistema léntico hace parte del cauce permanente correspondiendo a las cubetas de decantación asociados a los humedales, ya que son geoformas que permiten la acumulación de agua de forma conectada con el río por medio de sus diques, napas o caños. Estas geoformas son definidas por los procesos de acumulación y ocupación de las aguas de manera permanente o semipermanente haciendo parte de la regulación hídrica del río Negro.
- **Salida de campo 2**: se realizar una nueva visita de verificación del cauce permanente, para realizar la verificación del ancho a partir del uso de herramientas de levantamiento de datos (libreta o aplicativo de recolección de datos), fotografías y esquemas.

Una vez se completa este procedimiento, se obtiene como productos de la fase 1:

- Delimitación del cauce permanente
- Georeferenciación de eventos y procesos morfodinámicos a partir de información primaria y secundaria
- Procesos morfodinámicos por fotointerpretación
- Caracterización de la corriente

La fase 3, de **Delimitación componente geomorfológico**, parte de los resultados de la integración del contexto regional, las salidas de campo previas, y el análisis detallado de cauce permanente, el objetivo de esta fase es la caracterización a partir de la fotointerpretación el ambiente fluvial a nivel de geoformas en el plano inundable, que no hacen parte del cauce permanente, pero que están asociados tanto al ambiente fluvial actual, como a los otros ambientes que interactúan.

Adicionalmente, se realiza un análisis desde el componente geomorfológico con información suministrada por el componente hidrológico con periodos de retorno mayores, para identificar zonas susceptibles a la inundación, que permita establecer la mancha de amenaza alta por inundación, y las áreas con condición de riesgo.

Posteriormente se realiza una salida de campo 3, de verificación para confirmar el límite físico de las geoformas asociadas a procesos de acumulación de agua y sedimentos recientes y que no hacen parte del cauce permanente. Y se desarrolla el capítulo de la envolvente geomorfológica, que se suministra para el desarrollo del componente integrador, y finalmente se construye de forma articulada las estrategias de manejo ambiental para la ronda hídrica.

## 6.1 Contexto componente geomorfológico

Para analizar el área de estudio se retoma de acuerdo la metodología planteada por la guía del ministerio, el concepto de sistema fluvial, entendido como "*el conjunto de geoformas, procesos morfodinámicos, cauces, escorrentías y movimiento de sedimentos en ladera, redes de drenaje y zonas de sedimentación, relacionados entre sí por el proceso de flujo de agua, sedimentos y nutrientes entre las partes del conjunto*". Por consiguiente, para delimitar la envolvente geomorfológica, se toma como punto de partida la comprensión a escala regional de la información geológica, estructural y geomorfológica y de procesos morfodinámicos, en el cual se encuentra este sistema fluvial, a partir de información secundaria correspondiente a este nivel de detalle a las siguientes fuentes de información.

- *Geología de la Plancha 147, Medellín Oriental a escala 1:100.000* (INGEOMINAS, 2005)

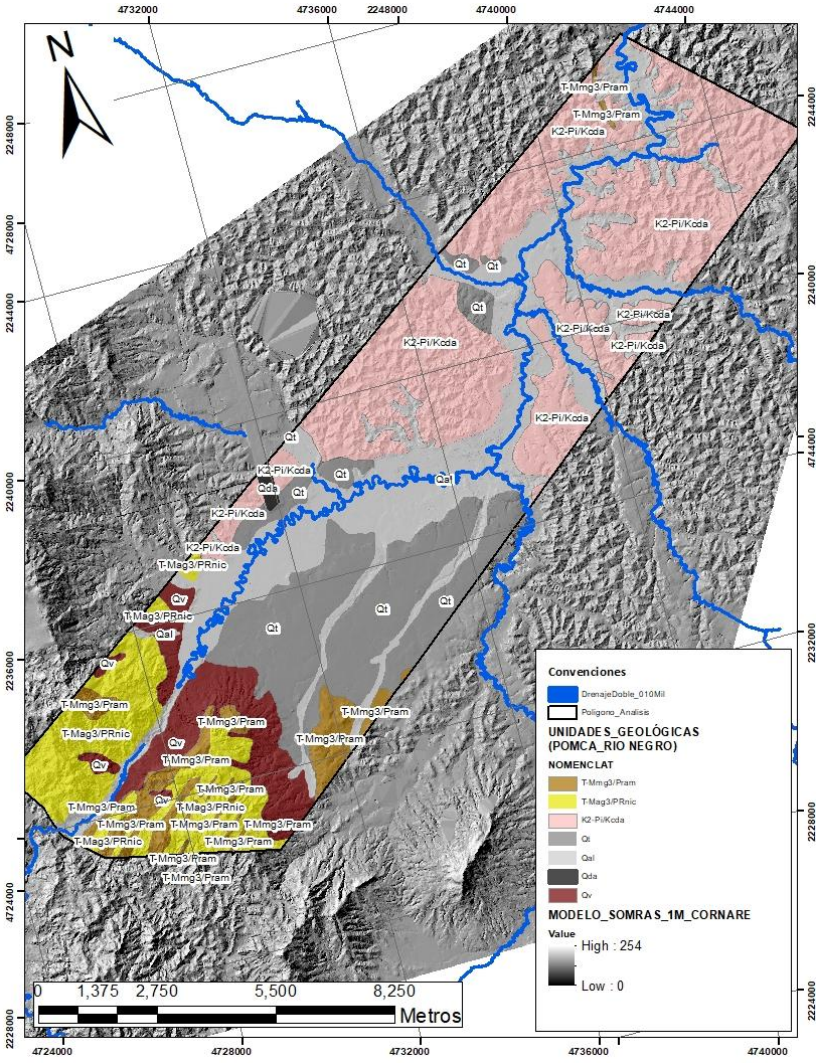
- *Mapa Geomorfológico aplicado a Movimientos en Masa de la Plancha 147 Medellín Oriental plancha 147 -Medellín Oriental a escala 1:100.000* (SGC y Universidad EAFIT, 2014)
- *Documento y cartografías geomorfológicas y geológica a escala 1:25.000 del POMCA del Río Negro* (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).
- *Articulo publicado en el Boletín de Ciencias de la Tierra en el 2011, para el Estudio Geológico-Geomorfológico en el Oriente Cercano a Medellín, como Apoyo a La Búsqueda de Actividad Tectónica Reciente* (Rendón Rivera, y otros, 2011)
- *Artículo publicado en el Boletín de Ciencias de la Tierra en el 2015 sobre la actividad neotectónica y análisis paleosismológico en el oriente cercano a la ciudad de Medellín – Colombia* (Rendón Rivera, y otros, 2015)
- *Información de eventos del Plan Municipal de Gestión del Riesgo* (Alcaldía de Rionegro, 2024)
- *Información de eventos de CORNARE (en revisión)*
- *Base de datos eventos y procesos morfodinámicos POMCA*

### 6.1.1 Contexto geológico

El sistema fluvial de interés se encuentra circunscrito a la cuenca del rio negro, la cual es una cuenca muy dinámica desde el ambiente fluvial con diferentes subcuencas, la cual subyace sobre un basamento rocoso está formado por rocas cristalinas fracturadas: granitoides del Batolito Antioqueño, serpentinitas, dunitas, y los metasedimentos y anfibolitas del Grupo Ayurá – Montebello, de acuerdo con la terminología propuesta por Botero, las cuales en la cartografía actual se diferencia entre Anfibolitas de Medellín y Metasedimentos del Grupo El Retiro (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).

Para la descripción de este material geológico presente, se toma como área de análisis un polígono con la influencia de la interacción de este material rocoso con los depósitos aluviales y de vertiente asociados, que incluye las desembocaduras de las quebradas la Pereira, la Cimarrona, la Marinilla por la margen derecha y las desembocaduras de las quebradas Yarumal y la Mosca y con un área de 13.499 ha. De tal forma que se describen a continuación cada unidad en orden cronológico (Figura 48).

***Figura 48. Unidades geológicas a escala 1:25.000 para el polígono de análisis***




***Fuente: Tomado de POMCA del Rio Negro (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).***

### 6.1.2 Complejo el Retiro

Corresponde a rocas metamórficas, formadas por neises micáceos, micacitas, esquistos, filitas, migmatitas, anfibolitas, granofels y cuarcitas. Predominan las rocas de textura néisica, fuertemente deformados, en cuya composición se encuentran cuarzo, plagioclasas, anfíboles y biotita, cruzados por diques de cuarzo lechoso. El complejo incluye diferentes unidades litológicas, y él cual fue dividido en: Anfibolitas de Medellín, Migmatitas de Puente Pelaéz, el Neis de La Ceja, Neis milonítico de Sajonia y Granofels

de Normandia (INGEOMINAS, 2005), para el área de influencia mencionada y según la descripción a escala 1:25.000 realizada por el POMCA del Río Negro, se encuentran las siguientes unidades metamórficas.

#### 6.1.2.1 Anfibolitas de La Ceja (T-Mmg3/Pram)

Esta roca metamórfica es reconocida a escala 1:100.000 como anfibolitas de Medellín (PRam) (INGEOMINAS, 2005), está formada por rocas masivas densas, duras, de color gris verdoso, que ocasionalmente presentan textura bandeada por segregación de minerales, principalmente conformadas por plagioclasas y hornblendas. Sus contactos están parcialmente cubiertos por depósitos aluviales de la quebrada Pereira y el río Negro. Los suelos residuales del horizonte VI son limos de baja compresibilidad, de color pardo amarillento; los suelos residuales en el horizonte V son limos arenosos de color pardo rojizo (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017). En la zona de interés aflora principalmente sobre la margen derecha, en la zona SE del polígono como franjas alargadas con tendencia NE/SW.

#### 6.1.2.2 Neis de la Ceja (K1-Mag3/PRnlc)

Esta roca metamórfica es reconocida a escala 1:100.000 como Neis de la Ceja (PRnlc) (INGEOMINAS, 2005). Aflora en la zona sur del polígono de análisis sobre ambas márgenes del sistema fluvial. Esta unidad compuesta de neises y granofels, de alto grado de metamorfismo, facies anfibolita-granulita, localmente plegados con intercalaciones de cuarcitas y anfibolitas. Sus productos de meteorización presentan dos niveles de suelos residuales, uno, el horizonte VI compuesto por limos de color pardo amarillento, y el segundo saprolítico, correspondiente al horizonte V con textura limoarenosa de color pardo rojizo con bandas de colores, gris y crema (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).

### 6.1.3 Batolito Antioqueño (K2-Pi/Kqd).

Esta roca ígneas es reconocida a escala 1:100.000 como Batolito Antioqueño, facie normal (K2ta), la roca predominante es fanerítica de grano medio a grueso, color moteado sal y pimienta con Indice de color entre 17 y 28 y contiene como minerales esenciales cuarzo – plagioclasa ± feldespato potásico y hornblenda y biotita variando su contenido entre valores relativamente cercanos, con una desviación estándar muy pequeña en cada uno de las minerales, lo cual resalta la uniformidad petrográfica de esta facies. Litológicamente corresponde a tonalita – granodiorita rara vez cuarzomonzonita (INGEOMINAS, 2005).

En el polígono de análisis es la unidad de mayor extensión ocupando las geoformas de colinas y relieves ondulados en la zona centro y norte. El perfil de meteorización de esta unidad incluye los horizontes IV a VI. El horizonte VI, compuesto por limos de baja

compresibilidad, de color pardo amarillento, tiene un espesor entre 1 y 4 m; el horizonte V, saprolítico compuesto por limos arenosos, de color pardo rojizo, púrpura y pardo amarillento, moteado de pequeñas manchas de color crema y verde oscuro, con la textura relicta del protolito, tiene un espesor entre 2 y 10 m; el horizonte IV, de textura arenosa con una fracción de limo que generalmente es mayor que 20%, de color gris y crema, con manchas de color verde oscuro, presenta normalmente un espesor de varias decenas de metros (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).

### 6.1.4 Depósitos de Terrazas (Qt)

Corresponde a los depósitos no consolidados de la cartografía a escala 1:100.00 como Q1Q2t, que corresponden a sedimentos angulares a redondeados con tamaño y composición variables poco o no litificados. Se encuentran en varios niveles elevados y diferenciables con respecto a la llanura de inundación actual de las corrientes (INGEOMINAS, 2005).

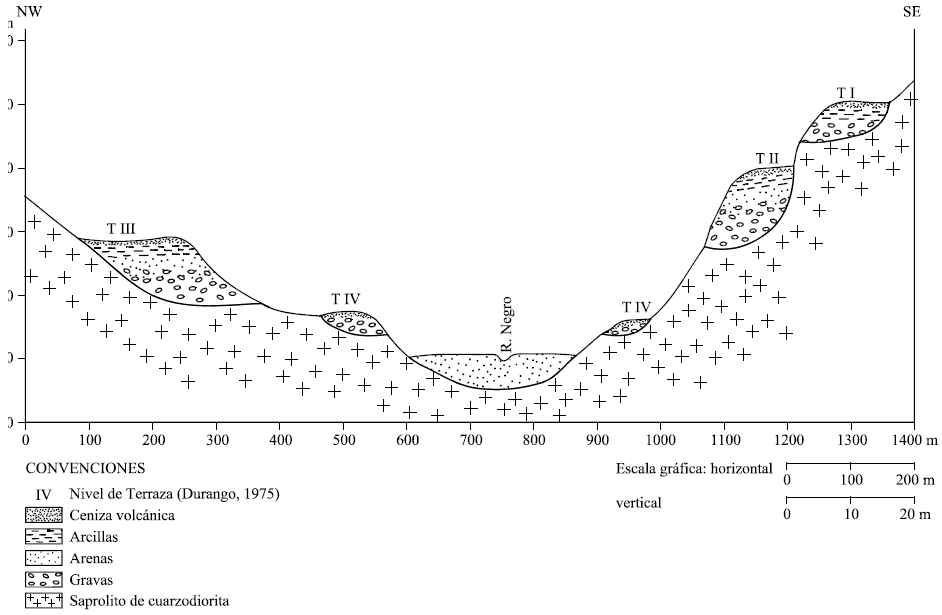
Desde la cartografía a escala 1:100.000, se clasifican como terrazas los depósitos aluviales que se encuentran relativamente elevados con respecto al cauce actual del río y están constituidos por depósitos discontinuos parcialmente consolidados de origen aluvial, que forman un relieve de colinas suaves poco disectadas, con acumulaciones de gravas, arenas y limos elevados 2 a 65 m a lo largo de las fuentes hídricas. Las terrazas del rio negro, han sido previamente estudiadas y descritas por varios autores como Durango (1975) y Page & James (1981), las cuales son evidencia de erosionamiento por los drenajes en las etapas finales del levantamiento de la Cordillera Central (INGEOMINAS, 2005)

De acuerdo con el informe de INGEOMINAS, el cual hace referencia al estudio de Durango (1975), el cual definió hasta 5 niveles de terrazas del río Negro (Figura 49), los depósitos están conformados por arcillas abigarradas con intercalaciones de cantos mal seleccionados de cuarzo, de rocas intrusivas granitoides y metamorfitas meteorizadas en una matriz areno arcillosa color blanco amarillento a amarillo o pardo por acumulación de óxidos de hierro, se observa estratificación cruzada, laminación fina lenticular y la presencia de niveles lenticulares elongados en el sentido de la corriente actual del río Negro, de arenas finas o limos indicativos de inundaciones ocasionales, posiblemente corresponden a represamientos, que cubrieron los depósitos durante su formación, en algunos casos, presentan disección por las corrientes actuales. Estas terrazas tienen importancia económica y han sido explotadas para la producción de arcillas y la extracción de oro.

Posteriormente, este informe hace referencia, a que Page & James (1981) complementaron el detalle aumentando a ocho (8) el número de terrazas con diferentes espesores, pero que la correlación de estas terrazas es difícil y actualmente se

encuentran cubiertas por construcciones complementaron el detalle aumentando a ocho (8) el número de terrazas con diferentes espesores (Figura 50).

***Figura 49. Corte esquemático de las terrazas del río Negro y sus afluentes, modificado de Durango (1975)***




***Fuente: Tomado de INGEOMINAS, 2005.***

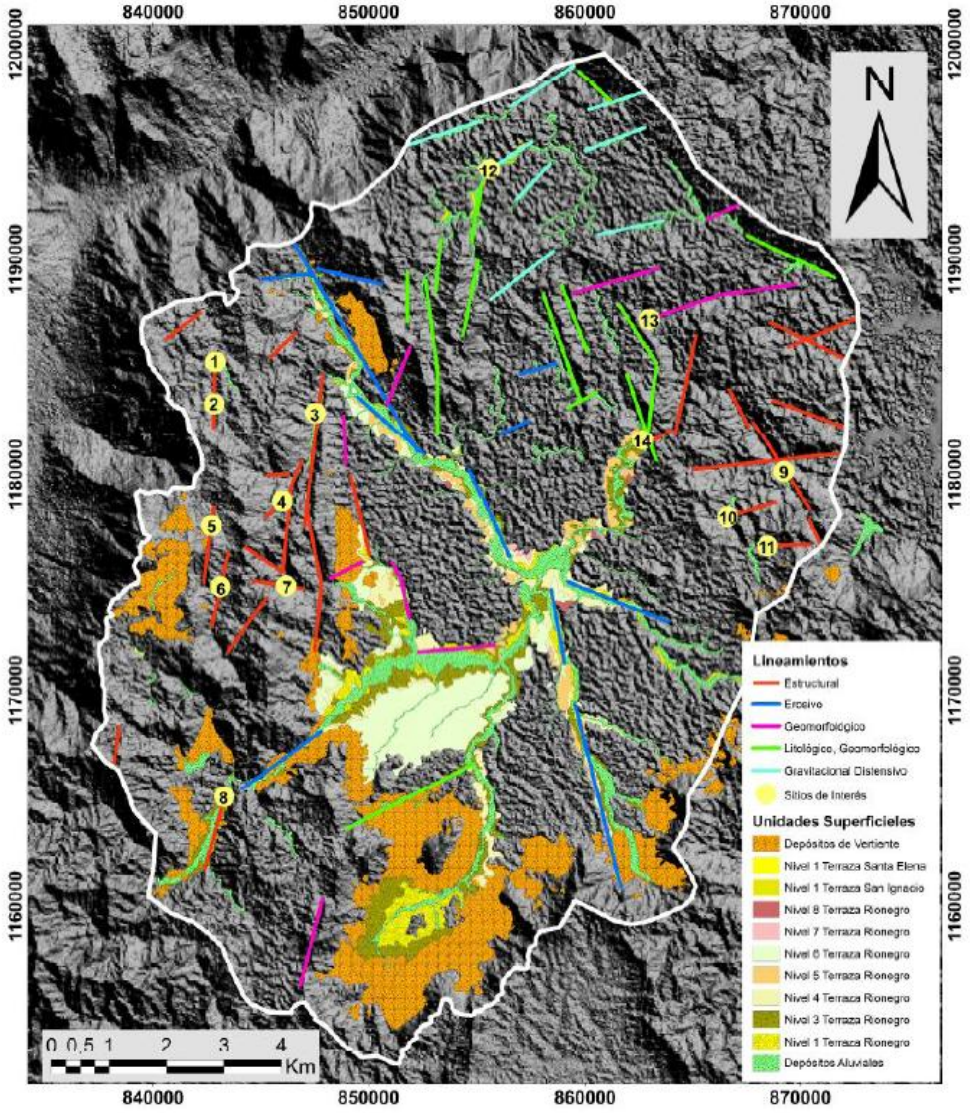
***Figura 50. Terrazas del río Negro (modificada de Pages & James, 1981).***

| Terraza N° Page &James (1981) | Terraza N° Durango (1975) | Altura sobre el nivel actual del río (m). | Nombre | Litología |
|---|---|---|---|---|
| Fp | t-V | 2 | Llanura aluvial | 2 m de arenas cuarzosas color gris claro y gravas, localmente con lentes de arena limosa. Edad 18.000 ± 490 años. |
| t-1 | | 5 | Primera terraza | Arenas y arenas limosas de color amarillo pardusco suprayacidas por cenizas volcánicas. Edad >730.000 años. |
| t-2 | t-IV | 8 | T. Corduroy | Arenas intercaladas con lentes de arcillas de colores claros y limos, moderadamente meteorizadas y erodadas. |
| t-3 | t-III | 13 | T. Coltepunto | Forma una superficie ondulada de 400 m de ancho, compuesta por gravas de cuarzo bien redondeado de 2 –3 m de espesor en arenas amarillo grisáceo, suprayacidas por arenas, limos y arcillas con estratificación cruzada. |
| t-4 | | 22 | T. Laboratorio Griffith | Disectada, con 2 – 8 m de gravas cuarzosas y arenas con lentes de limo de 2m de espesor. |
| t-5 | t-II | 29 | T. mina de oro de Guarne | Sobre la quebrada La Mosca paquetes de 2 a 10m de espesor de gravas cuarzosas oxidadas que suprayacen arcillas y limos, disectadas, fueron explotadas como aluviones auríferos. |
| t-6 | t-I | 44 | T. Llano Grande | Limos y arcillas con lentes de arenas de 10 m de espesor; en el aeropuerto intercalaciones de limos, arenas y gravas en capas de 2 – 4 m de cuarzo bien redondeado, disectadas. Espesor total 25 m, probablemente de origen lacustre. |
| t-7 | | 53 | T. Granja Román Gómez | Gravas altamente meteorizadas que suprayacen a arenas limosas, espesor 2- 6 m. |
| t-8 | | 65 | T. de Torre del acueducto | Arcillas de color gris claro a rojo, limos amarillo – pardo arenas grises intercaladas con gravas cuarzosas, en el tope con nódulos de gibbsita. Alcanza un espesor de 20 m, superficie disectada. |
| S- 11 | | 80 | Superficie de erosión del río Negro | Saprolito de rocas metamórficas y graníticas |

***Fuente: Tomado de INGEOMINAS, 2005.***

En el año 2011, para un el Estudio Geológico-Geomorfológico en el Oriente Cercano a Medellín , como Apoyo a La Búsqueda de Actividad Tectónica Reciente (Rendón Rivera, y otros, 2011), se define la presencia de estos depósitos con nueve niveles de terrazas aluviales en la superficie de erosión de Rionegro de hasta 90 m altura, las cuales tienen edades que varían entre 700.000 años y 2,4 Ma, correlacionables con algunos niveles propuestos por Page y James (1981) citados por el informe de INGEOMINAS (Figura 51).

***Figura 51. Marco geomorfológico-estructural y ubicación de los indicios de actividad neotectónica.***




***Fuente: Tomado de Rendón, 2011.***

Según la cartografía del POMCA del Rio Negro (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017), de las terrazas conocidas la más amplia es la Terraza de Llanogrande, cuyo espesor medio no alcanza 5 m, destaca que de las terrazas más antiguas solo quedan algunos remanentes aislados, cuyo reconocimiento tiene más interés académico que práctico, y que el nivel de la terraza inferior frecuentemente

puede confundirse con la vega aluvial. Igualmente, el límite entre la parte distal de los depósitos de ladera y la terraza aluvial es difícil de establecer en las imágenes de sensores remotos y en las cartas topográficas. Así, como puntualiza que la antigüedad de los niveles superiores de terrazas ha permitido su modificación morfológica de manera que su superficie es ondulada, condición esta que puede confundir al observador.

### 6.1.5 Depósitos aluviales (Qal)

De acuerdo con la cartografía a escala 1:100,000, son depósitos no consolidados de gravas, arenas, limos y arcillas no litificadas en llanuras de inundación de ríos y quebradas, sujetas a inundaciones periódicas y denominados como Q2al (INGEOMINAS, 2005). Según información a escala 1:25.000 del POMCA, corresponden al relleno aluvial que es extremadamente delgado formado por arenas y gravas cuyo espesor rara vez supera los 20 m y se localizan en las vegas de los ríos

### 6.1.6 Depósitos de ladera (Qv)

De acuerdo con la cartografía a escala 1:100,000, son depósitos no consolidados de acumulaciones detríticas heterogéneas no diferenciadas en la base de zonas con pendientes altas producidas por diferentes procesos erosivos o tectónicos. Incluye flujos de escombros, de talus (caída de rocas), de tierra y rocas, de tierra y localmente conos antiguos y coluviones, y denominadas como Q2v. Según información a escala 1:25.000 del POMCA, estos depósitos están formados generalmente por una matriz de limo, de color pardo amarillento a pardo rojizo, que rodea cantos y bloques de roca. Algunos de los depósitos no están cubiertos por el manto de andosoles común en la zona, elemento indicador de su emplazamiento reciente, sin embargo, hace énfasis en que su identificación y delimitación se hace difícil debido a la prolongada ocupación del territorio con prácticas agropecuarias y a la ocurrencia de pendientes suaves características. En el polígono de interés, se localizan hacia la parte alta de la cuenca del Río Negro. La morfología de estos depósitos es característica y en su composición predominan los limos de baja compresibilidad como matriz que encierra gravas, cantos y bloques angulares de roca.

En el polígono de análisis son muy extensos en la parte alta de la cuenca, correspondiendo a la base de las laderas donde aflora las rocas del complejo El Retiro y en contacto directo con los depósitos aluviales del río negro.

### 6.1.7 Depósitos antrópicos

De acuerdo con la cartografía del POMCA del río Negro, solo identifica una pequeña área sobre la margen izquierda, que corresponden a los llenos controlados del aeropuerto José María Córdoba.

## 6.2 Contexto Estructural

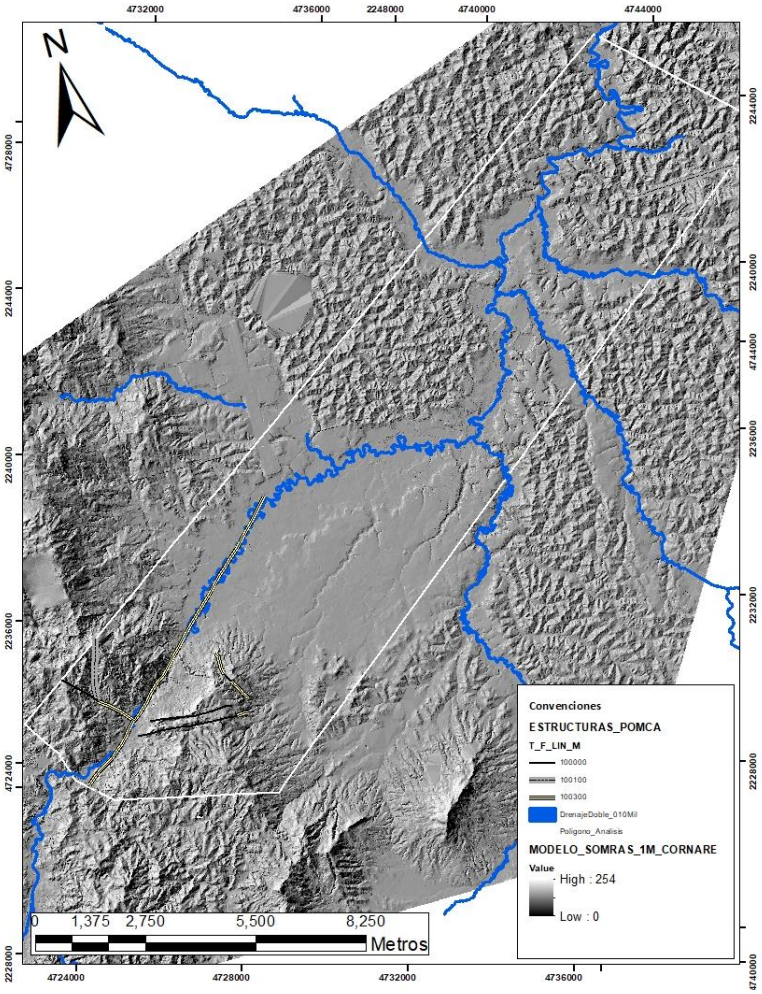
La zona de estudio se enmarca en la configuración estructural de la Cordillera Central de Colombia, y en el núcleo que se encuentra limitado por dos sistemas fallas: 1) el Sistema del Borde Occidental de la Cordillera Central que incluye el Sistema Cauca-Romeral y comprende las fallas San Jerónimo, Silvia-Pijao, Cauca-Almaguer y 2) Un segundo sistema que comprende las fallas del Borde Oriental de la Cordillera Central o conocida como la Zona de Falla de Palestina, fallas y que en parte limitan la Cordillera Central de Colombia en ambos flancos, sin tener en cuenta la edad individual, su origen, ni el estilo estructural individual de cada falla, sino como un conjunto general (INGEOMINAS, 2005).

En este contexto regional, Los dos sistemas en conjunto influyen formando una "estructura en augen", N-S, con orientación general de los dos sistemas que lo rodean, y su dirección varía de NNW a NNE, donde el Batolito Antioqueño, junto con los cuerpos satélites y parte de las rocas metamórficas encajantes, se comportan como un bloque rígido, rodeado por los sistemas de fallas del Borde occidental y del Borde Oriental de la Cordillera Central, los cuales junto con las rocas entre ambos sistemas se comportan como un "flujo dúctil" alrededor del bloque rígido luego del emplazamiento y enfriamiento del Batolito Antioqueño (INGEOMINAS, 2005).

La actividad tectónica durante el Paleoceno y Mioceno dio lugar a la Orogenia pre-andina, plegando las estructuras, levantándolas por encima del nivel general de erosión y haciendo desplazar las rocas más rígidas de la Cordillera Central. Los procesos erosivos de largo alcance generaron extensas penillanuras cuyos relictos, levantados durante la Orogenia Andina constituyen los altiplanos actuales con sus diferentes niveles de superficies de erosión. El Cuaternario está caracterizado por la elevación de la Cordillera Andina hasta su altura actual. Hace aproximadamente un millón de años ocurrió el Pulso Orogénico Andino Tardío con un nuevo levantamiento y la reanudación de fuerte erosión (INGEOMINAS, 2005).

En el polígono de análisis para el sistema fluvial de interés, se encuentra cartografiada una falla cubierta por los depósitos aluviales, en la parte alta del río Negro y siguiendo la orientación NE (INGEOMINAS, 2005), la cual es retomada por El POMCA del Rio Negro (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017). Sin restar importancia, también son cartografiadas por la escala 1:100.000 del INGEOMINAS y a escala 1:25.000 del POMCA, pequeñas fallas definidas con dirección NW que afectan las rocas del Complejo El Retiro, en la parte alta de la zona de estudio (Figura 52).

***Figura 52. Estructuras geológicas localizada en el polígono de análisis.***




***Fuente: Tomado de POMCA Río Negro (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).***

Sin embargo, para Rendon et al, 2011, la falla cubierta es considerada como un lineamiento erosivo, pero de menor extensión, así como otro lineamiento geomorfológico a la altura de la zona urbana de Rionegro sobre la margen izquierda, así mismo este estudio considera 2 puntos con indicios de actividad neotectónica como se describen a continuación y se pueden observar en la Figura 53:

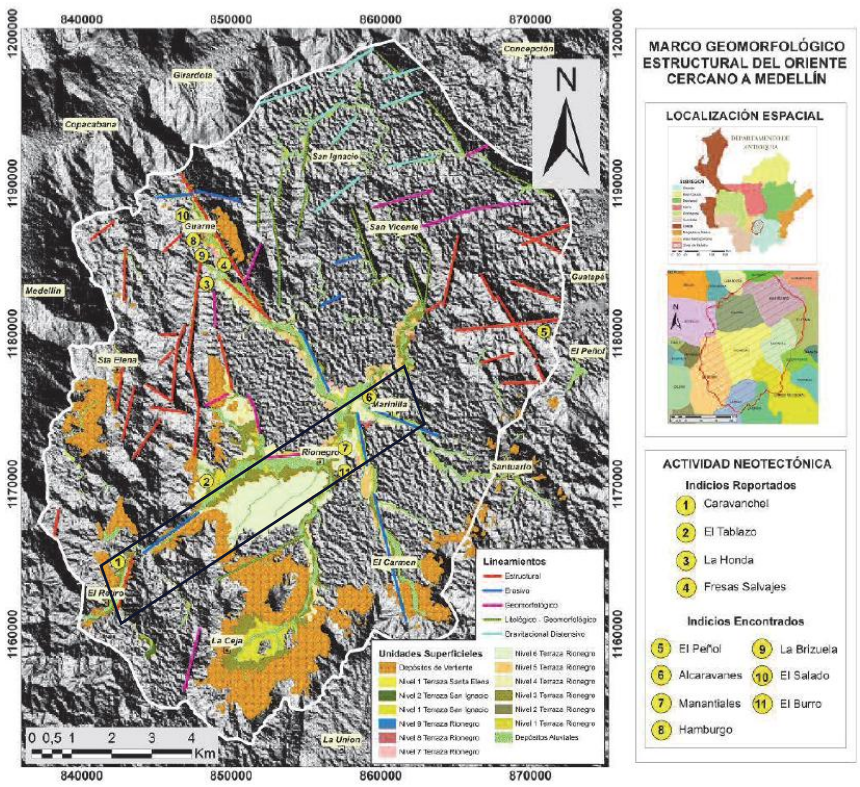
En el punto 2 en la parte alta del polígono de análisis y denominado como El Tablazo en se identificó el diaclasamiento de las cenizas volcánicas y un desplazamiento en un estrato de una terraza aluviotorrencial como producto de un sismo de Mw 6,1 e intensidad VII en la escala INQUA. Sin embargo, durante la investigación no fue posible reconocer el desplazamiento reportado en los materiales recientes, peo se identificaron

diaclasas verticales con espaciamientos de hasta 6 cm. Igualmente, se destacan los rasgos morfotectónicos de la Falla La Honda que cruza la zona y la existencia de un sismo instrumental a 1,4 km al occidente del indicio de magnitud en la escala de Richter cercano a 2.

En el punto 7 a la altura de la zona urbana de Rionegro y denominado como manantiales, en un corte de la urbanización Manantiales de una terraza aluvial a 25 m de altura respecto al nivel base del rio negro. En el afloramiento analizado se identificó una falla normal con sentido N23°E/73°E que desplaza algunos estratos de la terraza aluvial, sin presentar continuidad y ruptura en superficie, esta falla fue enmascarada por la depositación de la línea de piedra y los horizontes de cenizas volcánicas. Este estudio al realizar una inspección general en la zona no observó algún rasgo morfotectónico que indicara la presencia de actividad tectónica reciente, puesto que la terraza no está basculada y no existen lineamientos regionales que se puedan asociar al fallamiento. No obstante, gracias al reconocimiento de campo se logró evidenciar el mismo nivel de terraza fallado al norte y sur del punto Manantiales para tener entonces la traza de una falla obliterada cubierta por depósitos aluviales y cenizas volcánicas, de aproximadamente 550 m lineales.

Es así que tomando como base la información anterior, la cual proporciono evidencias en la región de fallas que han afectado el registro geológico reciente, y asociadas actividad tectónica desde el Pleistoceno Superior, cuya interpretación conduce a la identificación de varios eventos sísmicos con magnitudes entre 6,2 y 6,7 en la escala de Richter que ocurrieron en el intervalo entre 8.000 y 880.000 años, con periodos de retorno variables entre 20.000 y 300.000 años (Rendón Rivera, y otros, 2015).

***Figura 53. Marco geomorfológico-estructural y ubicación de los indicios de actividad neotectónica.***




***Fuente: Tomado de Rendón, 2015.***

## 6.3 Contexto geomorfológico

El análisis geomorfológico realizado para el polígono de análisis permite tener mejor comprensión de la evolución de un paisaje asociado al levantamiento de la cordillera central, donde han ocurrido diferentes eventos geológicos dando origen a relieves y procesos actuales que están en el ámbito de los diferentes usos del hombre, permitiendo acercarse a la envolvente geomorfológica de la ronda.

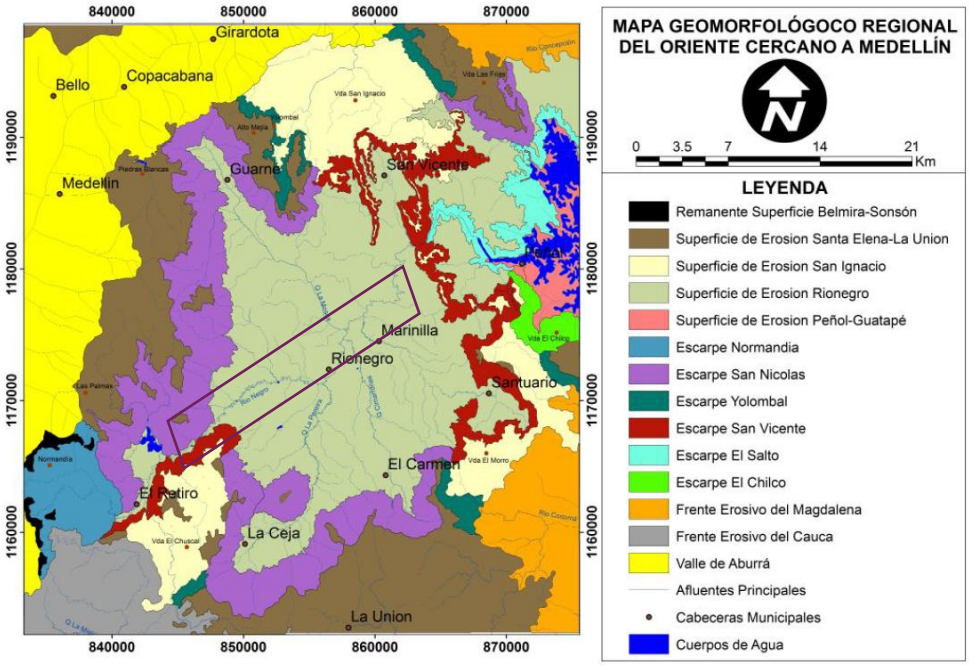
Según Rendón Rivera y otros, 2011, la región ha sido previamente considerada a partir de relieves de primer orden, con la presencia en el polígono de interés de las superficies de erosión correspondiente a la superficie de erosión de Rionegro y de San Ignacio y a los escarpes regionales de San Nicolas y San Vicente (Figura 54):

- La superficie de Erosión San Ignacio se ubica entre las superficies de Santa Elena y Rionegro, entre los 2220 y 2350 msnm, modelada en rocas del Batolito Antioqueño y rocas metamórficas, es una superficie degrada y de ella sólo

quedan tres remanentes, de los cuales en la zona de interés corresponde al cerro el Chuscal al occidente de La Ceja.

- La superficie de Erosión Rionegro se encuentra entre 2000 y 2200 msnm, está dividida en dos remanentes principales que muestran tres niveles diferentes de colinas, el remanente Rionegro en el área de interés tiene una forma irregular de características erosivas que es afectado por diferentes entrantes perimetrales.
- El Escarpe San Nicolás. Marca la separación entre las superficies de erosión de Santa Elena - La Unión y de Rionegro. Tiene entre 300 y 400 m de altura y se divide en tres estructuras diferentes: la primera y la cual está en la zona de interés se caracteriza por marcar un fuerte lineamiento en sentido N-S y por el valle de la quebrada La Honda, la segunda se localiza en los límites entre los municipios de La Ceja, El Carmen y La Unión donde se presenta en forma de herradura y la tercera se presenta paralela a la quebrada La Mosca, marcando un lineamiento en dirección NW.
- El Escarpe San Vicente, marca la separación entre las superficies San Ignacio y Rionegro, se presenta bastante degradado y sólo conserva algunas estructuras que permiten identificarlo, esta estructura es reflejada por el afloramiento de alguna apófisis de rocas metamórficas.

***Figura 54. Mapa Geomorfológico Regional del oriente Cercano.***




***Fuente: Tomado de Rendón Rivera, y otros, 2011.***

Se cuenta con la caracterización geomorfológica con criterios morfogenéticos, basados en la metodología de Carvajal (SGC, 2012) a escala 1:100.000 y del POMCA del Rio Negro, la cual se basa en el sistema de levantamiento y adopta el mapeo geomorfológico del International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences ITC. Esta metodología plantea enfocar el análisis geomorfológico de un sitio o lugar siguiendo un proceso analítico desde un punto de vista regional hasta llegar a uno local. Para tal efecto, desarrolla una propuesta de jerarquización, en la cual se relacionan las escalas de trabajo con categorías geomorfológicas, por ende, la base regional está fundamentada en la génesis geológica de las geoformas y los ambientes morfogenéticos (SGC, 2012).

De igual forma, a partir del POMCA, se cuenta con el contexto desde la caracterización de las Formas de Terreno a escala 1:25.000, del Sistema de Clasificación Geomorfológica Aplicado a Levantamiento de Suelos, donde claramente, la aplicación de la geomorfología en la elaboración de los inventarios de suelos, requiere que las geoformas estén organizadas es un sistema Jerárquico de modo que puedan utilizarse a diversos niveles categóricos que correspondan al grado de detalles de la cartografía de suelos.

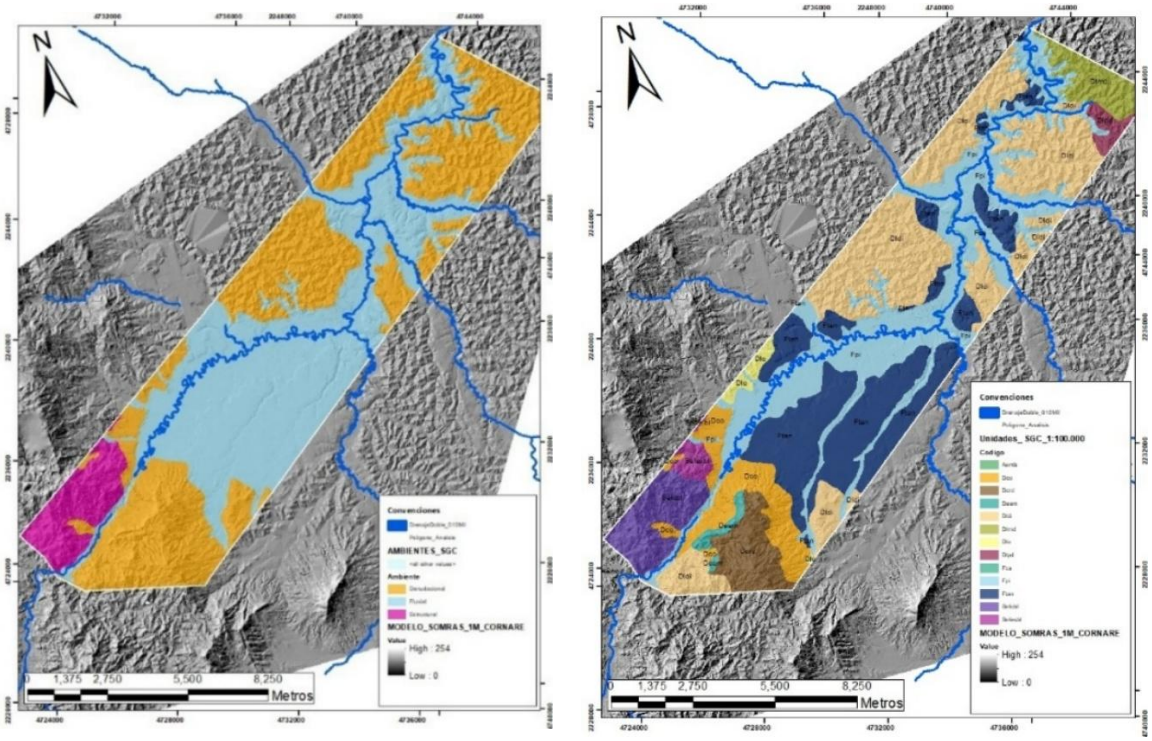
Ambas metodologías, proporcionan un contexto geomorfológico regional y de evolución del paisaje considerando que, aunque sus objetivos son diferentes permite acercarse al sistema fluvial de interés, el cual se reconoce que es altamente no lineal y complejo, al incorporar diferentes tipos de ríos de montaña asociados tanto al sistema léntico como lótico.

### 6.3.1 Caracterización geomorfológica con criterios morfogenéticos.

El Servicio Geológico Colombiano en el año 2014 realiza el Mapa Geomorfológico aplicado a Movimientos en Masa de la Plancha 147 Medellín Oriental a escala 1:100.000 (SGC y Universidad EAFIT, 2014), definiendo en el polígono de análisis 3 tipos de ambientes morfogéneticos relacionados con la génesis de los paisajes que están siendo afectados por procesos dinámicos parecidos, el ambiente fluvial, el denudacional y el estructural, el primero incorpora las subunidades asociadas a los depósitos de terraza y aluviales, el estructural en la parte alta sobre la margen izquierda correspondiente a las rocas del neis de la ceja del Complejo El Retiro, y el ambiente denudacional, tanto en la parte alta sobre la margen derecha correspondiente a las rocas del complejo y en el resto del área a la unidad geológica del Batolito Antioqueño (Figura 55).

Es importante resaltar que se diferenciaron a esta escala unidades denudacionales como: Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco), Escarpe de erosión mayor (Deem), Lomeríos disectados (Dldi), Lomeríos muy disectados (Dlmd), Ladera ondulada (Dlo), y Lomeríos poco disectados (Dlpd). Unidades fluviales, como: Planicie aluvial confinada (Fpac), Plano o llanura de inundación (Fpi), Terraza de acumulación antigua (Ftan) y unidades estructurales como: Espolón faceteado bajo de longitud larga (Sefcbl).

***Figura 55. Ambientes morfogenéticos y unidades geomorfológicas a escala 1:100.000.***




***Fuente: Tomado de SGC y Universidad EAFIT, 2014.***

el POMCA del rio negro, en función de los relieves de primero orden descritos por Rendón Rivera, y otros, en el 2011, identifica las siguientes unidades a escala 1:25.000 (Figura 56):

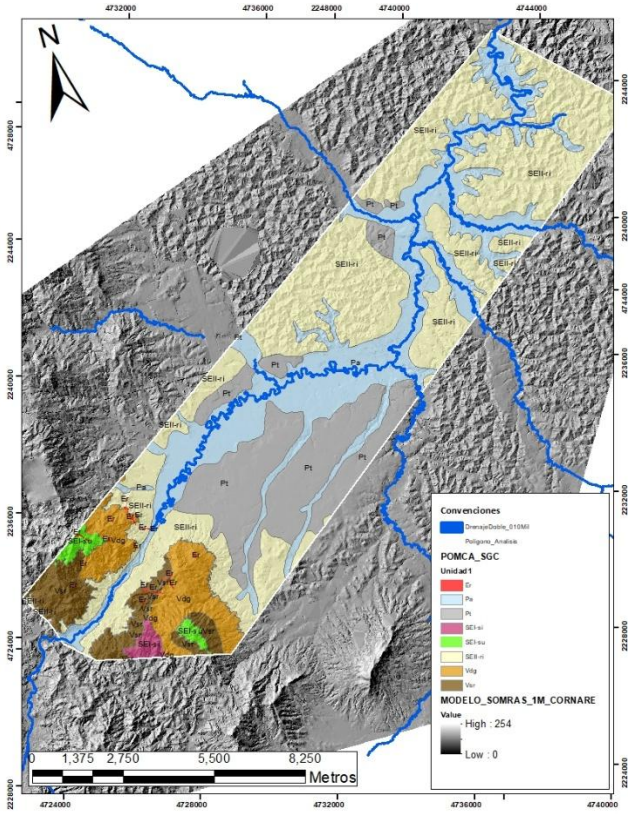
En la parte alta del poligono de análisis, se presenta la superficie de erosion San Ignacio (SEI-su) con sus remanente en la parte alta como cerros aislado, 2 remanentes de las superfcie de erosión Santa Elena – La Unión (SE1-su), y la superficie de erosión de Rionegro (SEII-ri), compuesta por colinas redondeadas con un relieve local del orden de 70 m, se desarrolla al oriente de la zona del Tablazo y del Aeropuerto José María Córdoba. El espesor medio del suelo residual en esta unidad geomorfológica es del orden de 70 m, con una desviación normal de 30 m. Con respecto a los escarpes diferencia en la parte alta sobre margenes pequeños escarpes asociados a los mencionado por Rendón Rivera, y otros, en el 2011, pero de menor extensión sobre las vertientes residuales.

Se define en esta parte alta dos tipos de vertiente una sobre suelos residuales (Vsr) caracterizada por su relativa irregularidad ocasionada por la combinación de procesos erosivos que han afectado la vertiente durante millones de años donde la pendiente del terreno varía en un amplio intervalo que incluye las pendientes comunes en los depósitos gravitacionales. Es común en estas vertientes la presencia de andosoles, o al menos un

horizonte de suelo orgánico en superficie. Y otra vertiente de depositos gravitacionales (Vdg) que se caracterizan por una relativa uniformidad de las laderas d sobre distancias mayores de 200 m.

Finalmente, caracteriza las unidades deposiciales como son las vegas aluviales (Pa), asociadas a depósitos someros de arena y grava, cuyo espesor normalmente es menor que 30 m, y lo constituyen tanto los depósitos aluviales como las terrazas bajas. Y la Terrazas aluviales (Pt), que corresponden a depósitos de arenas y gravas con cantos escasos, tiene una extensión de varios kilómetros cuadrados; la más amplia es la Terraza de Llanogrande, cuyo espesor medio no alcanza 5 m; se destaca también por su extensión la Terraza El Tablazo. Algunas de ellas, que estan hacia uebrada La Cimarrona en el Carmen de Viboral, son muy antiguas, al punto que las gravas y cantos de roca están completamente saprolitizados. Es imporntante resaltar, que la gemorfologia del POMCA no presenta mejor escala que la presentada en el mapa a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano, ya que no estan representadas las subunidades.

***Figura 56. Unidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos a escala1:25.000.***




***Fuente: Tomado de POMCA Río Negro (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).***

### 6.3.2 Caracterización geomorfológica con criterios edafológicos

Para la caracterización con criterios edafológicos el POMCA retoma el estudio de "Uso potencial del suelo en los municipios del altiplano del oriente antioqueño (Rionegro, Marinilla, San Vicente, El Carmen de Viboral, Guarne, El Retiro, La Ceja, El Santuario y La Unión)" a escala 1:10.000, en su totalidad el área de la cuenca del rio Negro", al cual el POMCA realizó un proceso de revisión cartográfica y ajustes en la denominación, especialmente en las geoformas aluviales (Figura 57).

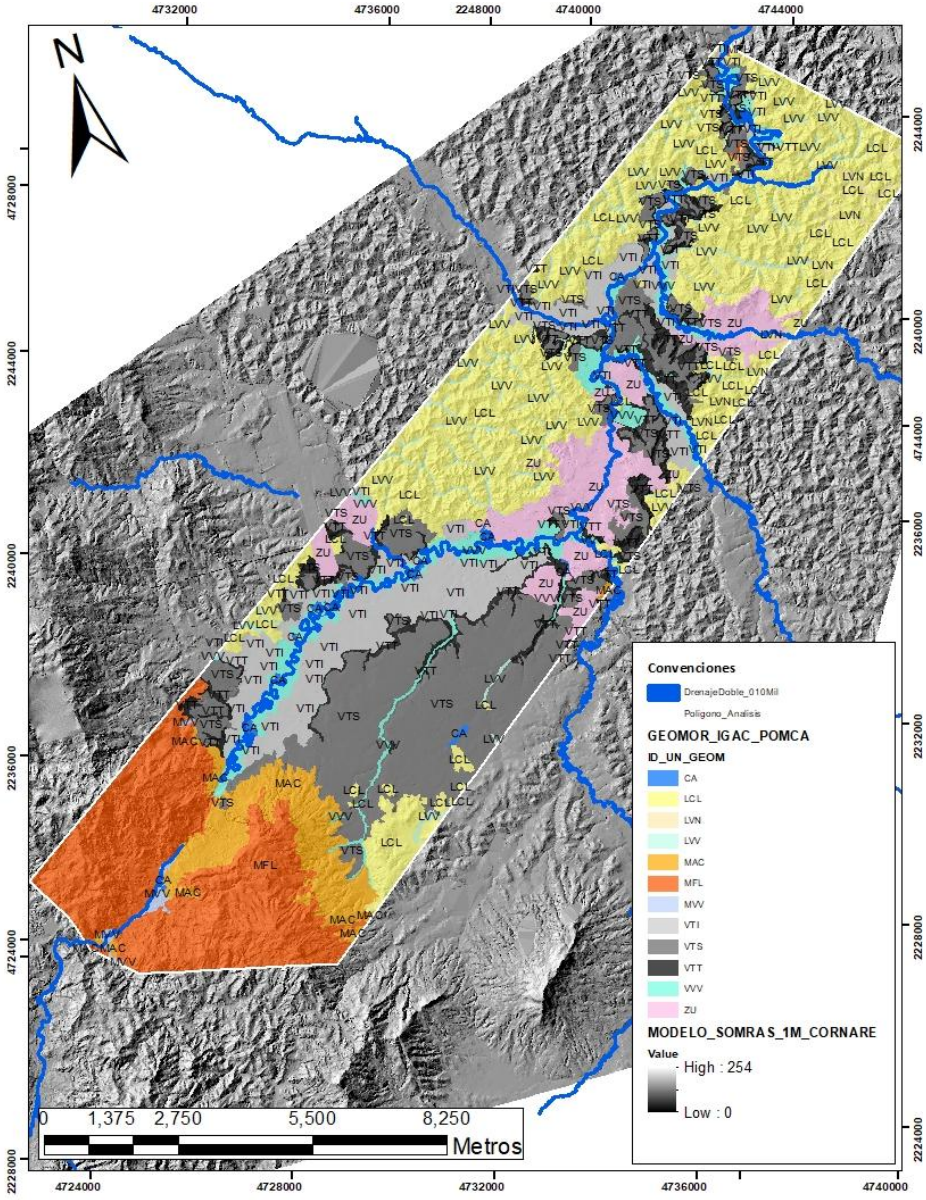
A partir de esta cartografía en la parte alta de la cuenca se encuentran formas de terreno asociadas al paisaje de montaña como son las laderas de filas y vigas que se caracterizan por una inclinación y que corresponde a una pendiente dominada (MFL), las vegas de los valles intramontanos con una forma estrecha y alargada, bordeando ambas márgenes el curso de agua, que corresponde al área inundable anualmente, que cede y recibe continuamente aluviones de lecho (MVV), y el cuerpo de abanico que corresponden a depósitos heterométricos mixtos coluvio-aluviales (MAC) (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).

Hacia la zona central del polígono de análisis se diferencia el paisaje de valle con las formas de terreno de bajos de Terraza nivel inferior (VTI), consideradas como geoforma que por topografía es cóncava y presenta depresiones que contribuyen al mal drenaje plano. La segunda forma de terreno es la terraza nivel superior (VTS), cual es una posición plana y rectilínea, amplia y su litología se caracteriza por pertenecer a depósitos aluviales medios, bien drenados ya que la topografía no presenta depresiones que contribuyen al mal drenaje. Y finalmente el talud de este nivel de terraza (VTT), que se caracteriza por las pendientes inclinadas con respecto de los planos, es estrecha y su litología se caracteriza por pertenecer a depósitos aluviales finos (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).

Por último, se cuenta con el paisaje de lomerío, con la presencia de formas de terreno como son las laderas asociadas a las lomas y colinas (LCL), las cuales consisten en una serie lineal de lomas y colinas, estas constituyen relictos de superficies de aplanamiento en el Batolito Antioqueño, que con la orogenia andina y el gran cambio climático generado, el potencial hidrogravitatorio dio paso al proceso de disección generalizada con la formación de una red de drenaje que ha disectado y continúa disectando los relieves y modelado emergidos, entre ellos a las superficies de erosión. Tambien se encuentran formas de vegas de los vallecitos intercolinares, con depósitos coluvio – aluviales medios (LVN) o con depósitos coluvio – aluviales mixtos (LVV), que corresponden a la porción de espacio más baja del vallecito, con una forma generalmente plana, poco profunda, alargada y estrecha, bordeando ambas márgenes el curso de agua, que corresponde al área inundable anualmente, que cede

y recibe continuamente aluviones de lecho (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).

***Figura 57. Unidades geomorfológicas con criterios edafológicos a escala1:25.000.***




***Fuente: Tomado de POMCA Río Negro (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017).***

## 6.4 Análisis de la ocupación antrópica y su relación con la dinámica fluvial actual del rio negro

Como parte previa para la identificación de geoformas asociadas a la envolvente geomorfológica, es necesario la comprensión de la dinámica antrópica y sus efectos en el paisaje aluvial, lo cual permite incluirlo como una variable para la caracterización de la corriente, en función de las transformaciones en el tiempo del cauce o su dinámica fluvial actual, y así poder reconocer que tipo de geoformas antrópicas se esperan encontrar al interior de la envolvente.

Los cursos fluviales cambian en el tiempo, los canales pueden cambiar por una variación en la frecuencia del flujo y por la cantidad del material erosionado, ambas pueden o no coexistir en el tiempo y están condicionados por cambios climáticos de aumento o disminución de la precipitación. Para realizar un análisis histórico del sistema fluvial se requiere de reconstruir con el apoyo de imágenes y determinar la velocidad y la magnitud del cambio, sin embargo para el caso del rio negro, no se cuenta con un banco de imágenes histórico, y considerado como un rio de Altiplano, se observa previamente en el contexto geomorfológico que su ambiente fluvial vario durante el cuaternario, y el ambiente actual este subordinado principalmente en su margen derecha, por otros procesos muy antiguos de depositación de posibles abanicos coalescentes que descendieron de la superficie de Erosión San Ignacio por el escarpe de san Nicolas, y que hoy son denominados como terrazas antiguas por el Servicio Geológico Colombiano.

En otros lugares el ambiente fluvial del río Negro está condicionado por el sistema de lomeríos del altiplano o superficie de Erosión Rionegro, y en el municipio de marinilla por la presencia de terrazas aluviales muy antiguas que pueden alcanzar hasta los 80 metros de altura. La configuración actual, del ambiente fluvial del rio negro, está sujeta a la dinámica de sus afluentes como son la quebrada Yarumal y la Mosca por su margen izquierda, y las quebradas la Pereira, Cimarrona, y la Marinilla por la margen derecha.

Es reconocida la transformación en la región debido a la ocupación en los municipios de El Retiro, Rionegro y Marinilla, los cuales han experimentado cambios significativos en su territorio debido al crecimiento urbano, la expansión de infraestructura regional y la presencia de hitos antrópicos de gran impacto, como el Aeropuerto José María Córdova, el embalse La Fe y el desarrollo de la malla vial principal, entre ellas la autopista Medellín–Bogotá. Lo anterior ha influido en la configuración del paisaje y, en particular, en las condiciones del cauce del río Negro a su paso por estos municipios.

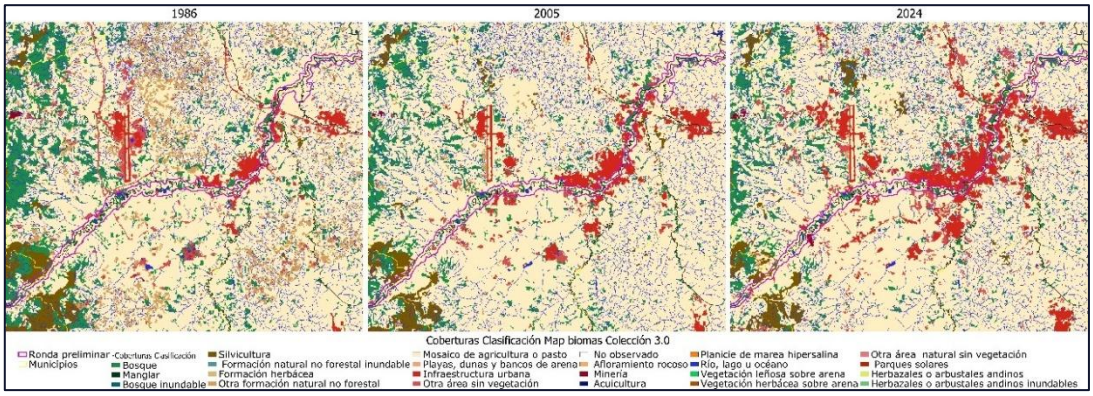
El **Embalse La Fe** surgió como respuesta a la crisis de abastecimiento que enfrentaba Medellín en los años 70, cuando la ciudad sufría rigurosos racionamientos de agua por la carencia de fuentes suficientes y las intensas sequías. Construido por Empresas Públicas de Medellín y concluido cuatro meses antes de lo previsto, fue inaugurado el 17 de

noviembre de 1973 por el presidente Misael Pastrana (El Centro de Información Periodística – CIP , 2022). La construcción del embalse transformó radicalmente la dinámica natural del Río Negro. La regulación de caudales y la alteración del pulso de inundación natural cambiaron por completo el comportamiento del río, dejando como que áreas previamente reclamadas por las crecidas naturales, quedaran disponibles para la intervención humana con mayor facilidad facilitando la expansión de actividades antrópicas en las riberas.

El **Aeropuerto Internacional José María Córdova**, considerado como el nodo económico que ha acelerado de manera significativa el desarrollo urbano, logístico y comercial de Rionegro y de los municipios aledaños. Si bien el aeropuerto no constituye la causa directa de la dinámica actual del río, su puesta en funcionamiento y consolidación sí intensificó las dinámicas de crecimiento regional, incrementando la demanda de suelo para infraestructura, servicios y actividades económicas. Este proceso se ha traducido en una ocupación progresiva de áreas cercanas al cauce, que, aunque responde a una lógica de expansión territorial y productiva, ha derivado en la modificación de los elementos de la ronda hídrica y en la alteración de las geoformas naturales que controlan la dinámica fluvial, la recarga y el comportamiento hidráulico del río.

Como puede observarse en esta secuencia de imágenes obtenidas de la herramienta MapBiomas colección 3.0 (https://colombia.mapbiomas.org/ , s.f.), una vez en operación el aeropuerto se intensificó la ocupación hacia la zona urbana de rionegro y la autopista Medellín Bogota (Figura 58).

***Figura 58.*** *Análisis de transformación de coberturas como apoyo de MapBiomas 3.0*

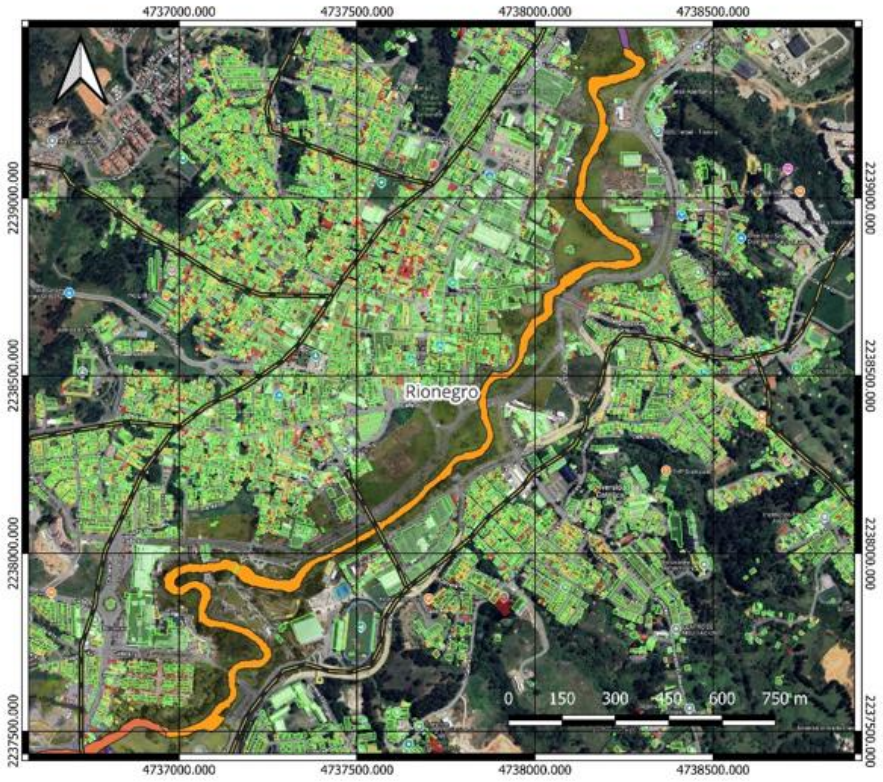



***Fuente: Análisis realizado por el profesional Sebastián Bueno, profesional transversal a partir de la página web MapBiomas Colombia: Colección 3.0 de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo (1985-2024) [Conjunto de datos]. https://colombia.mapbiomas.org/.***

Finalmente, la **malla vial principal** (Autopista Medellín–Bogotá RN60, Variante Las Palmas, Túnel de Oriente, vías Don Diego–Llano Grande, Transversal 2, intercambios), son las vías que generaron accesibilidad territorial, pero su construcción implica transformaciones significativas en el paisaje. Los cortes y terraplenes necesarios para su trazado modifican la topografía natural, alterando pendientes y creando plataformas que facilitan la ocupación de zonas antes inaccesibles, incluyendo las llanuras de inundación. Estos cambios geomorfológicos no solo reconfiguran el relieve, sino que también alteran los patrones naturales de drenaje y escorrentía, incrementando la vulnerabilidad ante eventos hidrológicos extremos.

**La Ruta 60** (autopista Medellín-Bogotá) constituye un caso paradigmático de esta dinámica en el Oriente Antioqueño. Su construcción en el tramo antioqueño se inició en 1966, transformando radicalmente la región. Solo basta con observar la franja intermedia entre el municipio de Río Negro y el municipio de Marinilla para evidenciar cómo el acceso vial impulsó el crecimiento acelerado de las cabeceras municipales y sus zonas aledañas (Figura 59). A lo largo de este corredor se consolidó un patrón de desarrollo caracterizado por la expansión urbana, diversificación de actividades productivas, el establecimiento de zonas industriales y comerciales, y la proliferación de desarrollos residenciales que aprovecharon la conectividad con Medellín. Esta transformación territorial, si bien dinamizó la economía regional y mejoró la calidad de vida de los habitantes, también generó presión sobre ecosistemas ribereños, aumentó la impermeabilización del suelo y redujo las zonas de amortiguamiento natural del río, configurando un paisaje donde la infraestructura vial actúa como vector de cambio en la relación entre asentamientos humanos y sistemas hídricos.

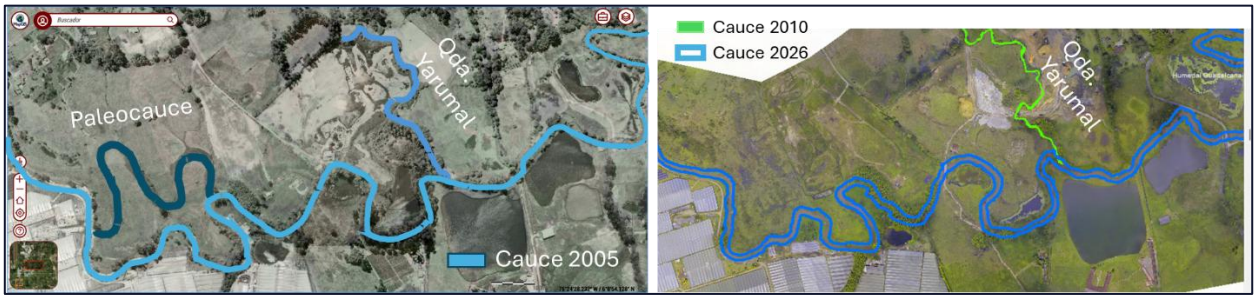
***Figura 59.*** *Huella constructiva de la zona urbana realizada a partir de OpenBuiliding para el año 2021.*




***Fuente: imagen construida por el profesional Sebastián Bueno, profesional transversal a partir de la página https://sites.research.google/gr/open-buildings/.***

De acuerdo con este análisis, la zona de estudio es de alta transformación antrópica, por consiguiente, las geoformas antrópicas que se esperan identifican en la zona de estudio son: Llenos, Terraplenes de vías, jarillones, superficies de explanación, canales y Lagos artificiales. De otro lado, en la ventana de información de imágenes disponibles se puede reconocer como estas actividades antrópicas han modificado el cauce permanente por ejemplo a la altura de la desembocadura de la quebrada Yarumal, en la vereda Santa Ana (Rionegro), al SE de la pista del Aeropuerto, se puede observar un paleocauce (2005), que a la fecha la zona ha sido transformada en pista de motocross (Figura 60).

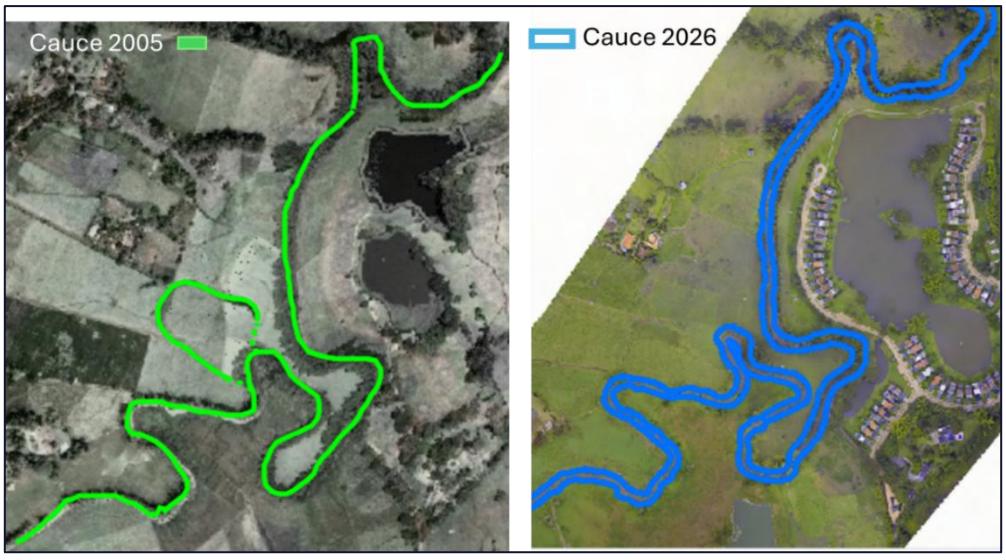
***Figura 60. Cambios en el cauce permanente asociadas a actividades antrópicas al SE del Aeropuerto José María Cordoba, vereda Santa Ana de Rionegro***




***Fuente: Imagen Izquierda tomada de MapGis Rionegro y la imagen derecha de la Ortofoto 2026.***

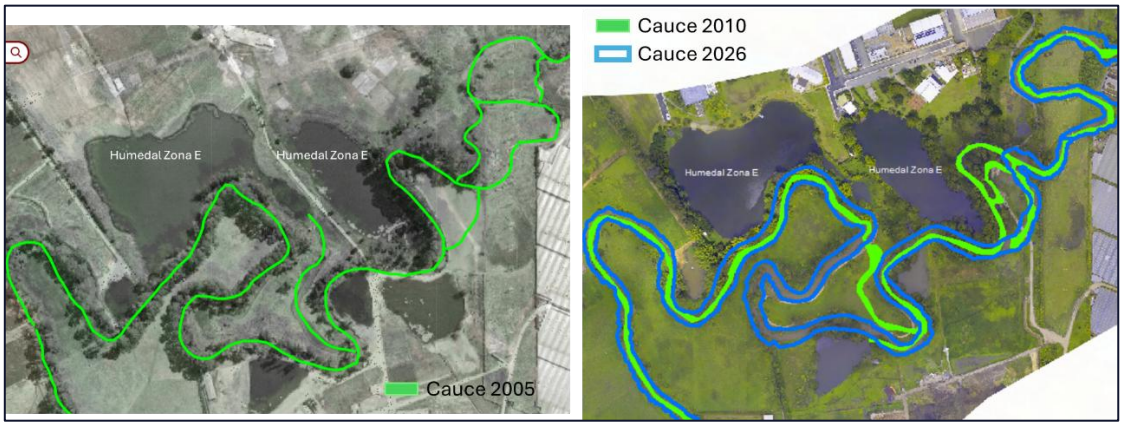
Otros cambios identificados que han afectado la condición de rio sinuoso, se observa a la altura de Lago Grande, en la vereda Tablacito (Rionegro), donde antiguos meandros han desaparecido por el uso actual del suelo de ganadería (Figura 61). Estas transformaciones antrópicas han afectado también los humedales asociados a los sistemas lenticos, perdiendo la conectividad natural con el río como es el caso de la zona de humedales ubicados en la vereda Tablazo 1 (Rionegro) y conocidos como humedales Zona E, los cuales han sido intervenidos por la construcción de vías (Figura 62).

***Figura 61. Cambios en el cauce permanente asociadas a actividades antrópicas de ganadería, vereda Tablacito de Rionegro.***




***Fuente: Imagen Izquierda tomada de MapGis Rionegro y la imagen derecha de la Ortofoto 2026***

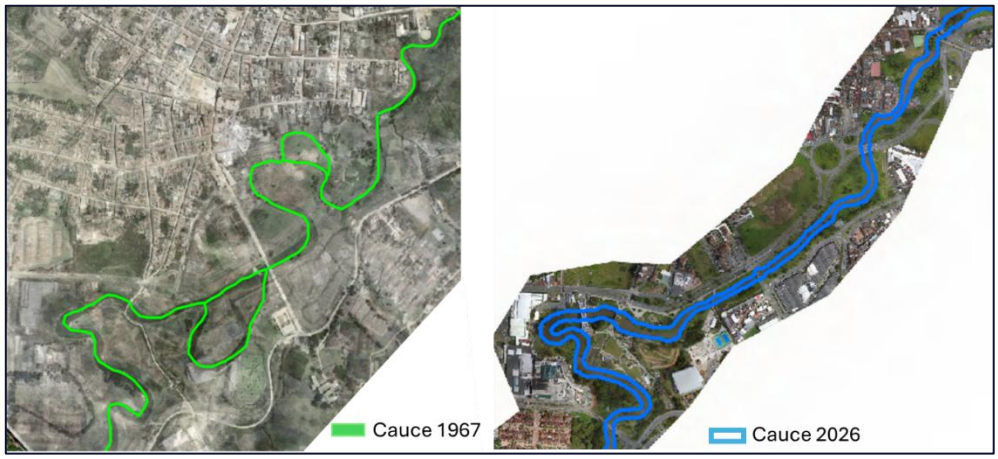
***Figura 62. Cambios en el cauce permanente y conectividad de humedales asociadas a actividades antrópicas de vías y usos pecuarios en la vereda Tablazo 1 de Rionegro.***




***Fuente: Imagen Izquierda tomada de MapGis Rionegro y la imagen derecha de la Ortofoto 2026***

Finalmente, es importante resaltar la conocida transformación a la altura de la zona urbana y citado por otras fuentes ( (Quijano, 2022), quienes identifican que, a partir del primer Plan Regional de Desarrollo para el Oriente antioqueño (1963-1970), formulado por el Instituto Colombiano de Planeación Integral, y la corporación Social de Desarrollo y Bienestar, el cauce del río es modificado en ciertos tramos, especialmente a un costado, donde actualmente se encuentran el estadio y la zona industrial del sector Autolarte (Figura 63).

***Figura 63. Cambios en el cauce permanente en la zona urbana de Rionegro.***




***Fuente: Imagen Izquierda tomada de MapGis Rionegro y la imagen derecha de la Ortofoto 2026***

## 6.5 Delimitación cauce permanente

De acuerdo con la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (MADS, 2018), la ronda hídrica se acota a partir de "*la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos*". En tal sentido se debe delimitar la franja de terreno desde la cual se acotará la ronda hídrica considerando las particularidades de los sistemas lóticos (e.g. ríos) y lénticos (e.g. lagos) como se explica a continuación:

i) en sistemas lóticos el cauce permanente es el correspondiente a banca llena o el cauce natural activo, el cual tiene capacidad hidráulica para transitar el flujo de caudales asociados a la ocurrencia de eventos de crecientes propias de la dinámica hidrológica de un período interanual normal, es decir, los eventos producidos principalmente por el paso de la zona de convergencia intertropical

ii) en sistemas lénticos se entiende como cauce permanente el límite del lecho frecuentemente ocupado por el agua, el cual es el mínimo para mantener el funcionamiento y resiliencia del ecosistema.

Por consiguiente, para la delimitación del cauce permanente del rio negro, se llevaron a cabo varias etapas, las cuales se describen a continuación:

Etapa 1. Se delimitó una primera versión del cauce permanente, a partir de la interpretación de diferentes fotografías aéreas disponibles en Google Earth y el geovisor de la Alcaldía de Rionegro [2] (Imágenes 1967, 2005, 2010, 201y y 2020), y la información de Modelos de Elevación Digital disponibles de LIDAR (0,25metros) con el apoyo de la variable morfométrica de la pendiente del modelo.

Etapa 2. En una segunda instancia, se realizó un recorrido de campo del tramo de estudio, para la verificación de la información recopilada y generar un post-procesamiento de ajustes.

Etapa 3. Desde el componente hidrológico se realizó el cálculo de la banca llena correspondiente al periodo de retorno d 2.33 años, que da como resultado un ancho promedio para diferentes segmentos de la corriente, este producto articula con la información geomorfológica previa para delimitar el cauce permanente con mayor precisión en aquellas zonas donde debido a la vegetación o la dificultad de accesos pudieron ocurrir errores de dibujo.

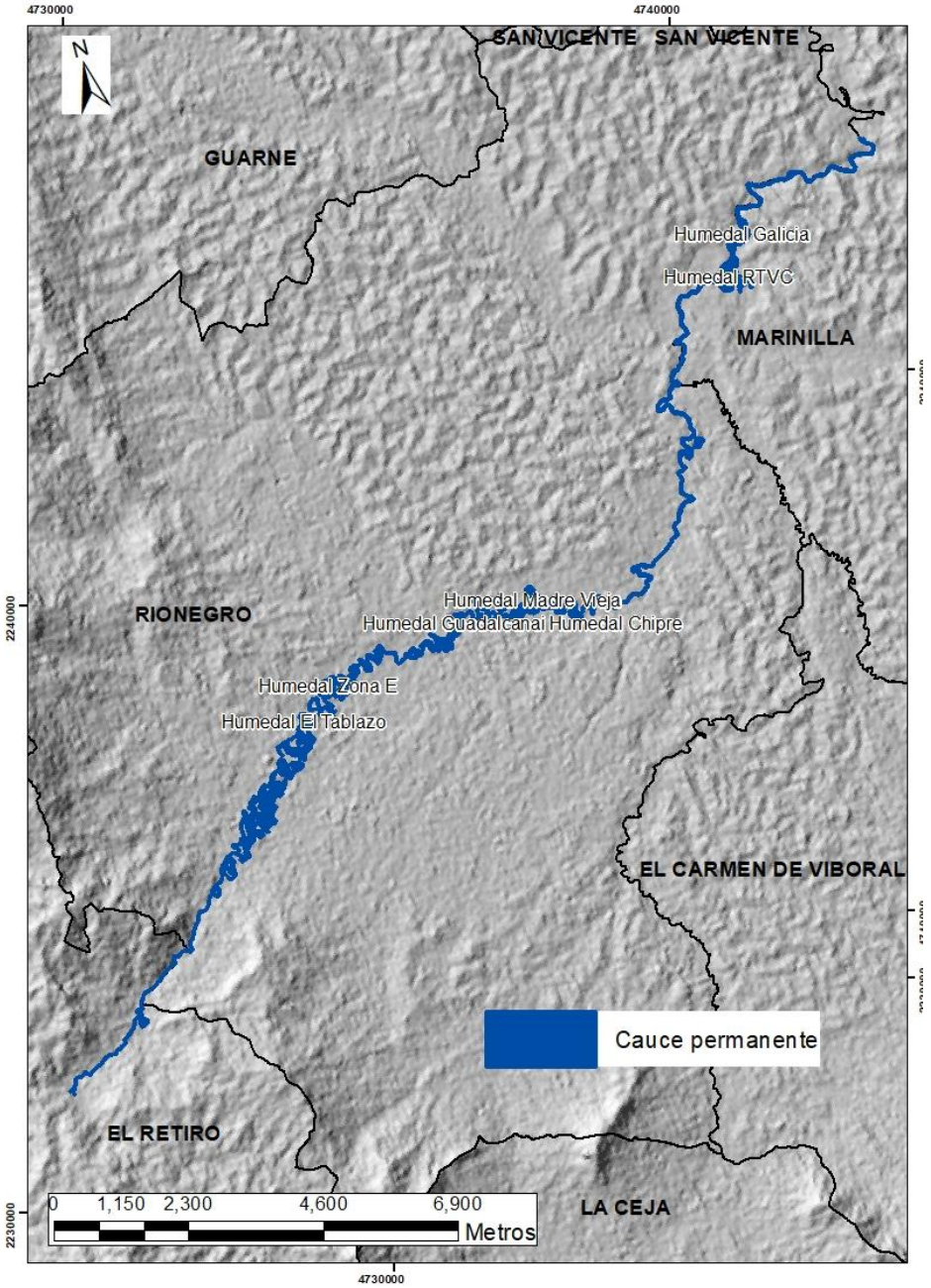
[2] https://mgeorio.rionegro.gov.co:444/mapgis/mapa.jsp?aplicacion=7

Como resultado de la Etapa 1, se elaboró el cauce permanente como se puede observar en la Figura 64, en cual incluyen las cubetas de decantación asociadas a los cuerpos lénticos como humedales declarados por el Acuerdo 407 de 2021 de la CORNARE y los cuerpos de agua, que presentan conectividad con el cauce permanente, ya sea por la caños naturales o artificiales, o por unidades geomorfológicas asociadas al pulso hidrológico (Fotografía 36).

Estas cubetas de decantación corresponden a una artesa cóncava a plano cóncava, localmente llena de agua y pobremente drenada, casi plana. Su origen está relacionado al desborde temporal de canales o del río adyacente, sobre los planos de inundación quedando como remanentes de agua y constituyéndose como cuerpos de agua asociados al cauce, y de esto 9 cuerpos de agua por su naturaleza e importancia ya fueron reconocidos y declarados humedales por la Corporación mediante el Acuerdo No 407 de 2020 los cuales son: El Tablazo, Zona E, Guadalcal, Lotus, el Llanito, Chipre, Madre Vieja, RTVC y Galicia

El depósito de estas cubetas está constituido por materiales finos arcillosos con abundancia de materia orgánico y con un perfil topográfico plano, con pendiente plana a inclinada. Adicionalmente, algunas de estas cubetas corresponden a depresiones de las excavaciones mineras, que permitieron luego de su abandono, la acumulación de aguas permanentes, que posteriormente se conectaron con el río a través de caños naturales o artificiales, dejando espacio para ser parte del sistema hidrológico actual.

***Figura 64.Delimitación del Cauce permanente preliminar y el sistema léntico asociado-***




***Fuente: Elaborado por Carlos A. Cadavid, profesional apoyo componente Geomorfológico y Jenny Machado Líder del componente geomorfológico.***

***Fotografía 36.*** *Cauce permanente y cubetas de decantación asociadas al cauce permanente*.



A) Cauce permanente



C) Cuerpos de agua integrados al cauce permanente que no ha sido declarados.



B) Cuerpos de agua integrados al cauce permanente como parte de excavaciones mineras abandonada, sector de Lago Grande




D) Cuerpo de agua declarado como el Humedal Lotus.

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 6.6 Procesos morfodinámicos

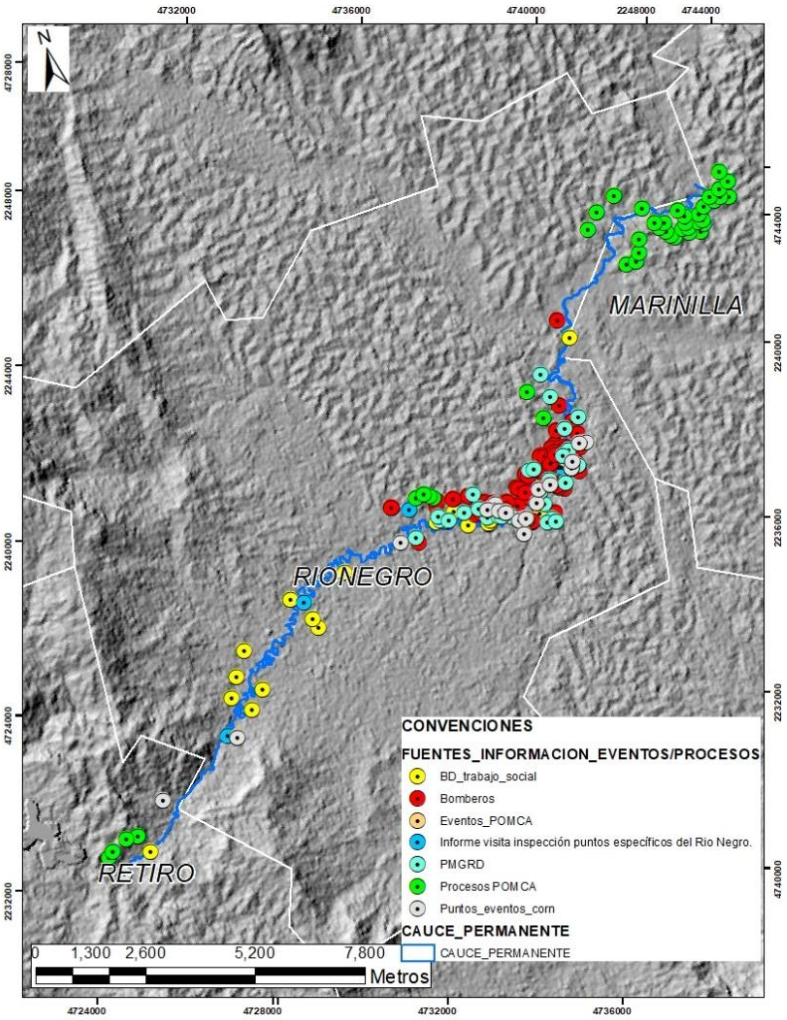
Tomando como punto de partida la información de eventos históricos por inundación y de procesos morfodinámicos relacionados con el cauce, se tomó una distancia para su recopilación de información, de 600 metros a lado y lado del cauce permanente Figura 65). Esta información incluye tanto el levantamiento de información primaria (recorrido componente social), así como de eventos y procesos reportados por otra información secundaria como:

- **POMCA del Río Negro** (CONSORCIO POMCAS ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2017): No hay representación de procesos morfodinámicos tipo línea, ni tipo polígono en el área de análisis, sin embargo se reportan 3 eventos por movimientos en masa y 43 procesos morfodinámicos tipo punto asociado a deslizamientos antiguos, en las geoformas denudacionales del sistema de lomeríos desarrollados sobre los suelos residuales del Batolito antioqueño y de las rocas del Complejo el Retiro, y solo algunos muy aislados en la parte baja del área de estudio, en la vereda la quiebra que afecta un talud de una terraza alta (de acuerdo con la cartografía geomorfológica según criterios edafológicos a escala 1:25.000) y otro proceso sobre una terraza antigua (de acuerdo con la cartografía geomorfológica según criterios morfogenéticos a escala 1:100.000).
- **Reporte Cuerpo de Bomberos de Rionegro**: De acuerdo con información suministrada por la alcaldía de Rionegro se contó con el reporte de inundaciones del cuerpo de bomberos entre los años 2015 y 2024.
- **Plan Municipal de Gestión del Riesgo** (Alcaldía de Rionegro, 2024): De acuerdo con la caracterización general del escenario de riesgos por inundación se georreferenciaron 30 eventos en la zona urbana.
- **Informe de Informe visita inspección CORNARE** (CORNARE, 2025)**:** De acuerdo con el informe de inspección realizado el 16 de abril en el municipio de Rionegro se cuenta con 7 puntos visitados donde se identificaron diferentes puntos de inundación asociados a diferentes causas relacionadas al estado actual del cauce, sus márgenes y las estructuras hidráulicas asociadas.

Esta información tanto de eventos como de procesos se compila en una sola base de datos y su especialización incluye adicionalmente la información de CORNARE sobre eventos y procesos morfodinámicos identificados mediante estudios urbanos y rurales para la definir las amenazas y riesgo por inundación, avenidas torrenciales y movimientos en masa, así como lo reportado mediante la Oficina de Ordenamiento Ambiental del

Territorio y Gestión del Riesgo de la Corporación (sin embargo, esta información no cuenta con el tipo de evento o proceso)[3].

***Figura 65. Localización de eventos de inundación y procesos morfodinámicos asociados al cauce a partir de información secundaria y primaria.***



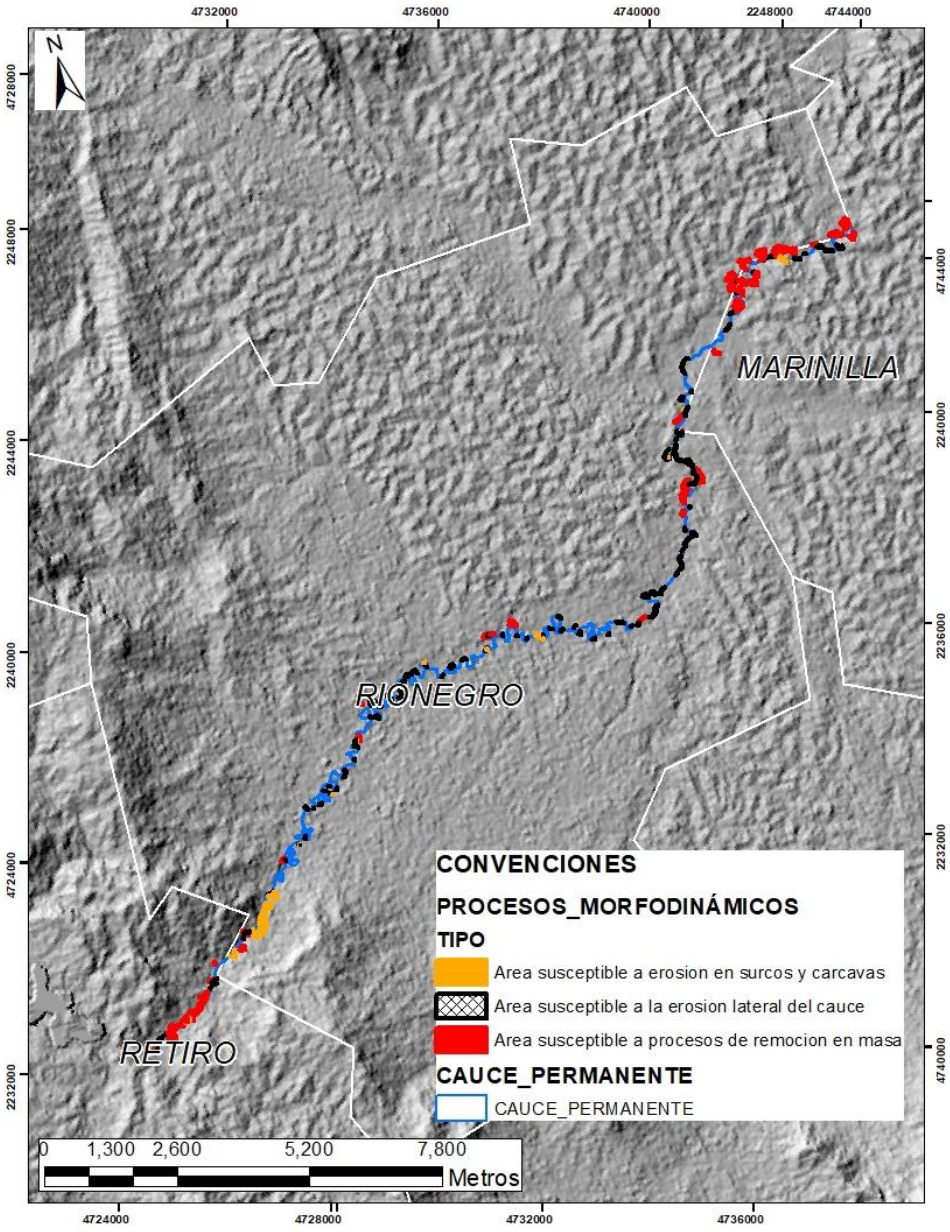

***Fuente: Tomado de la GDB de sistematización de información primaria y secundaria.***

[3] https://www.cornare.gov.co/informacion-cartografica-tematica-cornare/

Una vez sistematizada esta información, se procede a la fotointerpretación de procesos morfodinámicos asociados al cauce con el apoyo de la información Lidar y la ortofoto asociada (Figura 66l), identificando los siguientes tipos de procesos:

- **Erosión en surcos y cárcavas**: Son áreas susceptibles que presentan la presencia de erosión causada por el arranque progresivo del suelo, debido a la acción concentrada de las aguas de escorrentía. Se da en áreas con pendientes fuertes, donde las aguas de escorrentía ganan capacidad de arrastre y encuentran zonas débiles, bien sea por escasez o ausencia de cobertura vegetal o porque se hayan conformadas por materiales fácilmente deleznables, por donde corren formando canales estrechos sobre el terreno en forma de "surcos", que llegan a tener profundidades de orden métrico, su extensión es variable y generalmente se presentan siguiendo la línea de mayor pendiente del terreno, constituyendo ramificaciones paralelas a subparalelas. Sí las condiciones y los agentes erosivos persisten, se van ampliando paulatinamente formando lo que se conoce como cárcavas que no son más que surcos de gran profundidad y extensión.
- **Erosión lateral del cauce:** Es un tipo de erosión que se da en gran medida en el fondo de los valles principales, donde la baja inclinación disminuye la acción de la fuerza de gravedad, haciendo que las corrientes de agua pierdan su energía potencial y por ende su capacidad de transporte, depositando así los materiales, momento en el cual vuelven a ganar capacidad erosiva; esto hace que divaguen lentamente, depositando y posteriormente erodando para poder abrirse camino hacia zonas menos elevadas, las partes removidas resultan ser entonces los laterales de los cauces en los sitios donde éstos han quedado expuestos a la acción directa de las líneas de corriente. Debido a la pérdida de estabilidad sucesiva por el proceso de erosión lateral, se empieza a generar procesos de socavación de la margen, que dan lugar a procesos de desestabilización de la margen y que pueden ser detonados adicionalmente por factores antrópicos.
- **Remoción en masa**: Concepto relacionado al término de movimientos en masa, y asociado a aquellos procesos que se originan y desarrollan en las laderas adyacentes al cauce, y los cuales son definidos como aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (PMA: GCA, 2007). El presente estudio no determina el tipo de movimientos en masa o su actividad, sino que identifica las áreas susceptibles a este tipo de procesos, o sea áreas que presentan procesos antiguos o nuevos con características no solo por la existencia sino a la probabilidad de ocurrencia considerando la evidencia por fotointerpretación y su relación con el cauce permanente.

***Figura 66. Localización de áreas con procesos morfodinámicos identificados por fotointerpretación del sensor LIDAR.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 6.7 Caracterización de la corriente

Con el análisis del contexto geomorfológico regional, la dinámica fluvial en función de la ocupación antrópica, y la delimitación del cauce permanente se identifican los diferentes tramos de acuerdo con el tipo de procesos dominantes, las características antrópicas, y las variaciones longitudinales y transversales de cada uno. De esta forma para el cauce permanente del rio negro se identifican 6 tramos (Figura 67) con diferentes longitudes los cuales posteriormente para el capítulo integrador permitieron establecer los 12 tramos de la gestión (Tabla 21).

Como puede apreciarse en el corte transversal (Figura 68), la pendiente general es menor del 1%, con una distancia total en la horizontal de 42.5 km, que varía entre la cota 2.060 m.s.n.m, y la cota 2,115 m.s.n.m, para una diferencia de altura de 55 metros. Sin embargo, se destaca una pendiente mayor entre el tramo 1 y el tramo 2, correlacionable a un tramo donde pueden dominar el proceso de producción de sedimentos aportados por la erosión de las vertientes en roca y material saprolítico que llegan a la corriente como consecuencia de erosión, movimientos en masa, erosión lateral o la incisión del cauce, mientras que en el resto de los tramos la pendiente es muy baja y dominan los procesos de transporte y sedimentación.

***Tabla 21. Distancia y distancia acumuladas de los tramos del cauce permanente***

| Tramo | longitud | Distancia acumulada |
|---|---|---|
| **tramo 1** | 4,478 | 4,478 |
| **tramo 2** | 12,419 | 16,897 |
| **tramo 3** | 11,407 | 28,304 |
| **tramo 4** | 3,524 | 31,828 |
| **tramo 5** | 7,644 | 39,472 |
| **tramo 6** | 3,065 | 42,537 |

***Figura 67. Corte transversal de la corriente y división en función del cambio de pendiente.***



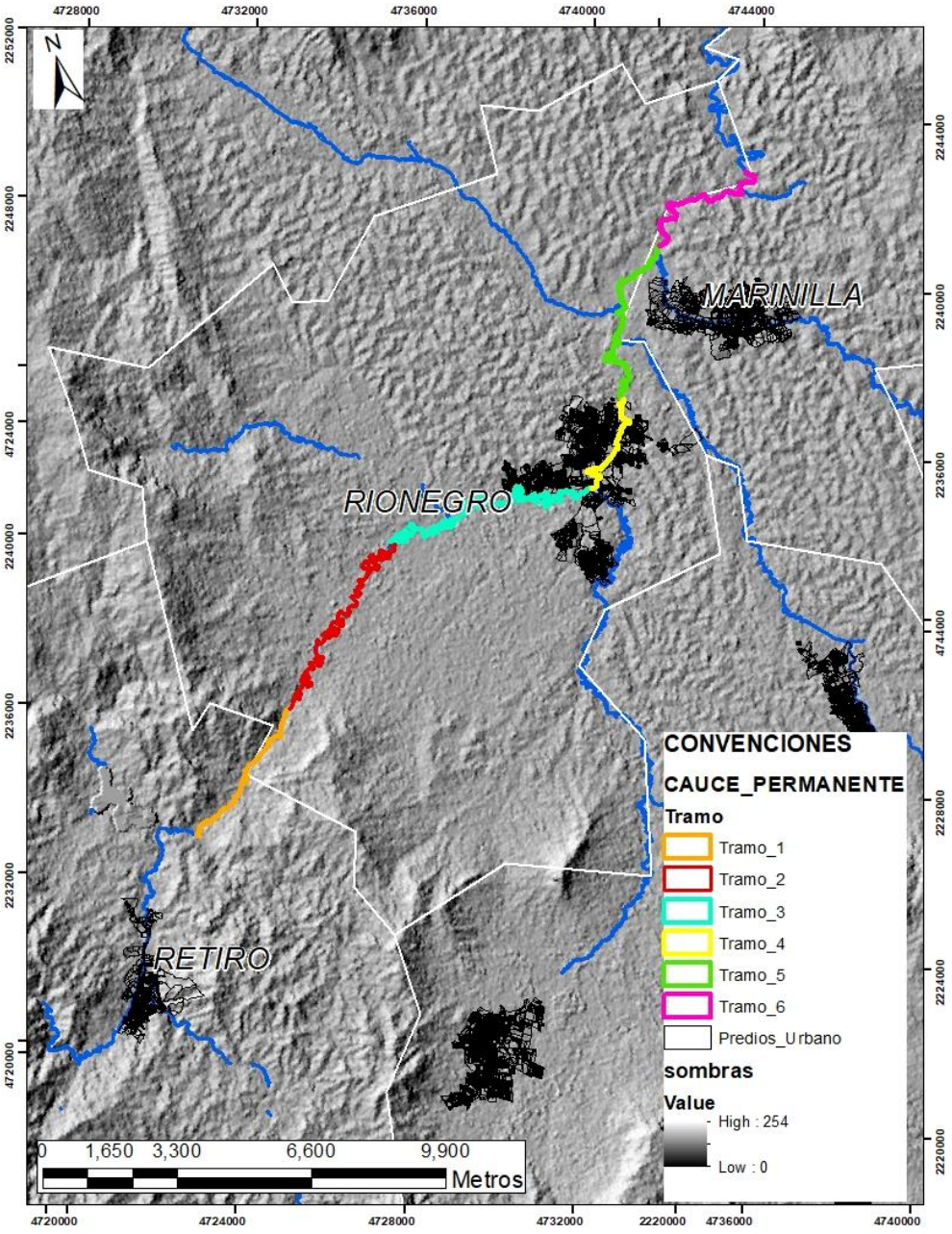

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Como se puede apreciar en la Figura 68, se identifican 6 tramos que se describen a continuación.

- **Tramo 1. Tramo recto con dirección NE**: corresponde al tramo localizado desde el punto de inicio de la corriente en el municipio de retiro (vereda Don Diego) hasta la parte alta de las veredas Tablazito y Guayabito de Rionegro. Corresponde a los primeros 4,478 km entre las cotas 2.115 y 2.100 m.s.n.m. Se caracteriza por tener el comportamiento de un rio recto, donde dominan las áreas susceptibles a remoción en masa, así como las áreas susceptibles a procesos de erosión de surcos y cárcavas, asociada a las laderas contiguas de los suelos residuales de las rocas del Complejo el Retiro. Este tramo se caracteriza por tener una dirección NE consistente con el lineamiento erosivo definido por Rendón, 2011. En este tramo se identifica una pequeña zona meándrica entre las desembocaduras de las quebradas Guinea y Pontezuela con la presencia de una cubeta con conexión al río y dos cuerpos de agua sin conectividad a éste. Con relación a cauces anteriores como es el definido por la cartografía básica a escala 1:10.000 del departamento, y de forma comparativa con el actual, este tramo no ha presentado variaciones laterales ni transversales.
- **Tramo 2. Sinuoso con dirección NE:** Corresponde al tramo localizado en el municipio de Rionegro, en las veredas Guayabito, Tres Puerta, Tablacito, Tablazo y Tablazo 1, con una longitud de 12,4 km, entre las cotas 2.100 y 2.093 m.s.n.m., hasta la parte sur de la pista del aeropuerto internacional José María Cordoba. Se caracteriza por tener el comportamiento de un rio sinuoso, con bajo gradiente y tener una longitud del cauce mucho mayor a la longitud del valle en que se aloja, dominan los procesos de erosión lateral, pero, así como el tramo anterior se caracteriza por tener una dirección NE consistente con el lineamiento erosivo

definido por Rendón, 2011. En este tramo se identifica varios cuerpos de agua y humedales relacionados a la corriente, entre los que se destaca el humedal de la parcelación Lago Grande, y el humedal reconocido por el Decreto 407 de 2020 de CORNARE denominado Humedal del Tablazo y el Humedal Zona E, así como otros identificados por la comunidad como son el humedal la Pampa, Amalita entre otros (Figura 69). Con relación a cauces anteriores como es el definido por cartografía básica a escala 1:10.000 del departamento, y de forma comparativa con el actual, este tramo ha presentado algunas variaciones longitudinales y transversales asociadas a los ajustes ocasionados por la actividad antrópica, generando acortamiento de los meandros y desaparición de antiguos meandros o madres viejas.

***Figura 68. Localización de tramos identificables para el río Negro.***

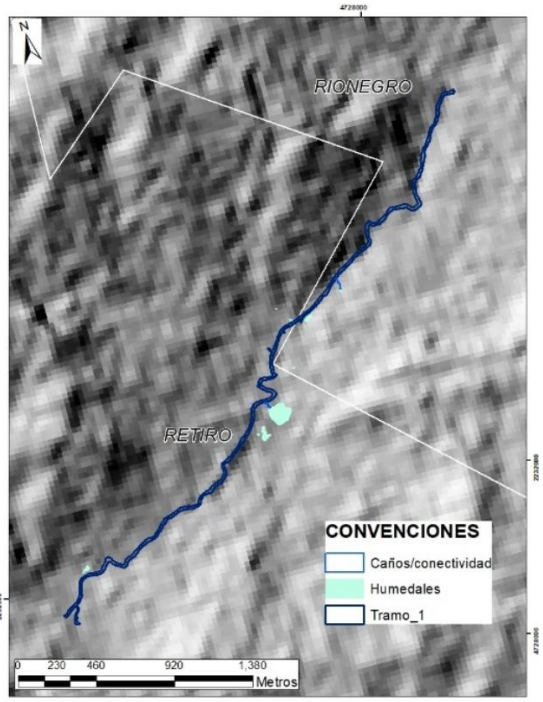



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

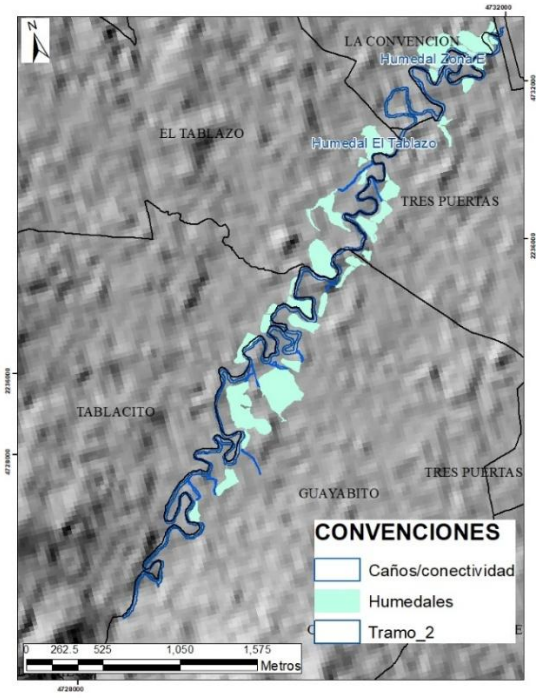
- **Tramo 3. Sinuoso con dirección WE:** Corresponde al tramo localizado en el municipio de Rionegro, entre la parte sur de la pista del aeropuerto internacional José María Cordoba y la desembocadura del río Pereira, entre las veredas Chipre, Barro Blanco y la zona urbana, con una longitud de 11.4 km, entre las cotas 2.093 y 2.082 m.s.n.m. En el comportamiento es similar al tramo 2 con alta conectividad con humedales, procesos morfodinámicos de erosión lateral, y presencia de humedales reconocidos por el Decreto 407 de 2020 de CORNARE denominados como Guadalcanai, Lotus, Llanito, Madre Vieja, y Chipre, así como otros que no tienen denominación. Se diferencia del anterior tramo por el cambio de dirección de NE a WE, y donde desembocan las quebradas del Hato y Yarumal (Figura 69). Con relación a cauces anteriores como es el definido por la cartografía básica a escala 1:10.000 del departamento, y de forma comparativa con el actual, este tramo ha presentado algunas variaciones longitudinales y transversales asociadas a los ajustes ocasionados por la actividad antrópica, generando acortamiento de los meandros y desaparición de antiguos meandros o madres viejas.
- **Tramo 4. Zona urbana:** Corresponde al tramo localizado en la zona urbana del municipio de Rionegro entre la quebrada la Pereira en el barrio el Porvenir, y la zona de expansión al norte. Con una longitud de 3.5 km, es el tramo más corto y varía entre las cotas 2.082 y 2.074 m.s.n.m. Corresponde al tramo con mayor intervención antrópica, cambiando sus características sinuosas a un tramo canalizado desde finales de la década de los años sesenta, sin variaciones longitudinales ni trasversales significativas posteriormente a esta fecha. (Figura 69).
- **Tramo 5. Sinuoso Zona Industrial:** Corresponde al tramo localizado en entre la zona urbana de Rionegro, cruzando pro la zona de influencia de la autopista Medellín – Bogotá, las veredas la Lajas y Cimarrona del municipio de Rionegro, y las veredas Galicia, la primavera y Belén del municipio de Marinilla. Se caracteriza por tener una longitud de 7.6 km, entre las cotas 2.074 y 2.069 m.s.n.m, con características sinuosas y con poca presencia de humedales, pero con la presencia del humedal RTVC en la desembocadura de la quebrada la Marinilla, y adoptado por el Acuerdo 407 de 20202 de CORNARE. Es común la presencia de áreas con actividad industrial, de servicios y de actividades mineras, que dan lugar a grandes cambios en las geoformas originales con la presencia de llenos, terraplenes, superficies de explanación, entre otros. Y se encuentra sobre este tramo en su margen izquierda la desembocadura de la quebrada Cimarrona y sobre la margen derecha la desembocadura de la quebrada la Mosca (Figura 69). Con relación a cauces anteriores como es el definido por la cartografía básica a escala 1:10.000 del departamento, y de forma comparativa con el actual, este tramo no ha presentado variaciones longitudinales y transversales asociadas importantes.
- **Tramo 6. Sinuoso Parte baja:** Corresponde al tramo localizado en la parte baja de la corriente, entre las veredas Galicia y los Pinos del municipio de Rionegro y las

veredas Primavera, el Socorro y Asunción. Con una longitud de 3.06 km y una diferencia de altura de tan solo 10 metros, mantiene su característica sinuosa con poca presencia de humedales, pero se destaca el humedal Galicia adoptado por el Acuerdo 407 de 20202 de CORNARE en jurisdicción de Marinilla. Aunque se localizan principalmente actividades de floricultura, predominan las actividades agropecuarias. Es importante destacar que este tramo domina las áreas susceptibles a remoción en masa, así como las áreas susceptibles a procesos de erosión de surcos y cárcavas, asociada a las laderas contiguas de los suelos residuales de las rocas del Batolito Antioqueño y de las terrazas antiguas (Figura 69). Con relación a cauces anteriores como es el definido por la cartografía básica a escala 1:10.000 del departamento, y de forma comparativa con el actual, este tramo no ha presentado variaciones longitudinales y transversales asociadas importantes.

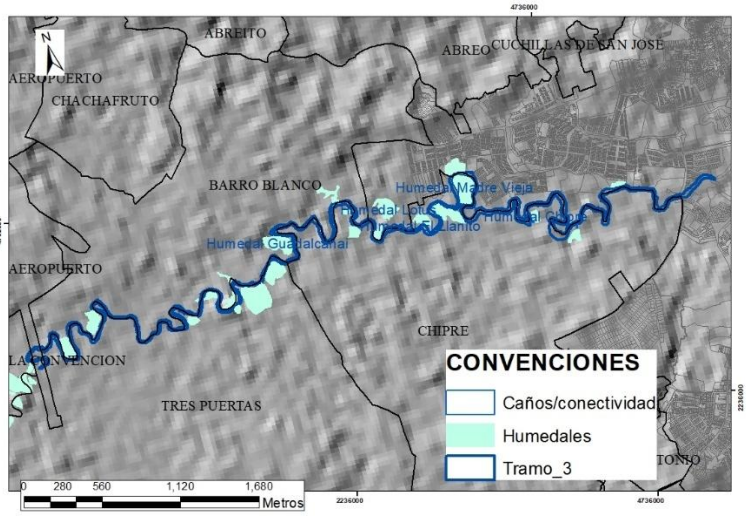
***Figura 69. Tramos 1 al 3 de la corriente del río Negro.***




Tramo 1. Recto con dirección NE



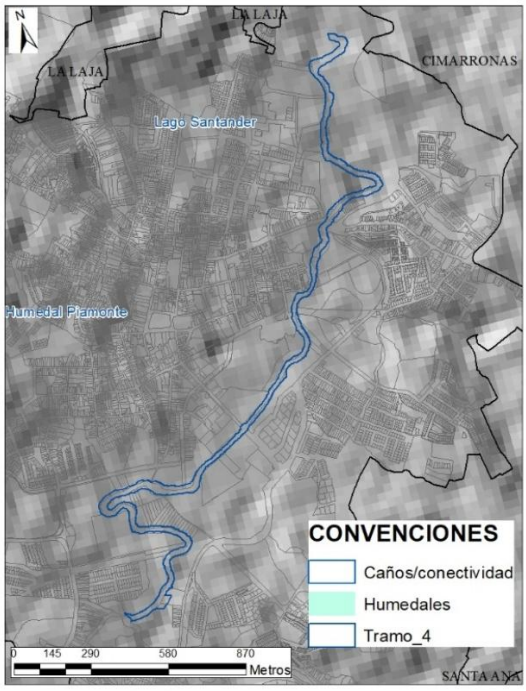

Tramo 2. Sinuoso con dirección NE



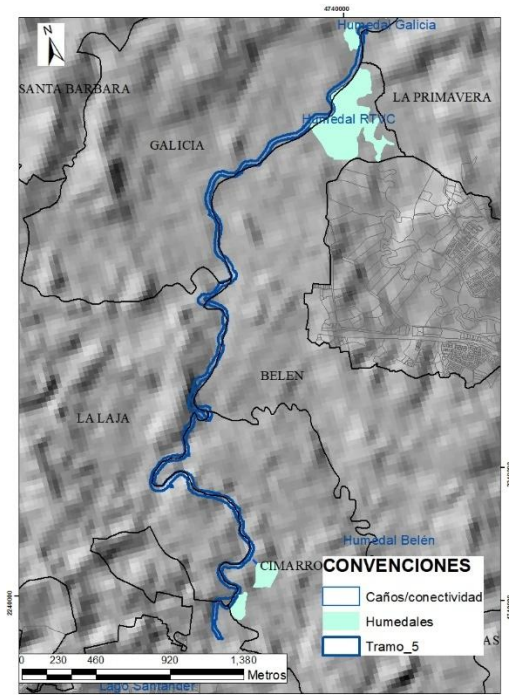

Tramo 2. Sinuoso con dirección WE

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

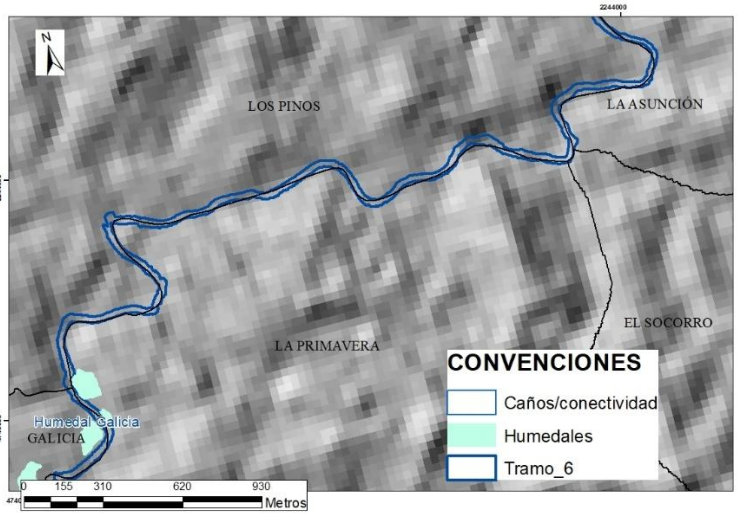
***Figura 70. Tramos 4 al 6 de la corriente del río Negro.***




Tramo 4. Sinuoso Zona Urbana




Tramo 5. Sinuoso Zona Industrial




Tramo 6. Sinuoso Parte baja

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 6.8 Subunidades geomorfológicas o geoformas asociadas a la envolvente geomorfológica

En el contexto geomorfológico en el cual se enmarca el Rio Negro, se identificaron tres tipos de ambientes geomorfológicos: Denudacional, Fluvial y Antrópico (Figura 71) cada uno de los cuales, con sus respectivas geoformas o subunidades, de acuerdo con la propuesta de jerarquización geomorfológica con criterios morfogenéticos para la escala 1:25.000 (SGC, 2012). En la Tabla 22, se puede consultar las áreas y sus respectivos porcentajes. A continuación, se describen en el orden que permite comprender los procesos que dan origen a la envolvente geomorfológico, empezando por el denudacional aledaño, el ántropico que ha transformado principalmente al ambiente fluvial actual de interés.

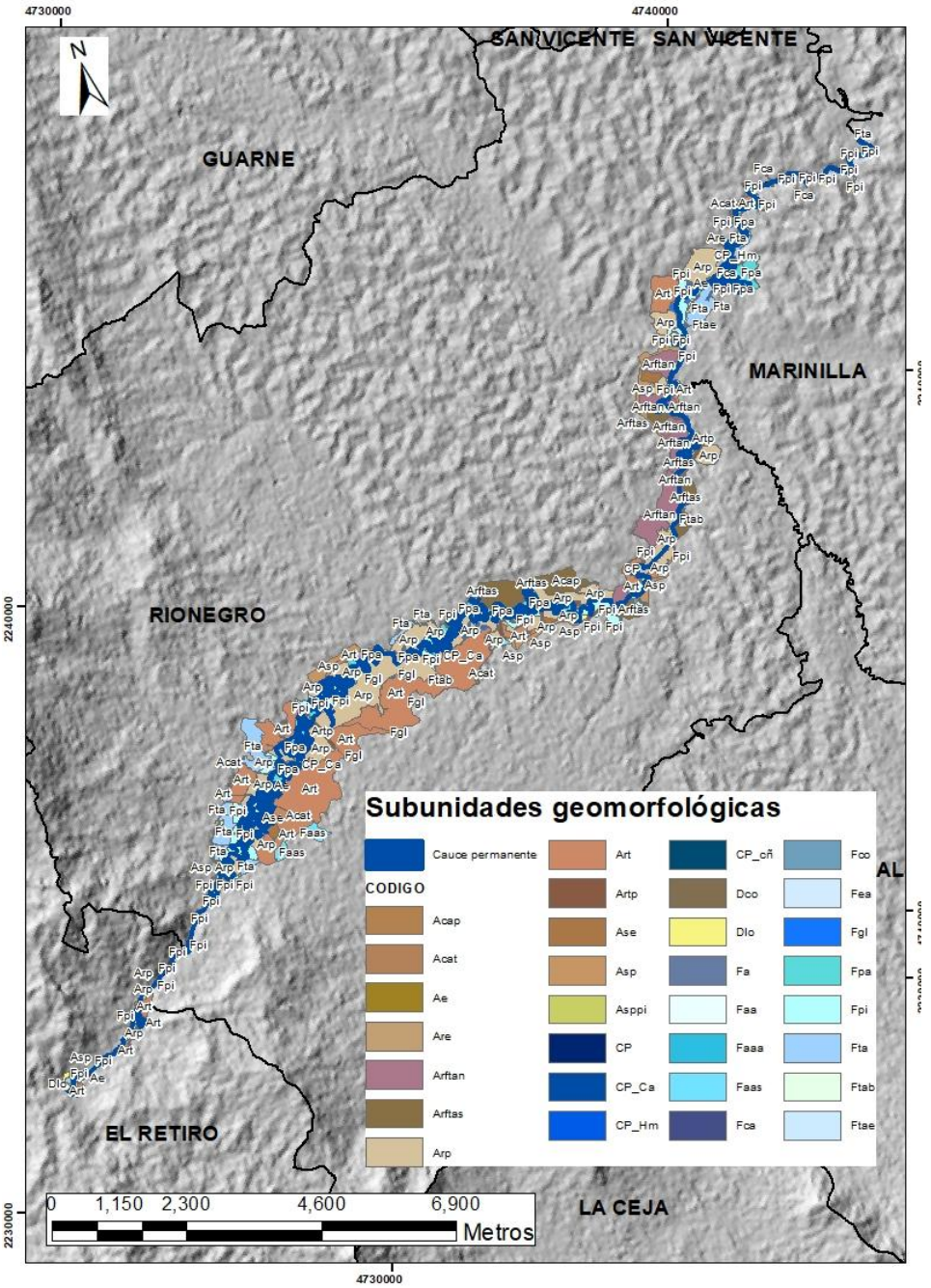
***Tabla 22. Unidades geomorfológicas en el contexto geomorfológico de interés del Río Negro.***

| AMBIENTE | SUBUNIDAD | CODIGO | HA | % Subunidad |
|---|---|---|---|---|
| **Ambiente Antropogénico** | Canal artificial en planicie inundable | Acap | 4.4 | 0.3% |
| | Canal artificial en terraza | Acat | 3.0 | 0.2% |
| | Dique artificial | Ae | 11.2 | 0.7% |
| | Excavación | Ase | 14.2 | 0.9% |
| | Planos y campos de llenos antrópicos - terraplen | Artp | 13.7 | 0.9% |
| | Planos y campos de llenos antrópicos en planicie inundable | Arp | 331.3 | 20.7% |
| | Planos y campos de llenos antrópicos en terraza | Art | 394.6 | 24.6% |
| | Planos y campos de llenos antrópicos en terrazas antiguas | Arftan | 110.7 | 6.9% |
| | Planos y campos de llenos antrópicos en terrazas subrecientes | Arftas | 96.9 | 6.0% |
| | Planos y campos de llenos antrópicos-Terraplen | Artp | 0.3 | 0.0% |
| | Rellenos de escombros y/o escombreras | Are | 3.4 | 0.2% |
| | Superficies de explanación | Asp | 56.7 | 3.5% |
| | Superficies de explanación en planicie inundable | Asppi | 0.5 | 0.0% |
| **Ambiente Denudacional** | Cono y lóbulo coluvial | Dco | 2.4 | 0.1% |
| | Ladera ondulada | Dlo | 5.5 | 0.3% |
| **Ambiente Fluvial** | Abanico aluvial | Faa | 0.4 | 0.0% |
| | Abanico aluvial antiguo | Faaa | 0.0 | 0.0% |
| | Abanico aluvial sub-reciente | Faas | 16.1 | 1.0% |
| | Albardones o dique natural | Fa | 1.7 | 0.1% |
| | Bajo de terraza | Ftab | 3.4 | 0.2% |

| AMBIENTE | SUBUNIDAD | CODIGO | HA | % Subunidad |
|---|---|---|---|---|
| | Caños del cauce permanente | CP_cñ | 1.8 | 0.1% |
| | Cauce aluvial | Fca | 4.8 | 0.3% |
| | Cauce Permanente río Negro | CP | 81.5 | 5.1% |
| | Cuerpos de agua del cauce permanente | CP_Ca | 57.1 | 3.6% |
| | Escarpe de abanico fluvial | Fea | 0.0 | 0.0% |
| | Escarpe de terraza de acumulación | Ftae | 2.2 | 0.1% |
| | Humedales del cauce permanente | CP_Hm | 30.9 | 1.9% |
| | Laguna | Fgl | 15.2 | 1.0% |
| | Orillar | Fco | 0.7 | 0.0% |
| | Plano Anegadizo (Cubeta de desborde) | Fpa | 82.3 | 5.1% |
| | Plano o llanura de inundación | Fpi | 167.5 | 10.4% |
| | Terraza de acumulación | Fta | 89.1 | 5.6% |
| | **Area Total** | | 1,603.5 | 100.0% |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 71. Mapa de geoformas o subunidades asociadas a la envolvente geomorfológica del Río Negro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.1 Ambiente Denudacional

Este ambiente está dado por la acción y actividad de procesos de meteorización, y predominantemente de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa actuantes sobre geoformas preexistentes. En el área de estudio se identificaron este tipo de unidades denudacionales relacionadas directamente con el ambiente fluvial y ocupa menos del 1% del área de estudio. A continuación, se describen considerando su área y % dentro del contexto analizado mediante los criterios de la metodología de Carvajal (SGC, 2012), en función de los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de éstos con la correspondiente topografía del terreno.

#### 6.8.1.1 Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco)

Tipo de relieve que corresponde a depósito de fragmentos de rocas formado en la base de una ladera escarpada o un escarpe. Su origen es relacionado a procesos de sedimentación por acción de fenómenos hidro-gravitacionales que generan inestabilidad y movilización de los diferentes suelos residuales y de los materiales en rocas de calidad regular a mala generando suelos transportados de origen coluvial. Se caracterizan no solo por la acumulación de estos fragmentos que pueden llegar a tener diferentes espesores, sino por su forma en planta como de cono recostado, debió a la concentración del material de gran tamaño hacia la base, y del material más pequeño hacia la parte superior del cono. La pendiente varia de moderadamente inclinada a moderadamente escarpada, con una mayor inclinación en la parte superior; la superficie está caracterizada por tener perfil topográfico rectilíneo-cóncavo en su eje longitudinal y forma convexa en su eje transversal.

Este tipo de acumulaciones en la zona de estudio dejan formas que por su inestabilidad pueden generar erosión concentrada como surcos, teniendo en cuenta que la mayoría también corresponden a cortes de talud asociados a las vías (Fotografía 37). Ocupa menos del 1 % del área de estudio, se ubican en todos los tramos a excepción de tramo 4 y 5. Por su posición relativa con la dinámica fluvial ningún polígono hace parte de la envolvente geomorfológica.

***Fotografía 37.****Cono o lóbulo coluvial (Dco) en el sector de Emaus, margen derecha del río en el tramo2, debajo de la vía Rionegro – El Retiro.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.1.2 Ladera ondulada (Dlo).

Corresponden a superficies en declive de forma alomada que corresponden a las partes más distales de geoformas denudaciones de mayor relieve relativo como son los espolones faceteados bajos de longitud larga (Sefcbl) definidos a escala 1:100.000 en el tramo 1, o de las partes distales de las terrazas de acumulación antigua de la margen derecha. Presentan pendientes suaves a inclinada (< 10°), longitud entre corto y moderada (50 a 300 m), con forma irregular, y con patrón de drenaje subdendrítico a subparalelo. Se desarrolla sobre las rocas del complejo del Retiro que afloran en el tramo 1 en la margen izquierda del río (Fotografía 38. Ladera ondulada (Dlo) sector de Emaus, margen izquierda del río en el tramo 1.Fotografía 38), y sobre los depósitos de terrazas antiguas en el tramo 3 sobre la margen derecha del río. Ocupa menos del 1 % del área de estudio, se ubican en todos los tramos 1,2 y 3. Por su posición relativa con la dinámica fluvial solo un polígono hace parte de la envolvente geomorfológica, que por su posición y relación con la terraza contigua se incorpora en la envolvente.

***Fotografía 38.*** *Ladera ondulada (Dlo) sector de Emaus, margen izquierda del río en el tramo 1.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.2 Ambiente antrópico

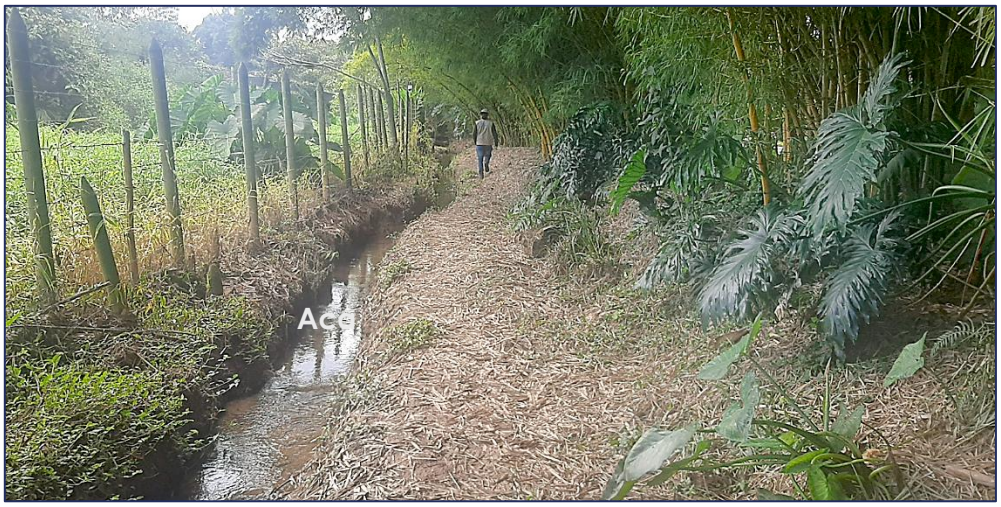
Este ambiente ocupa la mayor parte del contexto con un total del 65% de área de estudio, Incluye las geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, que modifica la morfología natural del terreno. Las unidades antrópicas relacionadas que hacen parte de este contexto han modificado el ambiente fluvial activo de interés cambiando las características originales, y otras geoformas antrópicas están asociadas a unidades denudacionales pero que están en relación con el contexto general, y que por lo tanto se delimitaron para comprender su incidencia en la dinámica del río.

#### 6.8.2.1 Canal artificial (Aca)

Corresponde a fuentes de aguas naturales que han sido canalizadas o canales construidos principalmente para el sistema riego de actividades industriales como cultivos, viveros (Fotografía 39). Es común su presencia en diferentes partes de los tramos, sin embargo, los delimitados ocupan menos del 1% del área de estudio, considerando que en la zona es muy recurrente esta geoforma pero solo se delimitaron los más relevantes para garantizar la claridad de la lectura en la fotointerpretación, los

principales se ubican principalmente en los tramos 2 y 3. Por su posición relativa con la dinámica fluvial hacen parte de la envolvente geomorfológica, ya que cruzan de diferentes formas cortando las geoformas fluviales originales tanto de terrazas (Acat) como de las planicies y llanuras aluviales (Acap). Es importante destacar que algunos de estos hacen parte de los caños identificados para la delimitación del cauce permanente y los cuales establecen la conectividad entre los cuerpos de agua identificados y el río.

***Fotografía 39.*** *Canal Artificial (Aca) en el predio de la urbanización Lago Grande.*

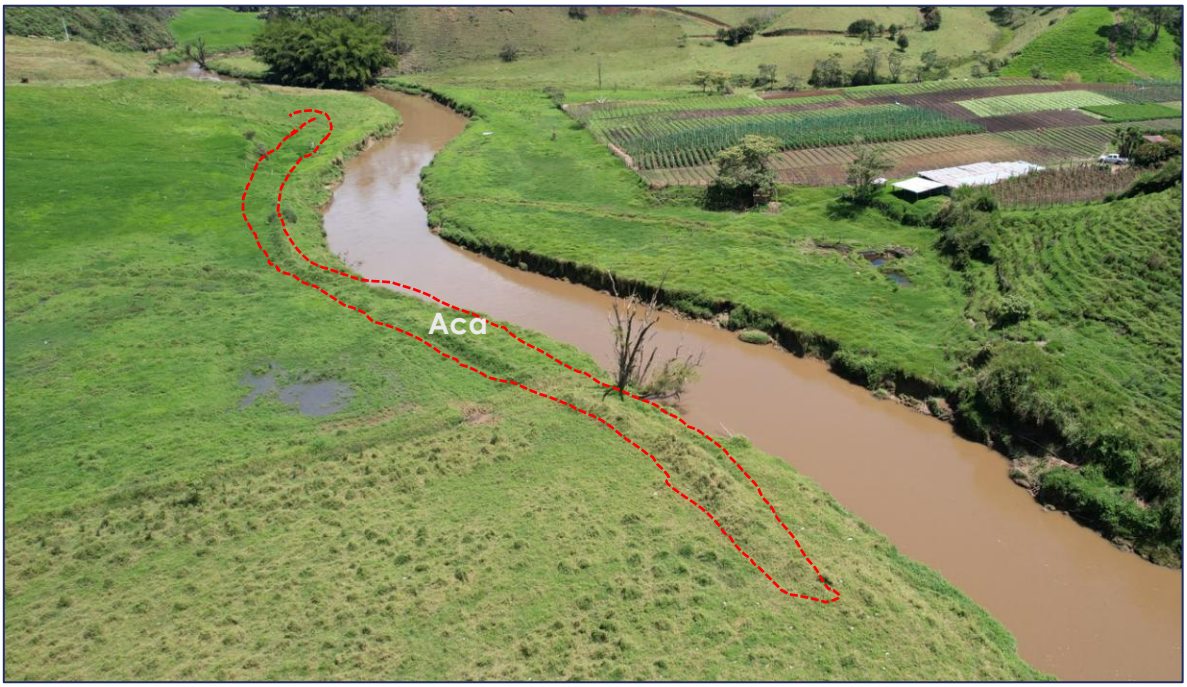



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.2.2 Dique artificial (Ae)

También denominado espolones por la metodología del SGC, sin embargo, en el sector son conocimos como diques artificiales o jarillones, que corresponden a muros construidos en la orilla de un río para contener las aguas derivadas del proceso de inundación. La mayoría son construidos a partir de material extraído del cauce (Fotografía 40). Es común su presencia en diferentes partes de los tramos, sin embargo, los delimitados ocupan menos del 1% del área de estudio, considerando que en la zona es recurrente esta geoforma, solo se delimitaron los que por escala permitieron la fotointerpretación.

***Fotografía 40.*** *Dique artificial (Ae) ubicado sobre la margen izquierda, en el tramo 6 del río Negro.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.2.3 Rellenos de escombros y/o escombreras (Are)

Corresponde a montículos alomados o aterrazados formados por la acumulación de desechos orgánicos o industriales sin diferenciar, los cuales son dispuestos de manera mecánica o manual. En la envolvente son característicos este tipo de disposición relacionada con los desechos de la actividad urbanística y que inclusive son arrojados en zonas de importancia ambiental como son las cubetas de desborde o los planos anegadizos de los humedales (Fotografía 41). Esta geoforma ocupa menos del 1% del área de estudio y algunos por su posición relativa con el ambiente fluvial hacen parte de la envolvente geomorfológica.

***Fotografía 41.*** *Rellenos de escombros y/o escombreras (Are) a la altura del humedal Galicia en el tramo 6 en cercanías del humedal Galicia.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.2.4 Planos y campos de llenos antrópicos (Ar)

Para la comprensión de este tipo de geoformas en el contexto de la envolvente, se identificaron múltiples planos realizados artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos asociados a los planos inundables (**Arp**) y que se localizan principalmente en el tramo 2 y 3, o sobre las terrazas que tienen mayor relación con la dinámica actual con el río (**Art**), y sobre los cuales se realizan con este tipo de material las bases para la construcción de viviendas o la ubicación de infraestructura para el sector industrial. Técnicamente es material compactado sobre la geoforma original (Fotografía 42). Ambas unidades ocupan aproximadamente el 45% del área total analizada.

***Fotografía 42.*** *Planos y campos de llenos antrópicos en terrazas (Art) localizadas en el tramo 2 (A), y Planos y campos de llenos antrópicos en terrazas en planicie inundable (Arp) en el tramo 4 (B)*




A. *Vereda Tablazito, sector Asdesillas Tramo 2.*

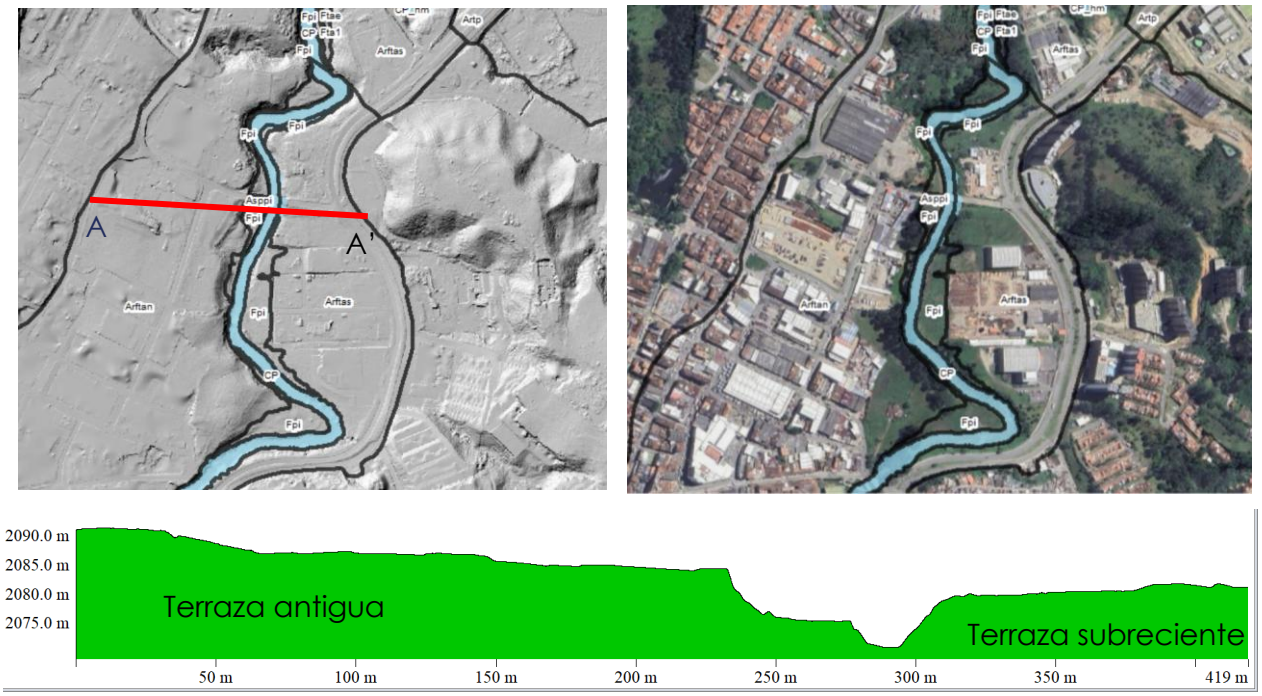



B. Bodegas sector de Autolarte en el casco urbano de Rionegro, reconoció por ser un antiguo brazo del río Negro. Tramo 4.

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En este sentido, para efectos de comprender con mayor claridad la zona urbana de Rionegro, localizada en la parte final de tramo 3 y en el tramo 4, y la cual se encuentra la envolvente en una planicie más confinada y delimitada no solo por las colinas residuales del Batolito Antioqueño asociadas a la superficie de erosión de Rionegro (SEII-ri), se delimitaron algunas de las terrazas antiguas más cercanas y que están diferentes alturas que pueden alcanzar alturas con respecto al cauce de 15 a 10 metros. De este modo, también se pueden diferenciar planos y campos de llenos antrópicos en terrazas antiguas (Arftan), así como los planos y campos de llenos antrópicos en terrazas subrecientes (Arftas), necesarias su identificación para establecer la dinámica actual del río pero que no hacen parte de la envolvente geomorfológica. Estas geoformas delimitadas ocupan en total el 13 % del área de estudio (Fotografía 43).

***Fotografía 43.*** *Planos y campos de llenos antrópicos en terrazas antiguas (**Arftan**) margen izquierda y en terrazas subrecientes (**Arftas**) margen derecha, localizadas en el tramo 4 del casco urbano de Rionegro.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

De igual forma, se pueden apreciar otro tipo de planos y llenos antrópicos que si hacen parte de la envolvente geomorfológica y son los terraplenes (Artp), que se realizan como parte de los cimientos de vías, elevando y compactando suelo para formar una superficie más alta que el terreno natural y conformar la red vial. De esta forma se delimitaron aquellos posibles terraplenes que hacen parte del ambiente fluvial y por ende son parte de la envolvente geomorfológica.

### 6.8.2.5 Excavación(Ase)

La explotación minera en la zona de estudio se ha desarrollado principalmente a las terrazas y llanuras aluviales, esta explotación data de la época de la conquista como minería extractiva de oro, y la cual transformó durante siglos las geoformas aluviales no solo para su explotación, sino para el montaje de infraestructura de minería. Actualmente, existen títulos mineros para la explotación de materiales de construcción como arenas y gravas en el tramo 2 y 3, pero la minera abandonada también ha dejado espacio para que en estas depresiones se acumulen aguas permanentes, que se han

conectado con el río a través de caños naturales o artificiales, dejando espacio para sistemas lénticos integrándose al cauce permanente y otras excavaciones abandonadas han sido ocupadas con llenos antrópicos para la localización de infraestructura, adicionalmente estas excavaciones mantienen su nivel por el aporte de aguas lluvia en épocas de alta pluviosidad o por recarga artificial, y son utilizados como lagos artificiales o lagunas para fines recreativos o económicos e incluso para la ubicación de lagunas de oxidación asociadas a las Plantas de tratamiento de aguas residuales (Fotografía 44).

Esta geoforma ocupa menos del 1 % del área de estudio y la mayoría por su posición relativa con el ambiente fluvial activo hacen parte de la envolvente geomorfológica de interés.

***Fotografía 44.*** *Excavaciones (Ase) asociadas actividad minera abandonado y utilizada para proyectos urbanísticos.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.2.6 Superficies de explanación (Asp)

Corresponden a planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno. En la zona se utilizan para la construcción de vías principales (Asp), sin embargo, se diferenciaron otras 3 pequeñas superficies de explanación que están directamente desarrolladas sobre la planicie inundable como cimientos para puentes y vías vehiculares (Asppi). (Fotografía 45).

Esta geoforma en total ocupa el 3.5 % del área de estudio, sin embargo, la mayor área está asociada a los terraceos para la construcción de vías. Por su importancia solo se incorporan en la envolvente las superficies de explanación realizadas sobre la planicie inundable (Asppi) pero que ocupan menos del 1% y se encuentran principalmente ubicados en tramo 4.

***Fotografía 45.*** *Superficies de explanación asociados a terraceos en unidades denudacionales adyacente (Asp) y aquellos localizados sobre la planicie inundables (Asppi).*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.3 Ambiente Fluvial

Este ambiente es la de mayor importancia para la delimitación de la envolvente y ocupa el 34.6% del área de estudio con un total de 554 ha, de los cuales las subunidades que serán descritas (sin contar el cauce permanente) tiene un total de 383,5 ha, está representando por los depósitos y acumulaciones de sedimentos resultado de los procesos exógenos de erosión, transporte de la corriente de interés, hasta llegar a la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas de la corriente. En la delimitación por tramos como puede observarse en la Tabla 23, las unidades más representativas por su extensión son: la planicie o llanura de inundación (30 % del área total de ambiente), terrazas y los escarpes entre ellas cuando es posible la diferenciación (13 % del área total de ambiente) y los planos anegadizos o cubetas de desborde (15 del área total de ambiente). A continuación, se describen a partir de su representatividad en la zona de estudio y sus características que pueden variar según el tramo.

***Tabla 23. Distribución de las Geoformas del ambiente fluvial del Río Negro.***

| TRAMO | NOMBRE_SUBUNIDAD | CÓDIGO | HA |
|---|---|---|---|
| **Tramo 1** | Abanico aluvial | Faa | 0.0 |
| | Abanico aluvial antiguo | Faaa | 0.0 |
| | Cauce aluvial | Fca | 0.0 |
| | Escarpe de terraza de acumulación | Ftae | 0.1 |
| | Laguna | Fgl | 0.5 |
| | Plano o llanura de inundación | Fpi | 10.3 |
| | Terraza de acumulación | Fta | 3.5 |
| | **Área Total Tramo 1 en ambiente fluvial** | | 14.5 |
| **Tramo 2** | Abanico aluvial sub-reciente | Faas | 13.9 |
| | Albardones o dique natural | Fa | 0.8 |
| | Cauce aluvial | Fca | 0.0 |
| | Escarpe de terraza de acumulación | Ftae | 0.3 |
| | Laguna | Fgl | 0.7 |
| | Plano Anegadizo (Cubeta de desborde) | Fpa | 23.5 |
| | Plano o llanura de inundación | Fpi | 45.1 |
| | Terraza de acumulación | Fta | 56.4 |
| | **Área Total Tramo 2 en ambiente fluvial** | | 140.7 |
| **Tramo 3** | Abanico aluvial sub-reciente | Faas | 2.2 |
| | Albardones o dique natural | Fa | 0.9 |
| | Bajo de terraza | Ftab | 1.5 |
| | Cauce aluvial | Fca | 0.9 |
| | Laguna | Fgl | 6.5 |
| | Plano Anegadizo (Cubeta de desborde) | Fpa | 36.7 |
| | Plano o llanura de inundación | Fpi | 48.8 |
| | Terraza de acumulación | Fta | 4.4 |
| | **Área Total Tramo 3 en ambiente fluvial** | | 102.0 |
| **Tramo 4** | Bajo de terraza | Ftab | 1.9 |
| | Cauce aluvial | Fca | 0.4 |
| | Escarpe de terraza de acumulación | Ftae | 0.1 |
| | Laguna | Fgl | 0.1 |
| | Orillar | Fco | 0.5 |
| | Plano o llanura de inundación | Fpi | 10.9 |
| | **Área Total Tramo 4 en ambiente fluvial** | | 13.9 |

| TRAMO | NOMBRE_SUBUNIDAD | CÓDIGO | HA |
|---|---|---|---|
| **Tramo 5** | Cauce aluvial | Fca | 2.7 |
| | Escarpe de terraza de acumulación | Ftae | 1.7 |
| | Laguna | Fgl | 7.2 |
| | Orillar | Fco | 0.2 |
| | Plano Anegadizo (Cubeta de desborde) | Fpa | 18.8 |
| | Plano o llanura de inundación | Fpi | 34.8 |
| | Terraza de acumulación | Fta | 20.3 |
| **Área Total Tramo 5 en ambiente fluvial** | | | 85.7 |
| **Tramo 6** | Abanico aluvial | Faa | 0.4 |
| | Cauce aluvial | Fca | 0.7 |
| | Escarpe de abanico fluvial | Fea | 0.0 |
| | Escarpe de terraza de acumulación | Ftae | 0.0 |
| | Laguna | Fgl | 0.3 |
| | Plano Anegadizo (Cubeta de desborde) | Fpa | 3.4 |
| | Plano o llanura de inundación | Fpi | 17.5 |
| | Terraza de acumulación | Fta | 4.5 |
| **Área Total Tramo 6 en ambiente fluvial** | | | 26.8 |
| **Área Total general** | | | 383.5 |

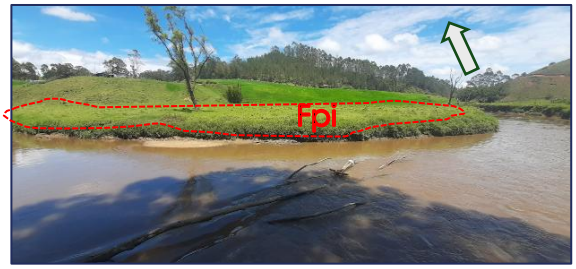
***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 6.8.3.1 Plano o llanura de inundación (Fpi)

corresponde a las zonas inundables ubicadas generando una configuración alargada, contenida entre dos áreas de relieve más alto. En la zona de estudio se pueden encontrar diferentes extensiones que varía entre 10 a 60 metros de amplitud en promedio para los tramos 1, 4, 5 y 6, y hasta en algunas áreas, pero de forma esporádica, pueden alcanzar los 200 metros de amplitud. Las áreas de esta geoforma son más amplias en los tramos 2 y 3, alcanzando hasta los 400 metros de longitud desde el cauce permanente.

Los procesos de sedimentación se dan a medida que la corriente pierde capacidad de transporte, por lo tanto, se encuentran diferentes tipos de material aluvial asociado a acumulaciones de arenas y gravas que no están consolidadas, son de forma subredondeada a redondeada, y subesférica a esférica, compuestas principalmente de cuarzo lechoso y fragmentos líticos de rocas ígneas y metamórficas presenten en el área de estudio (Fotografía 46).

***Fotografía 46.*** *Planos o llanuras de inundación que pueden alcanzar diferentes extensiones y que se encuentran sin transformación antrópica*




A. *Plano de Inundación (Fpi) en tramo 6 (parte baja de la represa), margen derecha.*




B. *Plano de Inundación (Fpi) en tramo 2, sector puente el Trablacito. Foto tomado a partir de sobrevuelo de Dron.*

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.3.2 Terrazas aluviales

En la zona de estudio, las terrazas aluviales corresponden a una serie de depósitos no consolidados localizados a diferentes alturas del cauce permanente, correspondientes a planos verticales a subverticales, que se encuentran por encima del plano o llanura de inundación actual. Su origen es relacionado a la incisión y profundización del cauce y están constituidas por depósitos de matriz - soportados a clasto - soportados con fragmentos de roca de tamaños variables, que van desde gravas a bloques de hasta 50 cm de diámetro, con desarrollo de matriz arenosa a areno gravosa. La mayoría de estas terrazas han sido transformadas por la actividad minera

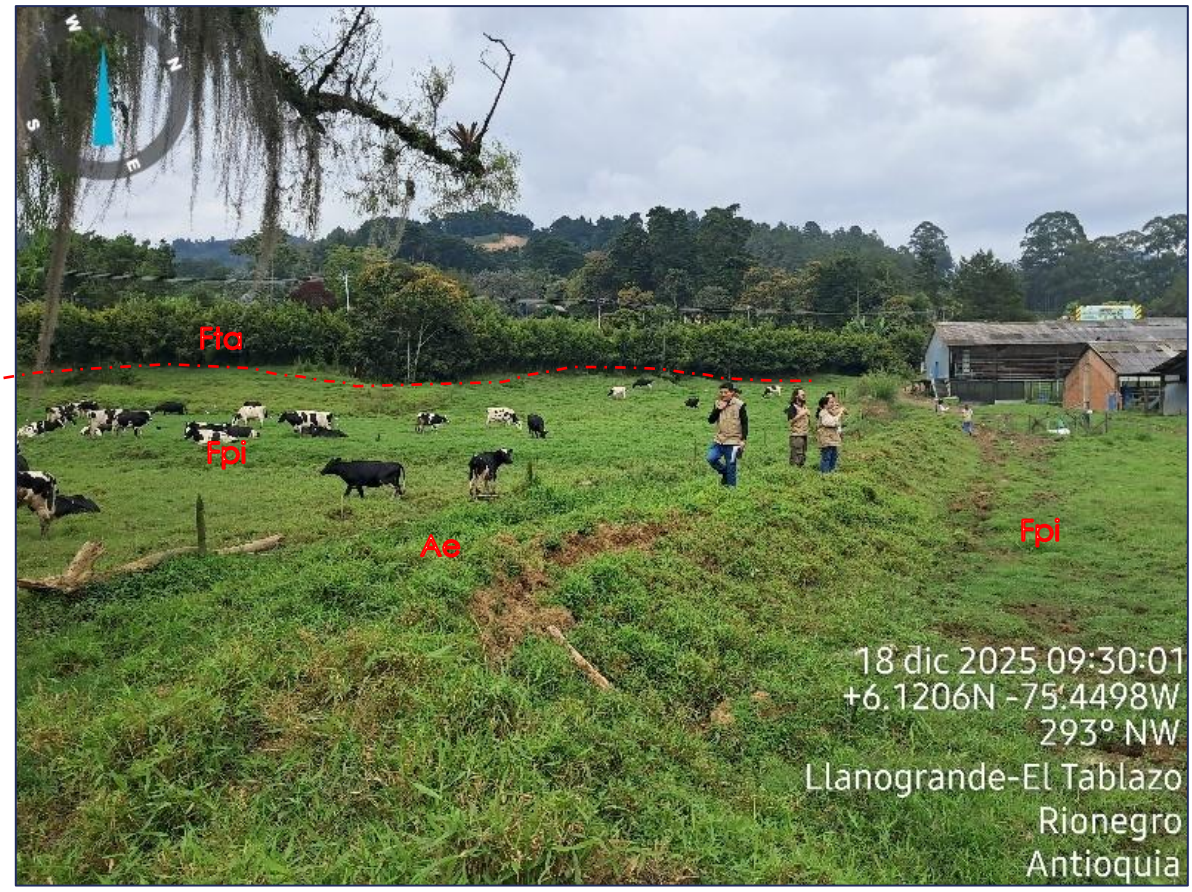
Para la definición de las terrazas considerando la evolución geomorfológica actual de la zona, se consideran como terrazas de acumulación (Fta) y sin numeración anexa, aquellas terrazas asociadas no solo a los cauces aluviales de los afluentes al río Negro, sino a las directamente relacionadas con los procesos de depositación propios de éste. Las correspondiente a los afluentes se caracterizan por presentan extensiones pequeñas de aproximadamente 30 metros máximo desde el plano inundable o el cauce, la mayoría presentan ambos niveles de terraza a lado y lado del cauce (Fotografía 47). Y con relación a las terrazas asociadas directamente con el río negro, estas se encuentran en todos los tramos, pero con mayor representatividad en el tramo 2, donde pueden alcanzar hasta 400 metros de longitud (Fotografía 48).

***Fotografía 47.*** *Terraza de acumulación asociada al cauce aluvial de la quebrada la Yarumal afluente del río Negro, localizada sobre la margen izquierda del río en el tramo 3.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Fotografía 48.*** *Limite identificado con la Terraza de acumulación (Fta), sobre la margen derecha del río en el tramo 1 (vereda Tablacito), con el plano inundable (Fpi), donde se encuentra un dique artificial (Ae).*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Finalmente, en las terrazas más antiguas y subrecientes que están transformadas, se encuentran separadas por fuera de la envolvente en el ambiente antrópico, y descritas en el ambiente antrópico, fueron identificadas para la interpretación del contexto geomorfológico, sin embardo se destaca la identificación de dos bajos de terraza (Ftab) e la terraza subreciente del tramo 4, sobre la margen derecha del río entre los intercambios viales hacia el Carmen de Viboral. (Fotografía 49).

***Fotografía 49.*** *Bajos de terrazas sobre la terraza subreciente a la altura del intercambio vial al Carmen de Viboral.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.3.3 Plano Anegadizo o Cubeta de desborde (Fpa)

Por su origen y misma denominación está en una posición más alta que la cubeta de decantación (asociada a cuerpos de agua y humedales asociados al cauce permanente), como una franja que los rodea. Presentan forma de artesa, casi plana e irregular, con pendiente suave. Se localiza en áreas planas mal-drenadas. Su origen es relacionado a procesos de encharcamiento temporal, y que por su ubicación con respecto a la dinámica fluvial son geoformas susceptibles a las inundaciones. También, los procesos que dan lugar a esta forma están asociados al estancamiento de las aguas provenientes de los desbordes del río, que permiten la regulación hídrica de la zona. Se localizan en los tramos donde éstos se delimitaron los humedales, que son los tramos 2,3,5 y 6 (Fotografía 50).

***Fotografía 50.*** *Planos de desborde asociados a los humedales declarados por Cornare en el municipio de Rionegro.*




A. Humedal Guadalcani, margen derecha, tramo 3




B. Humedal Lotus, margen derecha, tramo 3

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.3.4 Albardones o dique natural (Fa)

Como parte de la dinámica del desborde de los humedales hacia los planos anegadizos se forman depósitos de material con forma de de camellón alargado, estrecho, planoconvexo, está originada por exceso de carga, durante el desbordamiento del río con material arenoso, determinando así un mayor volumen en esta geoforma en comparación con las otras posiciones que reciben partículas más finas como son la cubeta de desborde y la cubeta de decantación. Se destaca la presencia de diques naturales conservados en el tramo 3, como el cuerpo de agua localizado en predios del club deportivo Independiente Medellín, ubicado sobre la margen derecha del río en la vereda el Tablazo *(*Fotografía 51*)*.

***Fotografía 51.*** *Dique natural, humedal localizado en tramo en propiedad del club deportivo Independiente Medellín.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.3.5 Abanicos aluviales

Como parte de evolución del área de estudio se cuenta con material de transporte y depositación de los afluentes del río negro que descienden por los diferentes relieves, unos desde zonas con mayor gradiente como aquella que están en tramo 1 y 6, y otras de menor gradiente como las que descienden hacia tramo 2 y 6. De esta forma se originan superficies ondulada formando pequeñas o extensas llanuras deposicionales de piedemonte o también conocidas como "Bajadas". Estas geoformas presentan pendientes del orden de 1° a 5°, aunque pueden alcanzar 10° cerca de los ápices de los abanicos y generalmente presenta drenaje dicotómico. Se diferencia de esta forma en primer lugar el abanico aluvial (Faa) cuyo su origen esta más relacionado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial mucho más actual, como son los identificado en tramo 1 y 6, y en este último se logra separar el escarpe de abanico (Fea)

En estos mismos tramos, pero adicionalmente con mayor extensión, se logran separar otros dos tipos de abanico aluvial unos mucho más antiguos (Faaa) en tramo 1, que, por sus características morfológicas del cañón, tienen mayor pendiente y grado de incisión.

Finalmente, en la margen derecha de tramo 2 y 3, predominan los abanicos aluviales sub-reciente (Faas), que se separan considerando la edad de las terrazas antiguas aledañas, con el fin de interpretar la génesis aluvial de la zona de estudio, pero con una edad relativa intermedia. Solo se consideran por su relación más directa con la

envolvente los abanicos aluviales actuales que por la hidrología tiene probabilidad de inundación (Faa)

#### 6.8.3.6 Cauce aluvial (Fca)

Corresponden al canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes afluentes al río negro, antes de su desembocadura y que hacen parte del área de interés, no hacen parte del cauce permanente del río negro, pero cumplen con las características de un cauces con morfología ligeramente inclinada, donde se concentra toda la actividad erosiva, de socavación, acumulación e inundación de estas corrientes y que está constituido por depósitos no consolidados con variaciones de matriz - soportado a clasto - soportado, con clastos de tamaños variados; la matriz se compone principalmente de gravas y arenas finas a gruesas. Se identifican varios cauces aluviales que confluyen al río negro, pero se destacan los de las quebradas la Pereira, La Mosca, La Marinilla, La Cimarrona, la Yarumal, entre otras (Fotografía 52).

***Fotografía 52.*** *Cauce aluvial de la quebrada la Mosca relacionado con la envolvente.*



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 6.8.3.7 Orillar (Fco)

Los orillares como rasgos dejados por la fuerte dinámica fluvial, con perfil topográfico ondulado, contorno arqueado y configuración alargada, formando patrones de surcos y camellones de diversa amplitud y desnivel. En la zona de estudio se identificaron 2, uno en tramo 3 y asociado a la quebrada la Pereira, sobre su margen izquierda (Fotografía 53) y otro en tramo 5, sobre la margen izquierda. Como fue mencionado en el capítulo

de dinámica antrópica por información histórica se reconocer otros orillares en tramo 4 pero que actualmente ya no existen por la transformación antrópica.

***Fotografía 53.*** *Canal Artificial (Aca) en el predio de la urbanización Lago Grande.*

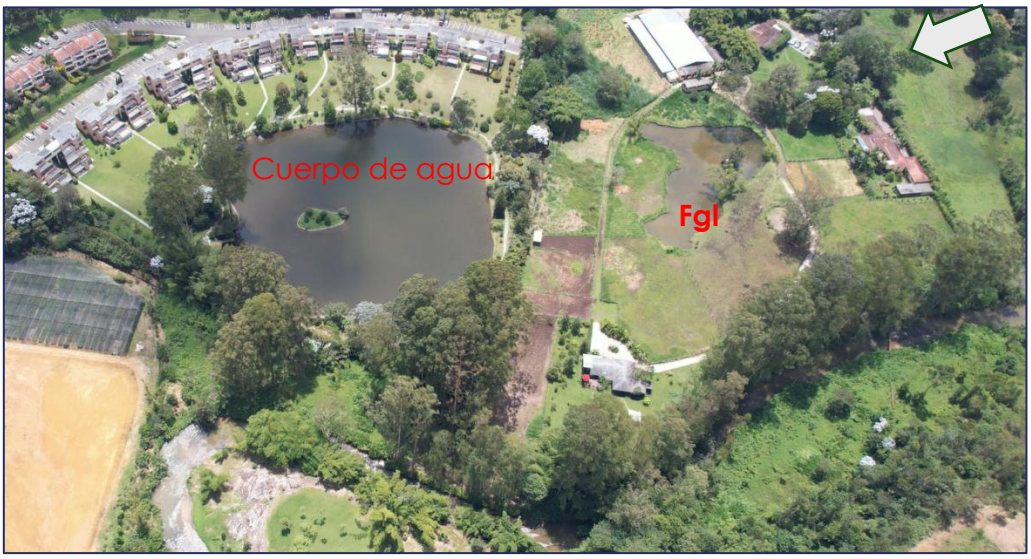



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 6.8.3.8 Laguna (Fgl)

Las lagunas se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, considerando la actividad minera que dejo varias depresiones a disposición, en la zona de estudio son comunes estas lagunas usadas para actividades recreativos, estanques de almacenamiento de agua entre otros que no se encuentran asociadas al cauce permanente (Fotografía 54).

***Fotografía 54.*** *Laguna (Fgl) localizada al SW del cuerpo de agua conocido como Sierra Blanca sobre la margen derecha del río en Tramo 2.*




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 6.9 Delimitación de la envolvente geomorfológica

El componente geomorfológico de la ronda hídrica determina el área necesaria para asegurar los procesos morfodinámicos que permiten el transporte y almacenamiento de agua y sedimentos, de este modo con los criterios relacionados con: la delimitación del cauce permanente, la definición de las geoformas que hacen parte del contexto geomorfológico actual y asociado a la dinámica de la corriente de interés, y el análisis de las zonas de amenaza en función de las manchas de inundación hidrológicas.

De esta forma se define la envolvente geomorfológica, obteniendo como resultado un área de 774 ha que incluye no solo el cauce permanente, sino las geoformas o subunidades de Planos y campos de llenos antrópicos en planicies inundables (Arp), los planos o llanura de inundación (Fpi), los planos anegadizos (Fpa) y las lagunas (Fgl), así como otras geoformas que se desarrollan al interior de la unidad de mayor jerarquía es la planicie aluvial como son los diques, cauces aluviales de los afluentes directos al río, los orillares entre otros (Tabla 24).

La envolvente geomorfológica presenta anchos variables de acuerdo con los procesos predominante en cada tramo, por ejemplo, el tramo 2, 3 y 5, que corresponde a los tramos de mayor sinuosidad presentan la mayor área de la envolvente, y siendo los tramos 1, 4 y 6 los más estrechos con planicies confinadas (Figura 72).

La Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas (MADS, 2018) define el componente geomorfológico como el área donde ocurren los procesos morfodinámicos que soportan el transporte y almacenamiento de agua y sedimentos. Por eso, la envolvente del río Negro se delimitó con las geoformas que genera y retrabaja el régimen fluvial actual: el cauce permanente y su sistema léntico, la llanura de inundación, los planos anegadizos, los albardones, los orillares y los abanicos actuales, además de las geoformas antrópicas construidas sobre ellas.

Las terrazas aluviales subrecientes y antiguas (Arftas, Arftan) se excluyen porque son geoformas relictas, abandonadas por la incisión del cauce durante el levantamiento final de la Cordillera Central. Se han reconocido hasta nueve niveles, con edades entre 0,7 y 2,4 Ma (Rendón et al., 2011; INGEOMINAS, 2005). Estas terrazas están entre 10 y 25 m por encima del cauce y separadas de la llanura por escarpes bien definidos (Ftae). Sus gravas están saprolitizadas y su superficie está cubierta por cenizas volcánicas, lo que indica superficies estables y sin sedimentación por inundación (POMCA, 2017). La mancha de inundación de 100 años de período de retorno confirma lo anterior, porque se concentra en la planicie aluvial y no alcanza estos niveles. La transformación antrópica de las terrazas no es el criterio de exclusión. Por esa razón, los llenos sobre la planicie inundable (Arp) sí se incluyen: la geoforma original sobre la que están sigue sujeta a la dinámica fluvial actual.

Las terrazas bajas con escarpe menor a 1 m, las que quedan dentro de la mancha de 100 años y las que tienen evidencia histórica de inundación, como la terraza baja identificada por la comunidad en la desembocadura de la quebrada La Mosca en el año 2024 (Punto de Observación PO-10, sector Riotex), se asimilan a la llanura de inundación (Fpi) y se incluyen en la envolvente. Solo se excluyen las terrazas de acumulación (Fta) con escarpes de 1,5 a 2 m o más y sin evidencia de inundación. Es el mismo criterio que ya se usó para los abanicos: se incluye el abanico actual (Faa) y se excluyen el subreciente (Faas) y el antiguo (Faaa).

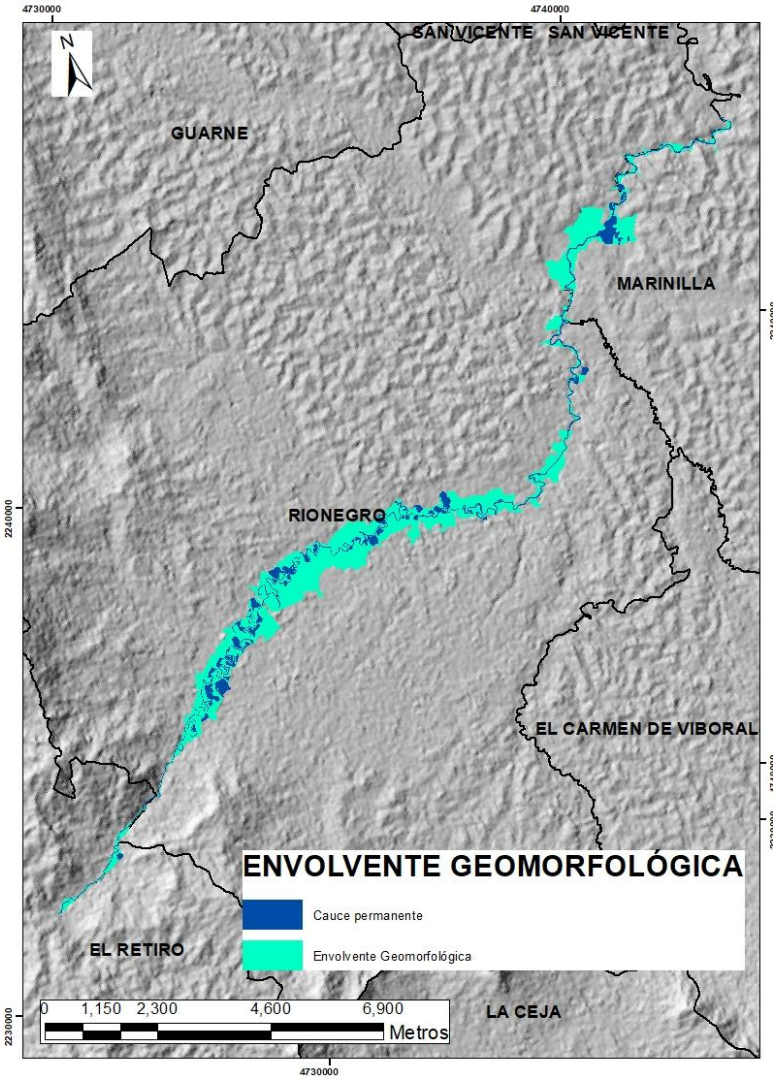
Excluir una geoforma de la envolvente geomorfológica no la deja por fuera de la ronda hídrica. El límite físico de la ronda resulta de superponer los componentes geomorfológico, hidrológico y ecosistémico, así que cualquier sector de terraza que alcancen la mancha de inundación o la franja ecosistémica queda incluido por esos componentes.

***Tabla 24. Unidades geomorfológicas en el contexto geomorfológico de interés del Río Negro.***

| NOMBRE_SUBUNIDAD | CÓDIGO | HA |
|---|---|---|
| Planos y campos de llenos antrópicos en planicie inundable | Arp | 320.1 |
| Plano o llanura de inundación | Fpi | 163.5 |
| Plano Anegadizo (Cubeta de desborde) | Fpa | 82.3 |
| Cauce Permanente río Negro | CP | 81.5 |
| Cuerpos de agua del cauce permanente | CP_Ca | 57.1 |
| Humedales del cauce permanente | CP_Hm | 30.9 |
| Laguna | Fgl | 12.9 |
| Dique artificial | Ae | 9.9 |
| Cauce aluvial | Fca | 4.8 |
| Canal artificial | Aca | 3.3 |
| Excavación | Ase | 2.5 |
| Caños del cauce permanente | CP_cñ | 1.8 |
| Albardones o dique natural | Fa | 1.7 |
| Orillar | Fco | 0.7 |
| Superficies de explanación en planicie inundable | Asppi | 0.5 |
| Abanico aluvial | Faa | 0.4 |
| Rellenos de escombros y/o escombreras | Are | 0.2 |
| Escarpe de abanico fluvial | Fea | 0.0 |
| | | **774.0** |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 72. Envolvente Geomorfológica del Río Negro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 6.10 Zonas de amenaza alta por inundación y zonas con condiciones de riesgo

El artículo 10 de la Ley 388 de 1997, modificado por el artículo 32 de la Ley 2294 de 2023, establece la jerarquía de los determinantes del ordenamiento territorial, ubicando en el primer nivel aquellos relacionados con la prevención de amenazas y riesgos de desastres y con la gestión del cambio climático. Esta disposición consolida el carácter prevalente

de la gestión del riesgo frente a las demás decisiones de uso y ocupación del suelo, obligando a que su incorporación en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT).

En consonancia con lo anterior, la Ley 1523 de 2012, por medio de 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, dispone en su artículo 40 que las entidades territoriales deben integrar la gestión del riesgo en los instrumentos de planificación del desarrollo y del ordenamiento territorial. Esta integración implica la identificación, delimitación y tratamiento de las zonas expuestas a amenazas naturales, con el fin de orientar decisiones normativas y administrativas que reduzcan la exposición y la vulnerabilidad.

Este estudio no tiene el alcance de un estudio básico, ni de detalle para la categorización de la amenaza o el riesgo respectivamente, pero con los insumos geomorfológicos e hidrológicos en articulación con la identificación de elementos expuestos asociados al proceso de ocupación de la ronda, es posible establecer cuáles son las infraestructuras con algún grado de condición de riesgo, correspondiendo a las áreas que se encuentren urbanizadas, ocupadas o edificadas en zonas de amenaza alta por inundación.

Por consiguiente en primer lugar, se hizo un levantamiento de infraestructura, considerando los resultados el análisis del capítulo de dinámica de ocupación antrópica, y posteriormente se llevó a cabo un análisis espacial, a partir de información disponible de la huella constructiva obtenida mediante la herramienta libre de OpenBuiliding disponble para el año 2021 (https://sites.research.google/gr/open-buildings/), y posteriormente se llevó a cabo la actualización de esta infraestructura con la imagen de Google más actualizada disponible y la ortofoto del año 2025.

En segundo lugar, se consideran dos escenarios de amenaza alta para categorizar la infraestructura que estarían en condición de riesgo (Figura 73).

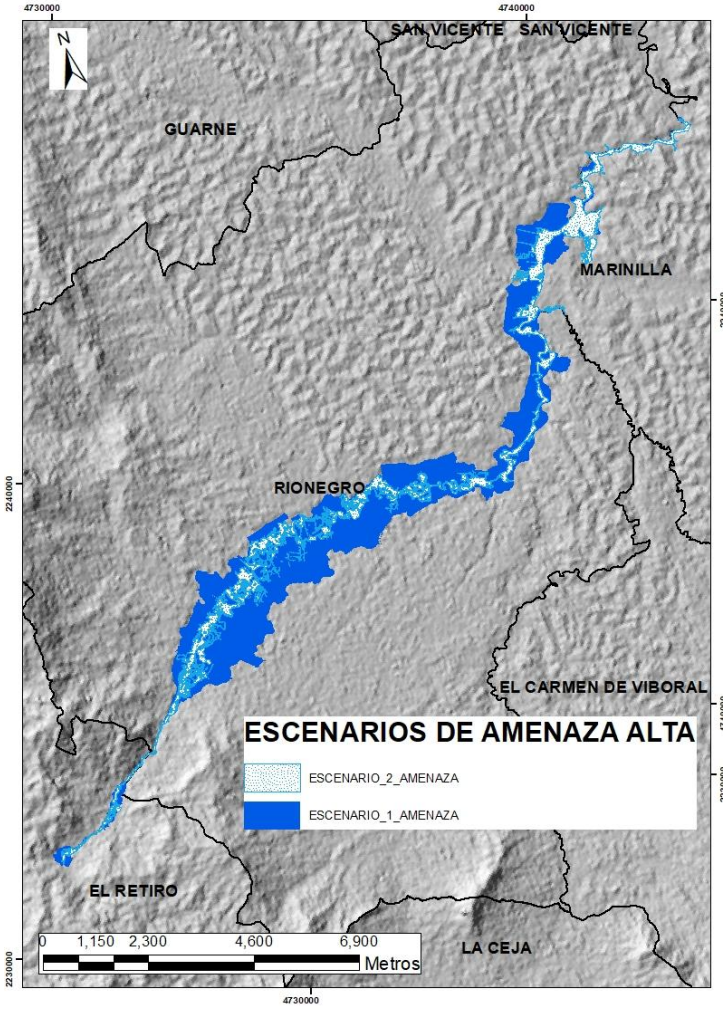
Escenario 1 de amenaza alta: Corresponde a las geoformas asociadas a la envolvente geomorfológica como son los planos anegadizos o cubetas de desborde y los planos o llanuras de inundación naturales o transformadas entre otros, donde la lámina de agua puede sobrepasar sus límites naturales o cualquier obra hidráulica o de protección realizada, considerando así la génesis fluvial actual de estas geoformas, y lo cual se contrasta con los eventos históricos reportados por inundación.

Escenario 2 de amenaza alta: donde la mancha de inundación resultado del análisis hidrológico presenta una alta probabilidad, y se considera peligrosa a la infraestructura y se cumpla con cualquiera de estas tres condiciones: Profundidad de la lámina mayor o igual a 0.5 m, velocidades mayor o igual a 0.5 m/s, o el producto de los dos sea mayor o igual a 0.5.

Como resultado se define las zonas de condición de riesgo muy alto, aquella infraestructura localizada donde se de a lugar los dos escenarios al mismo tiempo, y las zonas de condición de riesgo alto donde se manifiesta solo el escenario de amenaza 1 (Fuente. ***Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

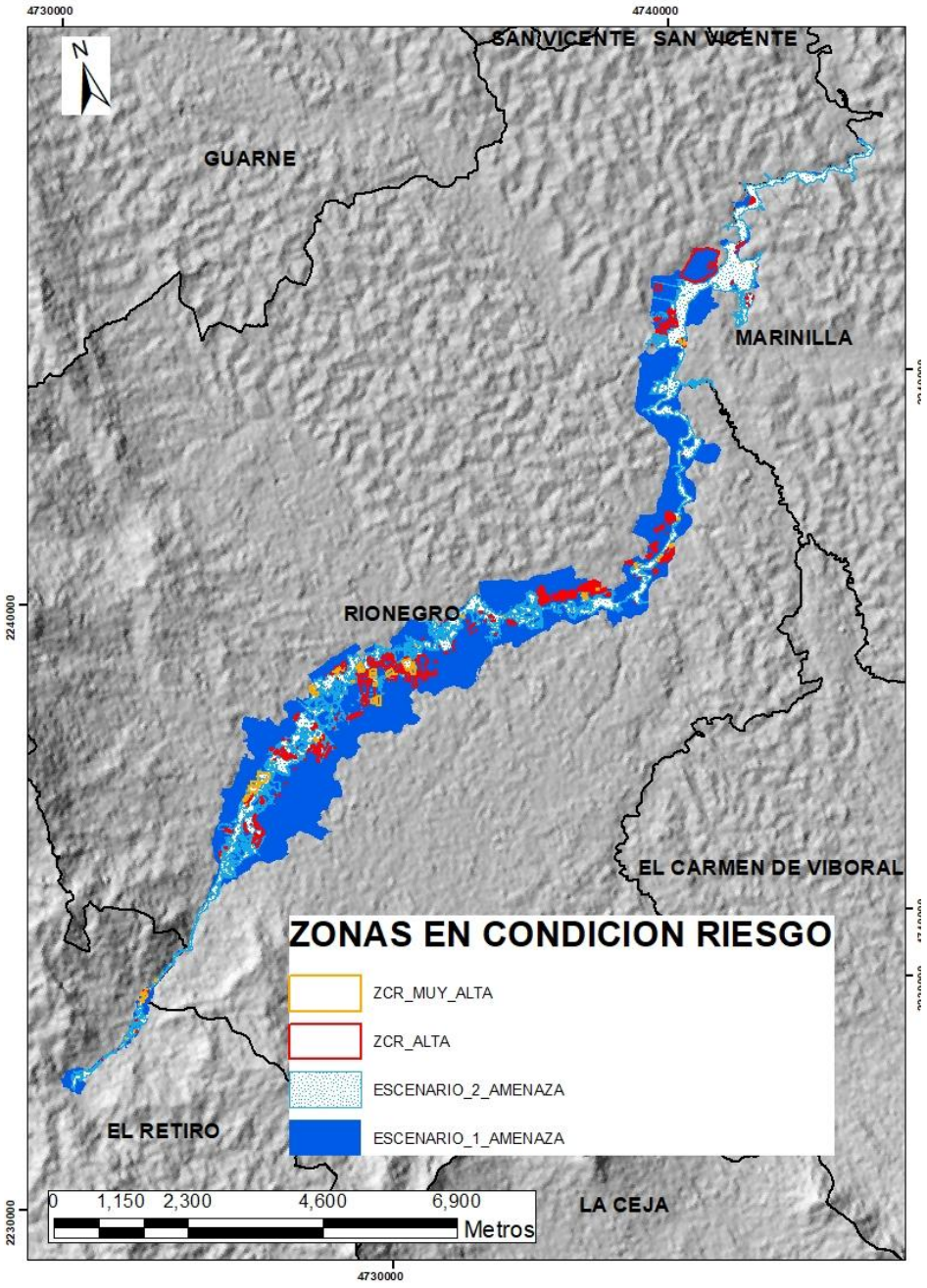
***Figura 74***). Esta información en un insumo para la construcción de medidas de la ronda, que permitan mejorar la toma de decisiones con relación a la gestión del riesgo con el objetivo de reducir la exposición a eventos de inundación. Como puede observarse obedece estas zonas a las áreas ocupadas principalmente de tramos 2, 3 y 4, y en parte al tramo 5, y la menor ocupación se encuentra en los tramos 1 y 6.

***Figura 73. Escenarios de amenaza alta por inundación definidos para la evaluación de las zonas con condición de riesgo***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 74. Zonas con condición de riesgo (ZCR) muy alta y alta a inundaciones por amenaza alta***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

# 7. COMPONENTE ECOSISTEMICO

El componente ecosistémico de la ronda hídrica busca establecer, mantener o recuperar las coberturas vegetales propias de la región en los retiros hidrológicos y aquellas áreas que se definirán como de alta funcionalidad ecosistémica para la preservación o restauración de las características de los cuerpos de agua, partiendo del conocimiento integral de estas áreas que compromete aspectos relacionados desde los componentes geomorfológico e hidrológico.

## 7.1 Zonas de vida

La Guía Técnica para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, basándose en Holdridge (1987), define una zona de vida como un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, las cuales, tomando en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, presentan una fisonomía similar en cualquier parte del mundo. Para determinar las zonas de vida en la cuenca objeto de estudio, se requiere información sobre la biotemperatura media anual (calculada a partir de la temperatura media anual), la precipitación media anual y la elevación sobre el nivel del mar. Inicialmente y para tener un contexto desde las zonas de vida del área de estudio se parte de información secundaria que para este caso se cuenta con las zonas de vida generadas para el departamento de Antioquia (2006), tal como se puede ver en la Figura 2. Según esta capa se tiene que la cuenca presenta predominio de dos zonas de vida el Bosque húmedo montano y el Bosque muy húmedo montano bajo. Se observa unas pequeñas áreas de Bosque muy húmedo premontano y Bosque pluvial montano.

La precisión del cálculo de la zona de vida depende de la calidad de la información climática disponible. En todos los casos, para acoger la Guía Técnica para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, la representación espacial de los campos de temperatura y precipitación media, así como de la altitud, debe tener como mínimo una escala equivalente a 1:25.000. Si se trabaja en formato raster, las celdas deben tener un tamaño mínimo de 12,5 metros, conforme a las equivalencias propuestas por Tobler (1987, 1988).

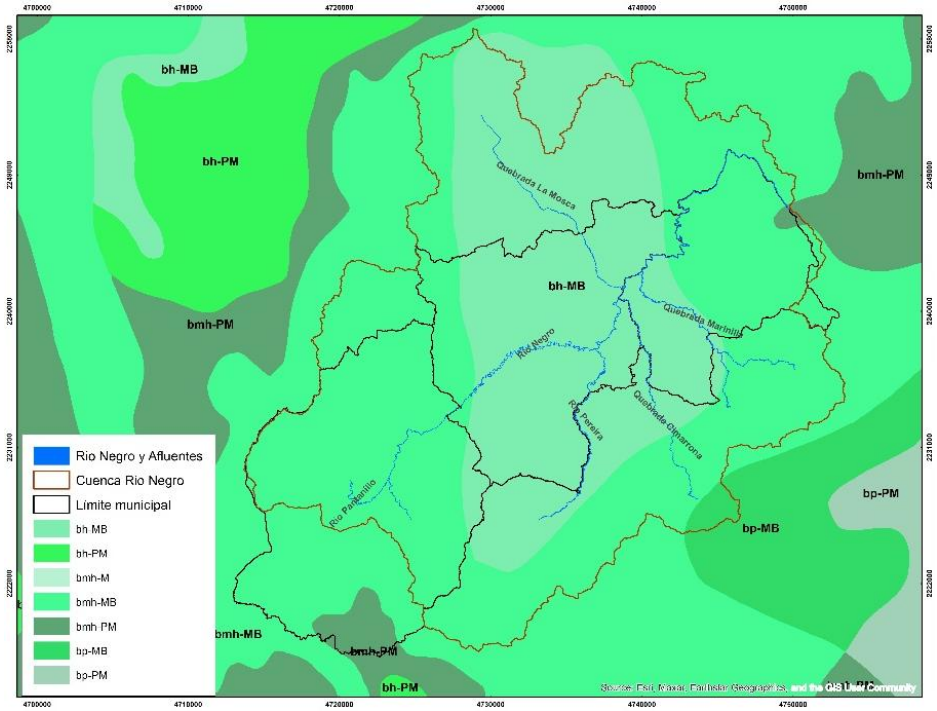
Así las cosas, partiendo de que las zonas de vida son determinantes según la metodología definida por la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, reglamentada mediante el Decreto 2245 de 2017. Se revisó información previa a los análisis del componente hidrológico con el objetivo de prever aspectos relevantes en el análisis.

Retomando cartografía previa relacionada con zonas de vida se tiene el mapa de la gobernación de Antioquia escala 1:25000 realizado en el año 2006, el cual define para el territorio o área de estudio dos zonas de vida, ver Figura 75.

- Zonas de vida Bosque húmedo montano bajo.

- Bosque muy húmedo montano bajo.

***Figura 75. Zona de vida del área de estudio***



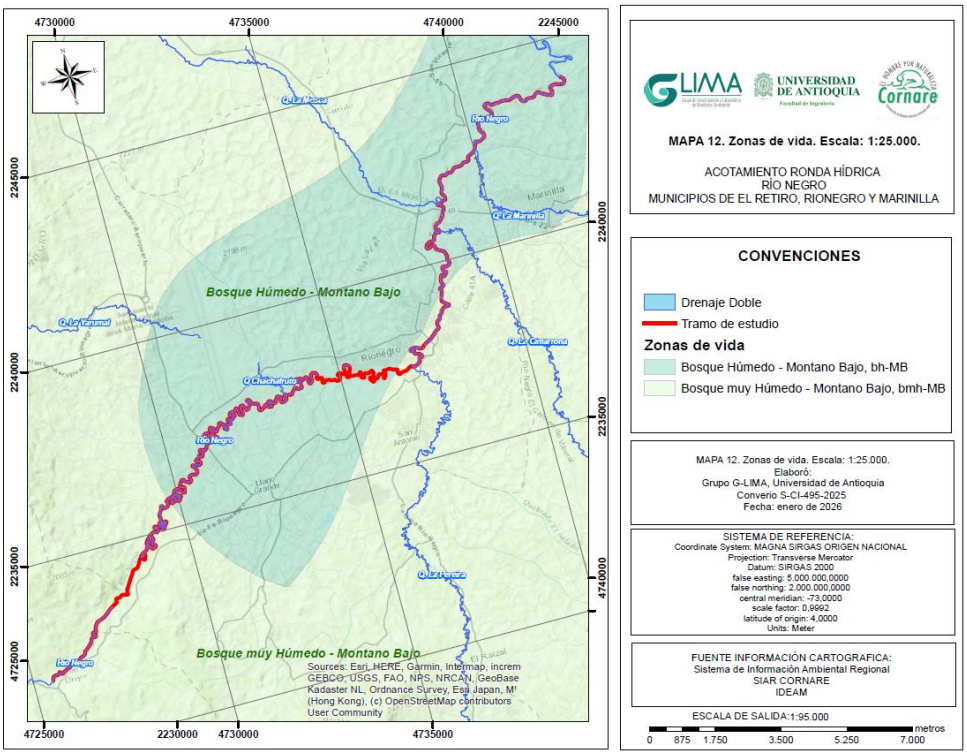

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

La Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los Ríos Nare y Negro -CORNARE, también ha generado un mapa de zonas de vida para su jurisdicción, el cual se muestra en la Figura 76, allí se ratifica de alguna manera lo representado por la gobernación de Antioquia, pues se observan las mismas zonas de vida, es decir se ratifican las zonas de vida:

- Bosque húmedo montano bajo.
- Bosque muy húmedo montano bajo.

Revisada y procesada la información climatológica por parte del equipo de hidrología, se acogen los insumos generados desde este componente como son: el modelo de elevación digital, la capa de precipitación media multianual y la capa de temperatura media multianual, se les aplica una reclasificación siguiendo los intervalos definidos por la clasificación de Holdrige, y posteriormente se hace una superposición de las mismas por medio de algebra de mapas, obteniendo el siguiente resultado, sin variar las zonas de vida que se han mencionado previamente, ver Figura 77.

***Figura 76. Zona de vida suministradas por CORNARE***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Con el ejercicio previo se puede ratificar que las zonas de vida con predominio en el área de influencia directa del proyecto son dos: Bosque húmedo montano bajo y Bosque muy húmedo montano bajo.

- **Zona de vida de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB)**

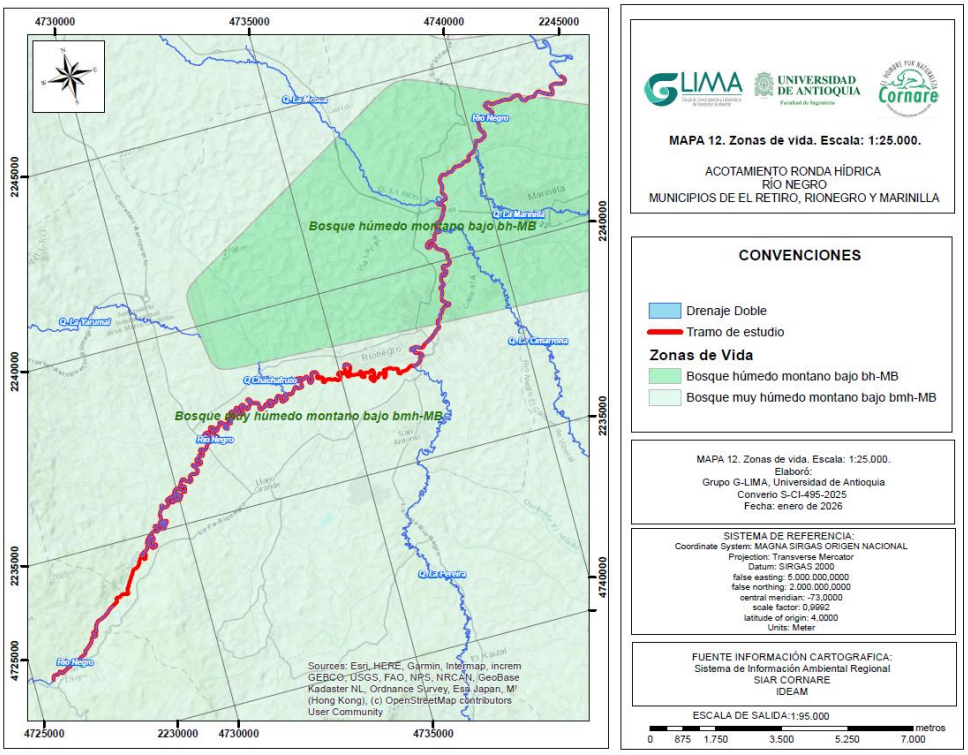
De acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge (1978). Esta zona de vida se caracteriza por las altas precipitaciones que exceden la evapotranspiración potencial, se estima que cerca del 50% del agua lluvia no es evapotrasnpirada, la precipitación oscila entre los 2000 y 4000 mm, con alturas sobre el nivel de mar entre 1600-2000 m.s.n.m. con temperaturas moderadamente bajas entre los 12° C y 18° C, sin variación a través de todo el año y altamente variables entre el día y la noche.

- **Zona de vida de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB)**

De acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge (1978). Esta zona de vida se caracteriza por precipitaciones que van desde 1000 a 2000 mm, con alturas sobre el nivel

del mar de 2000-2300 m.s.n.m. con temperaturas moderadamente bajas entre los 12° C y 18° C, sin variación a través de todo el año y altamente variables entre el día y la noche.

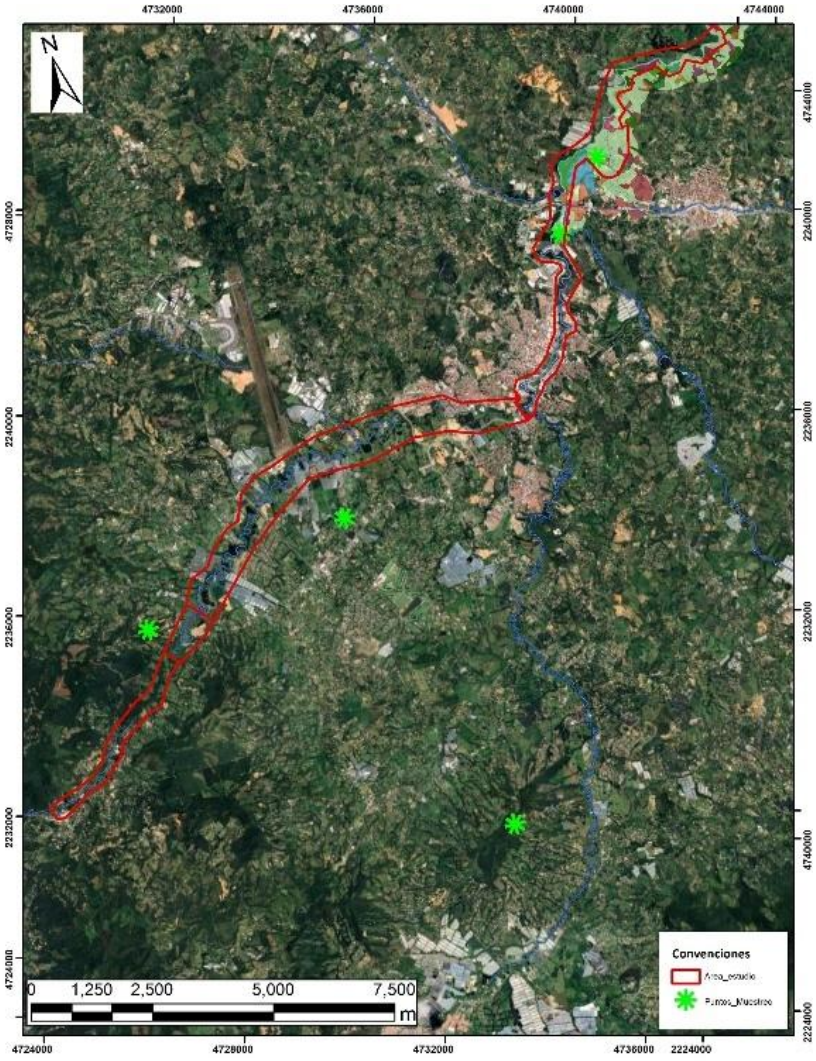
***Figura 77. Zona de vida generadas desde el proyecto***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Teniendo claridad en que las zonas de vida nos van a variar en el área de influencia del proyecto se revisó áreas que han permanecido en el tiempo con vegetación natural, es decir con vegetación remanente, en lo posible con el menor efecto de borde posible, y cercanas fuentes hídricas, para lograr una caracterización propia de las áreas de ribera. Sin embargo, como se ha expuesto previamente, el estar en zona de influencia de áreas con una alta presión urbanística, hace complejo encontrar remanentes en condiciones prístinas. A continuación, los puntos seleccionados para realizar los transectos de flora, ver Figura 78.

***Figura 78. Puntos de muestreo por medio de transectos***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Partiendo de las zonas de vida en el área de influencia del proyecto, se definen los puntos de muestreo para la caracterización florística y con ello definir las especies con mayor Índice de Valor de Importancia -IVI, medida cuantitativa ecológica que jerarquiza la dominancia de especies en un ecosistema, combinando parámetros de abundancia, frecuencia y dominancia relativa.

- Abundancia relativa: Número de individuos de una especie respecto al total.
- Frecuencia relativa: Distribución espacial de la especie, en cuántas parcelas aparece.

- Dominancia relativa: Cobertura o área basal, área ocupada por las especies.

## 7.2 Coberturas terrestres

La "Cobertura" terrestre, es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra, describe la vegetación, los elementos antrópicos y otras superficies como afloramientos rocosos y cuerpos de agua. En Colombia se ha adoptado la metodología CORINE Land Cover, para su delimitación y descripción.

Esta metodología consiste es un enfoque de mapeo y clasificación de cobertura terrestre que se basa en la interpretación y análisis de imágenes satelitales de alta resolución. Mediante esta metodología, se categorizan y cartografían diferentes tipos de uso del suelo y cobertura, como áreas urbanas, agrícolas, forestales, acuáticas y naturales.

La estandarización de la metodología y la leyenda de coberturas terrestres de Colombia, inició desde el año 2004 con la adaptación a nivel nacional de la metodología europea CORINE Land Cover – CLC, y con la definición de una leyenda unificada a nivel nacional.

El sistema de clasificación jerárquica implementado permite representar la complejidad de los paisajes en distintos niveles, y se apoya en tecnologías de teledetección y sistemas de información geográfica.

El resultado es un mapa detallado y actualizado de la cobertura terrestre, que proporciona información valiosa para la planificación ambiental, la gestión de recursos naturales y la evaluación de cambios en el paisaje a lo largo del tiempo.

Para la clasificación de las coberturas terrestres se utilizó la metodología Corine Land Cover –CLC- la cual ha sido adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, (2010).

Dicha metodología consta de 5 categorías de agrupación para categoría I se tiene la siguiente clasificación:

1. Territorios agrícolas.
2. Territorios Artificializados.
3. Bosques y Áreas Seminaturales.
4. Áreas Húmedas
5. Superficies de Agua.

Cada una de esas categorías se puede subdividir en hasta 6 subcategorías más, de acuerdo al detalle que se quiera de cada una de las mismas y de la escala en la cual se esté trabajando (IDEAM 2010).

Para el caso de este estudio en particular, teniendo en cuenta que se busca la generación en escala 1:25000, como lo pide la Guía Técnica para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, se prevé hasta la categoría 3.

En este momento se está procesando información de coberturas terrestres, por tanto, lo presentado aquí es un avance de acuerdo a lo que se ha encontrado hasta el momento, razón por la cual aún no se puede definir áreas o porcentajes de dichas coberturas terrestres, se espera dentro de las dos próximas semanas realizar puntos de control y lograr así, determinar los polígonos asociados a cada una de las coberturas presentes en el área de estudio, preliminarmente se han encontrado las siguientes coberturas

### 7.2.1 Territorios artificializados

Teniendo en cuenta la definición de IDEAM (2010), comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos, ver Fotografía 55.

***Fotografía 55. Territorios artificializados en el municipio de Rionegro con una influencia en la ronda hídrica***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 7.2.1.1 Zonas urbanizadas:

Estas áreas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano, ver Fotografía 56.

***Fotografía 56. Zonas urbanizadas en el municipio de Rionegro con una influencia en la ronda hídrica***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 7.2.1.1.1 Tejido urbano continuo

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano.

#### 7.2.1.1.2 Tejido urbano discontinuo

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.

### 7.2.1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad. Estás áreas están asociadas en general a vías de alto tráfico vehicular, somo lo es la Autopista Medellín Bogotá en lo que corresponde al sector denominado Belén.

### 7.2.1.3 Red vial, ferroviaria y terrenos asociados

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes. La superficie debe ser mayor a cinco hectáreas y el ancho de la vía debe ser superior a 50 metros. En

algunas áreas se pueden apreciar vías y terrenos asociados, que ameritan su mapeo, pues de ello dependerá que se den algunos criterios de manejo asociadas a estas para mejorar las funciones ecosistémicas en la ronda. También se tienen algunos proyectos viales de considerable envergadura, ver Fotografía 57.

***Fotografía 57. Red vial y terrenos asociados sobre el río Negro***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.2.1.4 Zonas de extracción minera y escombreras

Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen. Para el caso de la extracción minera en la cuenca se tiene que hay explotaciones industriales como se puede ver en la Fotografía de la derecha y explotaciones artesanales como la que se expone en la fotografía de la izquierda, amabas con impactos sobre el recurso hídrico, ver Fotografía 58.

***Fotografía 58. Explotación de materiales en el río Negro.***






***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.2.2 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas

Comprende las zonas verdes localizadas en las áreas urbanas, sobre las cuales se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación, donde los diferentes usos del suelo no requieren de infraestructura construida apreciable. En general, estas zonas verdes son áreas resultantes de procesos de planificación urbana o áreas que por los procesos de urbanización quedaron embebidas en el perímetro de la ciudad. Espacios como estos se pueden observar en el barrio El Porvenir donde la ronda se convierte en un espacio para la recreación pasiva y el disfrute, actualmente se tiene procesos de siembras juveniles en el lugar, ver Fotografía 59.

***Fotografía 59. Zonas verdes urbanas, no agrícolas***







***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 7.2.2.1 Zonas verdes urbanas

Comprende las zonas cubiertas por vegetación dentro del tejido urbano, incluyendo parques urbanos y cementerios, ver Fotografía 60

***Fotografía 60. Zonas verdes urbanas***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.2.3 Territorios agrícolas

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas, ver Fotografía 61.

***Fotografía 61. Territorios agrícolas***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Hasta el momento en los recorridos realizados se han identificado coberturas de la categoría Pastos, tal como se describe a continuación.

#### 7.2.3.1 PASTOS

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace, ver Fotografía 62 .

***Fotografía 62. Áreas cubiertas con pasto.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

##### 7.2.3.1.1 Pastos limpios

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

En lo que va de la delimitación y recorridos en campo se ha evidenciado que es la cobertura predominante, en algunos con evidencia de uso pecuario, en otros se observa con en receso de actividades pecuarias, ver Fotografía 63.

#### 7.2.3.1.2 Pastos arbolados

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos, ver Fotografía 67 .

***Fotografía 63. Pastos limpios***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Fotografía 64. Pastos arbolados***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 7.2.3.1.3 Pastos enmalezados

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de

escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono, ver Fotografía 65.

***Fotografía 65. Pastos enmalezados***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.2.4 Bosques y áreas seminaturales

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación (Tabla 4). Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición

#### 7.2.4.1 Plantación forestal

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras, para lo que se lleva revisado del área de estudio se tienen plantaciones forestales de especies como el eucalipto (Eucaliptus sp.) y el pino pátula (*Pinus patula*), ver Fotografía 66.

***Fotografía 66. Plantaciones forestales (Eucaliptus sp.)***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.2.5 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.

#### 7.2.5.1 Vegetación secundaria baja

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies.

La vegetación secundaria comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivo herbáceo de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa. Por lo general corresponde con una fase de colonización de inductores pre-climáticos, donde especies de una fase más avanzada se establecen y comienzan a emerger, ver Fotografía 67.

***Fotografía 67. Vegetación secundaria o en transición***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 7.3 Usos del suelo

Dentro del área aledaña a la ronda hídrica del río Negro se han podido evidenciar los usos que se describen a continuación:

### 7.3.1 Uso Forestal

El componente forestal en la ronda se define por el uso y manejo de áreas cubiertas predominantemente por vegetación arbórea, incluyendo bosques naturales, plantaciones y áreas forestales gestionadas para diversos fines. Esta categoría de uso se divide en dos: protección y productor.

#### 7.3.1.1 Protección

Este uso se desarrolla en áreas donde los ecosistemas de bosque conservan su función, aunque su estructura y composición puedan haber cambiado. Se destinan a la preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute de los bosques y coberturas vegetales naturales, ya sean de propiedad pública o privada (Decreto 2372 de julio de 2010) (Presidencia de la República de Colombia, 2010).

***Figura 79. Áreas en uso forestal protector***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Para la ronda del río Negro se tiene una alta fragmentación de las coberturas vegetales naturales asociadas a bosques, se logra dilucidar algunos remanentes en zonas de retiro a las fuentes hídricas. Son áreas que deben conservarse permanentemente con bosques naturales para proteger los recursos naturales renovables. Aquí se prioriza la protección, permitiendo solo la obtención de productos secundarios del bosque.

#### 7.3.1.2 Productor

Esta categoría abarca las áreas de tierra cubiertas predominantemente por árboles de especies nativas, exóticas o introducidas, destinadas a usos comerciales. Estos usos pueden ser directos, como la extracción de madera, o indirectos, como la recolección de frutos, semillas y otros subproductos, para este caso específico, hace referencia a plantaciones de coníferas como el Pino *(Pinus sp.)* y otras especies como los eucaliptos *(Eucaliptus sp.)*

***Figura 80. Áreas en uso forestal productor***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.2 Agricultura

Se consideran las coberturas de la tierra usadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y estructuras asociadas con estas producciones y a la vez se consideran tanto los transitorios como permanentes.

***Figura 81. Áreas en uso agrícola***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.2.1 Cultivos permanentes intensivos (CPI)

Esta categoría incluye las coberturas de tierra dedicadas principalmente a la producción de alimentos y fibras, con énfasis en cultivos permanentes que se mantienen en producción durante largos períodos. Abarca tanto los cultivos establecidos de manera intensiva como las estructuras asociadas a estas.

***Figura 82. Áreas con cultivos permanentes intensivos (CPI)***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.2.2 Cultivos permanentes semi-intensivos

Este uso está asociado también a aquellas áreas que están sujetas a periodos frecuentes de inundación, los cuales pueden presentarse una o dos veces al año y con una duración de periodos extensos de tiempo. En estas áreas, al presentarse periodos secos, se realizan actividades productivas semi-intensivas, con cultivos transitorios semi-intensivos.

***Figura 83. Área con cultivos permanentes semi-intensivos***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.3 Agrosilvícola

Este grupo corresponde a las tierras con uso que integran sistemas combinados, es decir, que tienen usos de agricultura o cultivos en espacios naturales, con diferentes arreglos tanto espacial como temporal. Este grupo contiene dos clases CLC, a saber, mosaico de cultivos con espacios naturales (2.4.5) y vegetación secundaria baja (3.2.3.2).

#### 7.3.3.1 Sistemas combinados de agricultura y forestería

Este uso se caracteriza principalmente a las zonas donde se aprecian mosaicos de cultivos asociados a espacios naturales, se evidencia áreas asociadas a bosques fragmentados o vegetación secundaria o en transición, que permanentemente son abiertas para el establecimiento de actividades agrícolas como cultivos transitorios, y eventualmente en áreas pequeñas, inferiores a una hectárea, dispersos por el bosque.

***Figura 84. Área con sistemas combinados de agricultura y forestería***

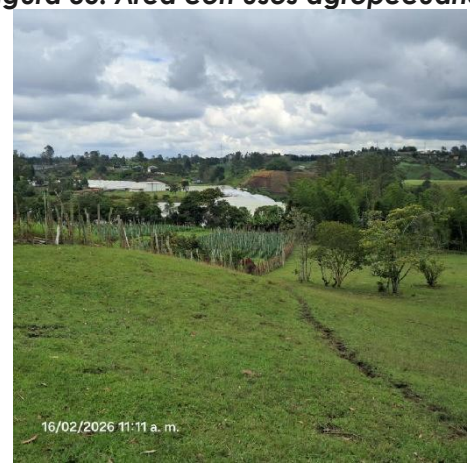



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.4 Agropecuario

Contiene áreas de uso de la tierra dedicada tanto a cultivos como a pastos, es decir, uso mixto agrícola y pecuario; se considera en este grupo a la clase CLC de mosaico de pastos y cultivos (2.4.2).

***Figura 85. Área con usos agropecuarios***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.4.1 Silvopastoril

Se clasifica en dos usos principales: pastoreo extensivo y sistemas combinados de ganadería y forestería. El pastoreo extensivo se encuentra en áreas de pastos enmalezados, mientras que los sistemas combinados de ganadería y forestería abarcan pastos arbolados o mosaicos de pastos con espacios naturales. Ambos usos se caracterizan por la realización de actividades de ganadería extensiva, y en ocasiones, también incluyen la extracción forestal.

***Figura 86. Algunas áreas con uso silvopastoril***

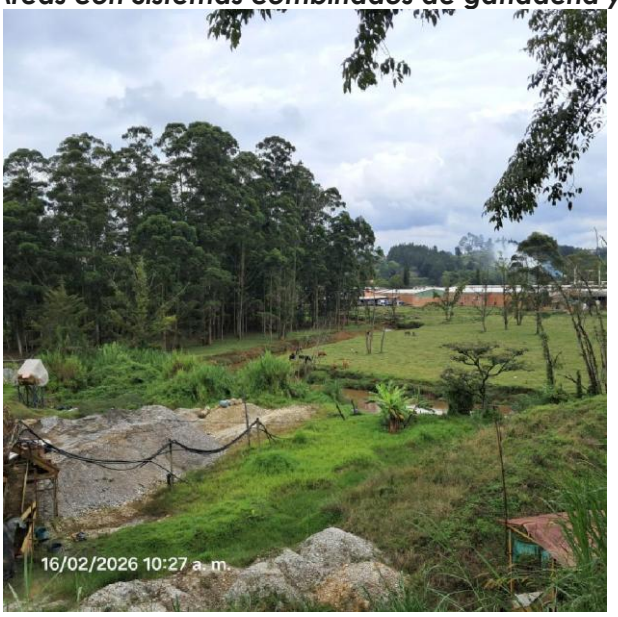



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.4.2 Sistemas combinados de ganadería y forestería

Este uso se caracteriza por la presencia de mosaicos de pastos combinados con espacios naturales. Se observa en áreas con bosques fragmentados o vegetación secundaria en transición, que se aprovechan selectivamente y se despejan para actividades pecuarias. Tras el abandono de actividades agrícolas, estas zonas se destinan a ganadería extensiva o semi-intensiva, a menudo en áreas con pastos enmalezados y espacios naturales (MADS, 2014).

***Figura 87. Áreas con Sistemas combinados de ganadería y forestería***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.5 Ganadería

Las tierras con vocación ganadera (vacuno, lanar, caballar u otros) son aquellas cuyas características de suelos, presentan limitaciones moderadas de clima, pendiente, erosión, drenaje y suelos.

#### 7.3.5.1 Pastoreo extensivo

Esta categoría se desarrolla en suelos cubiertos principalmente por pastos enmalezados y/o arbolados, en su mayoría asociados a espacios naturales, ya que las áreas con pastos mejorados, como algunas especies de Brachiaria, son muy pocas. Estos suelos se destinan principalmente al pastoreo extensivo y carecen de paquetes tecnológicos que aseguren rendimientos elevados en la explotación ganadera. Se gestionan bajo programas de ocupación de potreros con baja o muy baja capacidad de carga, generalmente menor a una res por cada dos hectáreas.

Este uso requiere prácticas de manejo adecuadas, incluyendo la aplicación de fertilizantes y controles fitosanitarios, muchas de las cuales se llevan a cabo en zonas pantanosas durante el verano, cuando el río y los cuerpos de agua han bajado su nivel,

dejando muchas áreas secas. Las características que limitan el uso del suelo a pastoreo extensivo corresponden a la baja productividad de las tierras

***Figura 88. Áreas con uso de pastoreo extensivo***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.5.2 Pastoreo intensivo

Esta categoría se desarrolla en suelos cubiertos principalmente por pastos limpios, con pocas áreas de pastos mejorados. El pastoreo se realiza bajo programas de ocupación de potreros con baja o muy baja capacidad de carga. Este uso requiere prácticas de manejo adecuadas, incluyendo la aplicación de fertilizantes y controles fitosanitarios.

***Figura 89. Áreas con pastoreo intensivo***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.6 Infraestructura

Estas son áreas ocupadas por infraestructura artificial sin predominancia de áreas verdes, y se destinan a actividades comerciales, industriales, deportivas, turísticas y de transporte vial.

***Figura 90. Áreas con infraestructura***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.6.1 Infraestructura y transporte

Este uso abarca las infraestructuras asociadas al sistema eléctrico y a las vías de transporte, incluyendo carreteras principales con sus respectivas características de pavimentación, subestaciones de energía y otras vías, también incluye áreas con zonas industriales y comerciales.

***Figura 91. Áreas con infraestructura vial actual y proyectada***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.6.2 Residencial

Esta categoría abarca los usos del suelo urbano y se refiere a áreas destinadas a actividades industriales y comerciales, así como a espacios para el almacenamiento de alimentos, vías de comunicación y asentamientos residenciales.

***Figura 92. Áreas con uso residencial actual y proyectado***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.7 Minería

Esta categoría se aplica a zonas dedicadas a actividades mineras, y abarca áreas donde se extraen o almacenan materiales relacionados con estas labores.

***Figura 93. Áreas con usos asociados a la minería***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.3.8 Cuerpos de agua naturales

Este uso general se refiere a todos los cuerpos de agua identificados en el mapa de coberturas terrestres incluye el río Negro y sus afluentes además de cuerpos de agua cenagosos o humedales sean naturales o artificiales.

***Figura 94. Áreas cubiertas por cuerpos de agua***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 7.4 Análisis de información secundaria biótica

Como primer insumo para la delimitación de la ronda hídrica del río Negro, se realizó una revisión y análisis de información secundaria proveniente de documentos técnicos de acotamiento de afluentes, estudios ecosistémicos, inventarios florísticos y bases de datos oficiales de biodiversidad. Este ejercicio tuvo un carácter diagnóstico y preliminar, orientado a identificar patrones generales de estructura y funcionalidad de los ecosistemas riparios asociados al sistema hídrico.

### 7.4.1 Rondas hídricas en la zona de vida

Como insumo para la delimitación de la ronda hídrica del río Negro, componente ecosistémico, se analizó información secundaria proveniente de estudios técnicos de afluentes ya delimitados. El análisis se centra en el Índice de Valor de Importancia (IVI) y la altura promedio de las tres especies con mayor representatividad estructural.

#### 7.4.1.1 Quebrada La Cimarronas

En el tramo de la quebrada La Cimarrona correspondiente a la zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB), se registró una clara dominancia de *Croton magdalenensis* (Euphorbiaceae), con un IVI marcadamente superior al resto de especies (189,07 %), lo que evidencia su rol estructural dominante dentro del estrato arbóreo. Esta especie presenta una altura promedio de 8,6 m, lo cual, junto con su alta frecuencia y dominancia, la convierte en un elemento clave en la conformación del dosel ripario, ver Tabla 25.

En segundo lugar, se encuentra *Verbesina arborea* (Asteraceae), con un IVI de 35,04 % y una altura promedio de 8,1 m, aportando principalmente al estrato medio y a la conectividad vertical del bosque. La tercera especie en importancia es *Alnus acuminata* (Betulaceae), con un IVI de 28,61 % y una altura promedio de 8,0 m.

No obstante, es importante resaltar que *Alnus acuminata* corresponde a una especie introducida en la región. Si bien su presencia contribuye a la estructura del bosque y a la protección de las riberas, su inclusión en los valores de IVI debe interpretarse con cautela desde un enfoque de conservación, dado que no representa la vegetación nativa potencial del ecosistema ripario.

El valor promedio de altura H = 8,2 m para esta zona de vida refleja un bosque ripario de porte medio, con predominio de especies pioneras y secundarias tempranas, asociado a condiciones de intervención histórica y dinámica fluvial activa.

En la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), el patrón estructural presenta algunas diferencias relevantes. *Croton magdalenensis* continúa siendo la

especie con mayor IVI (88,67 %). En este caso, alcanza una altura promedio de 10,4 m, indicando un mayor desarrollo estructural.

La segunda especie en importancia es *Nectandra acutifolia* (Lauraceae), con un IVI de 45,19 % y una altura promedio de 9,3 m. Esta especie, típica de bosques andinos bien conservados. En tercer lugar, se registra *Piper* sp. (Piperaceae), con un IVI de 32,1 % y una altura promedio de 7,3 m, representando el estrato bajo y subarbóreo, clave en procesos de regeneración natural.

El valor de H = 9,0 m calculado para esta zona de vida evidencia una mayor complejidad estructural del bosque ripario frente al bh-MB, con un dosel más desarrollado y una composición florística más representativa de ecosistemas nativos andinos.

***Tabla 25. Síntesis estructural de especies dominantes en la ronda hídrica de la quebrada La Cimarronas.***

| Zona de vida | Especie | Familia | Origen | IVI (%) | Altura promedio (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| **bh-MB** | *Croton magdalenensis* | Euphorbiaceae | Nativa | 189,07 | 8,6 |
| **bh-MB** | *Verbesina arborea* | Asteraceae | Nativa | 35,04 | 8,1 |
| **bh-MB** | *Alnus acuminata* | Betulaceae | Introducida | 28,61 | 8,0 |
| **bmh-MB** | *Croton magdalenensis* | Euphorbiaceae | Nativa | 88,67 | 10,4 |
| **bmh-MB** | *Nectandra acutifolia* | Lauraceae | Nativa | 45,19 | 9,3 |
| **bmh-MB** | *Piper sp.* | Piperaceae | Nativa | 32,1 | 7,3 |

***Nota: Información tomada del Documento Técnico Acotamiento Ronda Hídrica Tramo quebrada La Cimarrona – Municipios El Carmen de Viboral, Marinilla y Rionegro* (CORNARE, 2025).**

La dominancia recurrente de *Croton magdalenensis* sugiere que esta especie constituye un indicador funcional de bosques riparios intervenidos del Oriente antioqueño. Sin embargo, la presencia significativa de especies introducidas como *Alnus acuminata* en algunos tramos evidencia procesos de transformación antrópica que deben ser diferenciados de la vegetación nativa potencial al momento de definir criterios de conservación y restauración.

#### 7.4.1.2 Quebrada La Mosca

Se revisaron los resultados del estudio ecosistémico desarrollado en la cuenca de la quebrada La Mosca, con énfasis en el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies arbóreas y en la estructura vertical del bosque ripario, representada por la altura promedio de los fustales (DAP ≥ 2,5 cm), ver *Tabla 26*.

El IVI para las nueve especies con mayores valores en la quebrada La Mosca evidencia un bosque ripario con alta dominancia de pocas especies, característica común en sistemas intervenidos o en procesos de sucesión secundaria temprana.

Las especies con mayor IVI corresponden principalmente a *Piper cabellense* e *Piper aduncum*, ambas pertenecientes a la familia Piperaceae, las cuales presentan valores de IVI notablemente superiores al resto del conjunto florístico. Este patrón sugiere una fuerte participación del estrato bajo y subarbóreo. Otras especies como *Weinmannia pubescens* y *Geissanthus occidentalis* presentan valores intermedios de IVI, indicando su aporte al estrato arbóreo medio y su rol en la consolidación estructural del bosque. En contraste, especies como *Pinus patula* y *Salix babylonica*, ambas introducidas, registran valores bajos de IVI, reflejando una presencia puntual pero significativa desde el punto de vista de intervención humana en la franja riparia.

***Tabla 26. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la ronda hídrica de la quebrada La Mosca.***

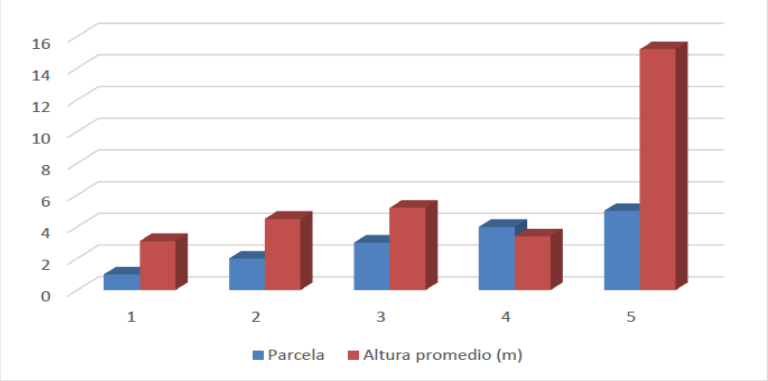
| Especie | Familia | Origen | IVI |
|---|---|---|---|
| ***Piper cabellense*** | Piperaceae | Nativa | 2,98 |
| ***Piper aduncum*** | Piperaceae | Nativa | 2,15 |
| ***Weinmannia pubescens*** | Cunoniaceae | Nativa | 1,35 |
| ***Geissanthus occidentalis*** | Primulaceae | Nativa | 1,24 |
| ***Critoniopsis popayanensis*** | Asteraceae | Nativa | 0,85 |
| ***Tibouchina lepidota*** | Melastomataceae | Nativa | 0,85 |
| ***Salix babylonica*** | Salicaceae | Introducida | 0,41 |
| ***Pinus patula*** | Pinaceae | Introducida | 0,35 |

***Nota: Información tomada del Documento Técnico Delimitación de la Ronda Hídrica de la quebrada La Mosca (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2021).***

El análisis de la altura promedio de las 3 especies con mayor IVI por parcela de muestreo (50 m²), muestra una alta variabilidad estructural entre parcelas, con valores que oscilan aproximadamente entre 3,5 m y 16 m. Esta heterogeneidad refleja diferencias en el grado de intervención, edad del bosque y procesos de regeneración local, ver *Figura 95*.

Este patrón confirma que la quebrada La Mosca presenta un bosque ripario estructuralmente fragmentado, con sectores de bajo porte y otros con mayor desarrollo vertical, lo cual incide directamente en la capacidad de la vegetación para cumplir funciones ecosistémicas.

***Figura 95. Altura promedio de las 3 especie con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm) en parcelas de muestreo (50 m²) en la ronda hídrica de la quebrada La Mosca.***




***Nota: Imagen tomada del Documento Técnico Delimitación de la Ronda Hídrica de la quebrada La Mosca (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2021).***

### 7.4.1.3 Quebrada La Pereira

Según los resultados del Documento Técnico de Acotación de la ronda hídrica de la quebrada La Pereira, analizando el inventario de la flora representada por la altura promedio de los fustales (DAP ≥ 2,5 cm), evidencia que el IVI de las nueve especies con mayores valores presentan un patrón de dominancia moderada, sin una dominancia marcada como la observada en otros afluentes. La especie con mayor IVI corresponde a *Ilex nervosa*, la cual presenta el valor más alto dentro del conjunto analizado, evidenciando su rol como especie estructural dominante en el bosque ripario de este afluente, ver *Tabla 27*.

Otras especies relevantes por su IVI incluyen *Besleria solanoides*, *Piper cabellense*, *Toxicodendron striatum* y *Croton magdalenensis*, las cuales aportan principalmente al estrato bajo y medio del bosque, contribuyendo a la complejidad estructural y a los procesos de regeneración natural. La presencia de *Croton magdalenensis* refuerza su carácter de especie frecuente en ecosistemas riparios del Oriente antioqueño, aunque en este caso sin alcanzar valores de dominancia extrema.

Se destaca la presencia de *Eucalyptus globulus*, especie introducida, dentro del grupo de especies con IVI relevante, lo cual evidencia procesos de intervención antrópica histórica en la franja riparia. No obstante, su IVI es inferior al de las especies nativas dominantes, indicando que, si bien está presente, no define estructuralmente el bosque.

En conjunto, el patrón de IVI sugiere un bosque ripario secundario intermedio, con una composición florística más diversa y menos simplificada que la observada en la quebrada La Mosca.

***Tabla 27. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la ronda hídrica de la quebrada La Pereira.***

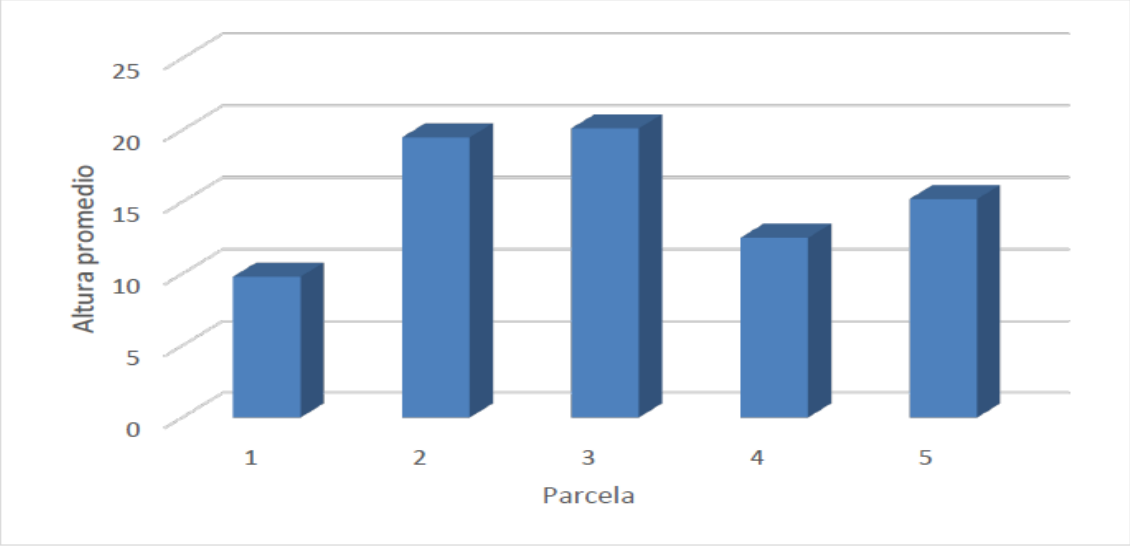
| Especie | Familia | Origen | IVI |
|---|---|---|---|
| ***Ilex nervosa*** | Aquifoliaceae | Nativa | 1,15 |
| ***Besleria solanoides*** | Gesneriaceae | Nativa | 0,85 |
| ***Piper cabellense*** | Piperaceae | Nativa | 0,76 |
| ***Croton magdalenensis*** | Euphorbiaceae | Nativa | 0,57 |
| ***Toxicodendron striatum*** | Anacardiaceae | Nativa | 0,72 |
| ***Gaultheria buxifolia*** | Ericaceae | Nativa | 0,32 |
| ***Brugmansia candida*** | Solanaceae | Nativa | 0,34 |
| ***Piper cf. crassinervium*** | Piperaceae | Nativa | 0,30 |
| ***Eucalyptus globulus*** | Myrtaceae | Introducida | 0,37 |

***Nota: Información tomada del Documento Técnico Delimitación de la Ronda Hídrica de la quebrada La Pereira (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2021).***

Las tres especies con mayor IVI alcanzan alturas promedio elevadas, con valores que oscilan aproximadamente entre 9 m y 19 m, lo que indica un porte arbóreo alto de la vegetación dominante en la franja riparia. Este comportamiento sugiere que las especies estructuralmente más importantes del bosque no corresponden a formas arbustivas o pioneras de bajo porte, sino a elementos arbóreos consolidados que conforman el dosel, ver *Figura 96*.

En conjunto, la altura promedio de las especies con mayor IVI indica que la quebrada La Pereira presenta un bosque ripario con estructura vertical bien desarrollada, característico de sistemas secundarios intermedios a avanzados, con una capacidad funcional elevada para la protección del sistema hídrico. Este patrón contrasta con afluentes más intervenidos, donde las especies dominantes suelen presentar portes más bajos y una menor contribución al dosel.

***Figura 96. Altura promedio de las 3 especie con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm) en parcelas de muestreo (50 m²) en la ronda hídrica de la quebrada La Pereira.***




***Nota: Imagen tomada del Documento Técnico Delimitación de la Ronda Hídrica de la quebrada La Pereira (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2021).***

### 7.4.1.4 Quebrada La Agudelo

La gráfica de IVI para las nueve especies con mayores valores en la quebrada Agudelo evidencia un patrón de dominancia marcado, concentrado en pocas especies. Destaca de manera sobresaliente *Eucalyptus camaldulensis*, especie introducida, la cual presenta el mayor IVI dentro del conjunto analizado, asociado principalmente a altos valores de dominancia relativa. Este resultado indica un control estructural significativo del bosque ripario por una especie exótica, reflejo de procesos históricos de intervención y plantación, *Tabla 28*.

En segundo nivel de importancia se encuentra *Cecropia peltata*, especie nativa pionera, con un IVI elevado sustentado en una alta frecuencia relativa, lo que sugiere una amplia distribución a lo largo de la franja riparia. Esta especie cumple un rol relevante en procesos de colonización temprana y recuperación de áreas perturbadas.

Otras especies como *Miconia caudata*, *Tibouchina lepidota* y *Ochroma pyramidale* presentan valores intermedios de IVI, aportando principalmente al estrato medio del bosque y a la complejidad estructural. El conjunto florístico refleja un bosque ripario intervenido, con coexistencia de especies pioneras nativas y especies introducidas con alta dominancia estructural.

***Tabla 28. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la ronda hídrica de la quebrada La Agudelo.***

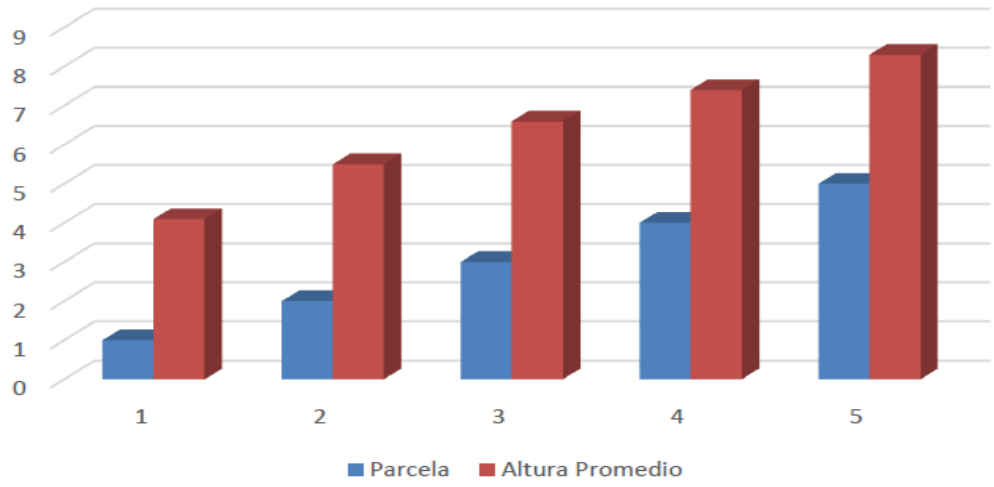
| Especie | Familia | Origen | IVI |
|---|---|---|---|
| ***Eucalyptus camaldulensis*** | Myrtaceae | Introducida | 0,53 |
| ***Cecropia peltata*** | Urticaceae | Nativa | 0,15 |
| ***Miconia caudata*** | Melastomataceae | Nativa | 0,19 |
| ***Tibouchina lepidota*** | Melastomataceae | Nativa | 0,04 |
| ***Ochroma pyramidale*** | Malvaceae | Nativa | 0,07 |
| ***Persea sp.*** | Lauraceae | Nativa | 0,07 |
| ***Cyathea sp.*** | Cyatheaceae | Nativa | 0,06 |
| ***Hedyosmum racemosum*** | Chloranthaceae | Nativa | 0,04 |
| ***Toxicodendron striatum*** | Anacardiaceae | Nativa | 0,06 |

***Nota: Información tomada del Documento Técnico Delimitación de la Ronda Hídrica de la quebrada La Agudelo (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2022).***

La gráfica de altura promedio corresponde a las tres especies con mayor IVI registradas en la quebrada Agudelo (*Eucalyptus camaldulensis, Miconia caudata y Cecropia peltata*), por lo que la interpretación se centra en la estructura vertical definida por las especies dominantes del bosque ripario. Los valores de altura promedio muestran una tendencia creciente entre parcelas, con rangos aproximados entre 4 m y cerca de 9 m. Este patrón indica que, si bien las especies dominantes presentan un porte bajo a medio, existe una variabilidad estructural a lo largo del cauce. Las alturas relativamente moderadas de las especies con mayor IVI sugieren que el bosque ripario dominante no alcanza un dosel alto y continuo, ver *Figura 97*.

La dominancia de especies pioneras y de una especie introducida de rápido crecimiento, como *Eucalyptus camaldulensis*, refuerza la interpretación de un bosque ripario en estado sucesional temprano a intermedio, con una estructura vertical simplificada frente a afluentes con mayor grado de conservación.

***Figura 97. Altura promedio de las 3 especie con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm) en parcelas de muestreo (50 m²) en la ronda hídrica de la quebrada La Agudelo.***




***Nota: Imagen tomada del Documento Técnico Delimitación de la Ronda Hídrica de la quebrada La Agudelo (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2022).***

#### 7.4.1.5 Río Pantanillo

Para el río Pantanillo, el análisis se realizó con énfasis en el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies arbóreas y en la estructura vertical del bosque ripario, representada por la altura promedio de las tres especies con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm). La gráfica de IVI correspondiente a las 14 especies con los valores más altos evidencia un patrón de dominancia fuertemente marcado, liderado por *Cecropia angustifolia*, la cual presenta un IVI significativamente superior al del resto de las especies. Este comportamiento refleja su alta frecuencia a lo largo de la franja riparia, condición típica de especies pioneras asociadas a bosques secundarios en estados tempranos a intermedios de sucesión ecológica, ver *Tabla 29*.

En un segundo nivel de importancia se encuentran especies nativas como *Cyathea* sp., *Tibouchina lepidota*, *Cavendishia pubescens*, *Vismia baccifera*, *Vismia guianensis* y *Weinmannia pubescens*, las cuales aportan de manera significativa al estrato bajo y medio del bosque, incrementando la complejidad estructural y la heterogeneidad del sotobosque.

Se registra igualmente la presencia de *Eucalyptus camaldulensis*, especie introducida, con un IVI intermedio, lo que evidencia procesos históricos de intervención antrópica en algunos sectores de la ronda hídrica. No obstante, su valor de IVI es considerablemente

inferior al de la especie dominante, lo que indica que no ejerce un control estructural absoluto sobre el bosque ripario.

***Tabla 29. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la ronda hídrica del río Pantanillo.***

| Especie | Familia | Origen | IVI |
|---|---|---|---|
| ***Cecropia angustifolia*** | Urticaceae | Nativa | 13,8 |
| ***Cyathea sp.*** | Cyatheaceae | Nativa | 5,2 |
| ***Tibouchina lepidota*** | Melastomataceae | Nativa | 4,1 |
| ***Cavendishia pubescens*** | Ericaceae | Nativa | 4,1 |
| ***Cavendishia bracteata*** | Ericaceae | Nativa | 3,5 |
| ***Weinmannia pubescens*** | Cunoniaceae | Nativa | 3,4 |
| ***Vismia guianensis*** | Hypericaceae | Nativa | 3,6 |
| ***Vismia baccifera*** | Hypericaceae | Nativa | 3,8 |
| ***Miconia caudata*** | Melastomataceae | Nativa | 2,0 |
| ***Croton magdalenensis*** | Euphorbiaceae | Nativa | 2,2 |
| ***Cinchona pubescens*** | Rubiaceae | Nativa | 2,8 |
| ***Eucalyptus camaldulensis*** | Myrtaceae | Introducida | 2,5 |
| ***Hedyosmum racemosum*** | Chloranthaceae | Nativa | 2,0 |
| ***Saurauia stapfiana*** | Actinidiaceae | Nativa | 1,8 |

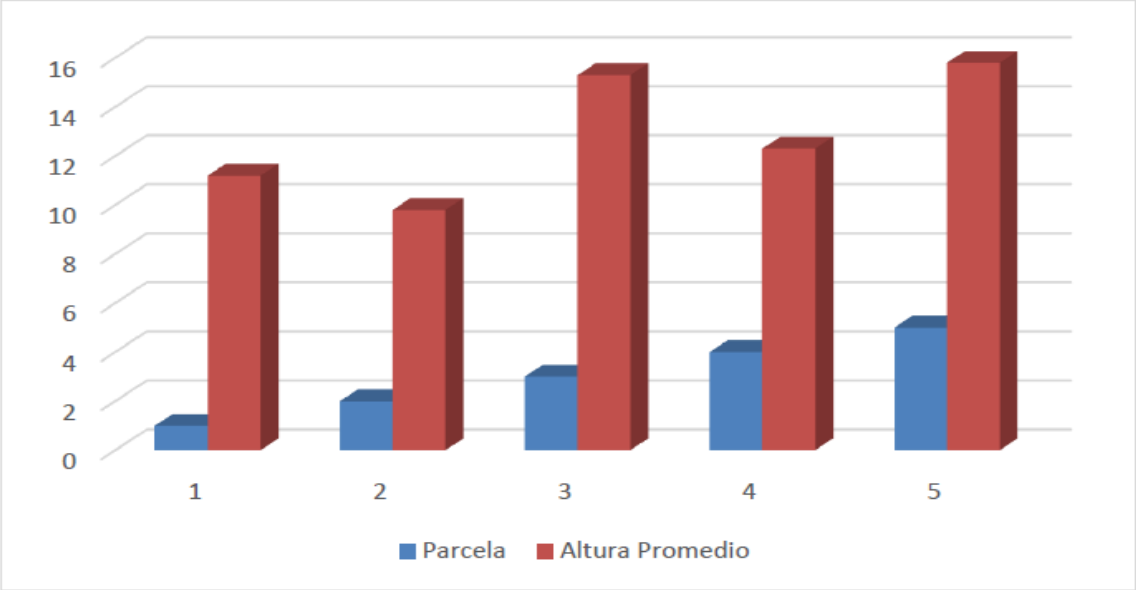
***Nota: Información tomada del Documento Técnico Delimitación de la Ronda Hídrica del río Pantanillo (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2022).***

La gráfica de altura promedio corresponde a las tres especies con mayor IVI registradas en la quebrada Pantanillo, por lo que su interpretación se centra en la estructura vertical definida por las especies dominantes del bosque ripario. Los valores de altura promedio muestran un rango aproximado entre 10 m y 16 m, con variaciones entre parcelas que evidencian diferencias locales en el desarrollo de los individuos dominantes, ver *Figura 98*.

Las alturas registradas indican que las especies con mayor IVI alcanzan un porte arbóreo medio, suficiente para conformar un dosel funcional. La presencia de parcelas con alturas promedio superiores a 15 m sugiere sectores con mayor tiempo de recuperación o menor nivel de intervención reciente.

Este patrón contrasta con afluentes donde las especies dominantes presentan portes bajos, y posiciona a la quebrada Pantanillo como un sistema con estructura vertical más desarrollada y funcional, a pesar de la dominancia de una especie pionera.

***Figura 98. Altura promedio de las 3 especie con mayor IVI (DAP ≥ 2,5 cm) en parcelas de muestreo (50 m²) en la ronda hídrica del río Pantanillo.***




***Nota: Imagen tomada del Documento Técnico Delimitación de la Ronda Hídrica del río Pantanillo (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 2022).***

### 7.4.2 Flora y fauna reportada en el área de interés

Las especies de flora y fauna reportadas para los municipios de Rionegro y Marinilla fueron analizadas a partir de información secundaria incluyendo bases de datos de biodiversidad y plataformas de consulta taxonómica y de ciencia ciudadana, tales como el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB Colombia), Tropicos (Missouri Botanical Garden) e iNaturalist. Los registros fueron utilizados con el fin de aportar insumos ecológicos para las medidas de manejo de la ronda hídrica del río Negro. Este análisis pone especial énfasis en las especies endémicas, entendidas como aquellas cuya distribución geográfica es restringida, lo que las hace particularmente raras, vulnerables y sensibles a los procesos de transformación del territorio.

Las especies endémicas cumplen un papel clave en la funcionalidad de los ecosistemas, ya que suelen estar estrechamente asociadas a condiciones ambientales específicas y, por tanto, actúan como indicadores ecológicos del estado de conservación de los sistemas naturales. Su presencia en el área de estudio resalta la importancia ecológica de los ecosistemas ribereños y refuerza la necesidad de su protección y rehabilitación dentro de la ronda hídrica.

Estas especies son claves en los ecosistemas y al mismo tiempo sirven como indicador de muchos de ellos. Adicionalmente, se mencionan las especies amenazadas, destacando aquellas que se encuentran en peligro o en peligro crítico, como una necesidad urgente de acciones para su conservación.

#### 7.4.2.1 Flora

Se recopiló la información de la flora presente o detectada hasta la fecha, haciendo especial énfasis en las especies que presentan algún grado de endemismo, que están amenazadas o que están reportadas en el CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

Para los municipios de Rionegro y Marinilla se han reportado un total de 65 órdenes, 179 familias y 769 especies de plantas. Dentro de estas se encuentran 9 especies endémicas, 13 especies en alguna categoría de amenaza y 9 especies reportadas en CITES. Cabe anotar, que dentro de la composición florística se encuentran reportadas diversas especies de plantas que son introducidas y algunas de ellas invasoras, como lo son el eucalipto (9 especies reportadas), el pino (2) y la acacia (3), los pastos asociados a la ganadería (i.e. *Cenchrus clandestinus*, *Holcus lanatus*, *Axonopus compressus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cynodon nlemfuensis*, etc.), algunas trepadoras como el ojo de poeta (*Thunbergia alata*) y arbustos como el retamo espinoso (*Ulex europeaus*). Así mismo, se reportan múltiples especies que son empleadas en agricultura para el consumo humano, ver *Tabla 30*.

***Tabla 30. Composición taxonómica de especies endémicas y de alta importancia ecológica.***

| Familia | Especie | Nombre común | Endemismo |
|---|---|---|---|
| **Melastomataceae** | *Blakea princeps* | SN | Endémica |
| **Melastomataceae** | *Blakea quadrangularis* | SN | Endémica |
| **Orchidaceae** | *Cattleya warscewiczii* | Orquídea | Endémica |
| **Meliaceae** | *Cedrela montana* | Cedro | Nativo |
| **Clusiaceae** | *Clusia alata* | Chagualo | Endémica |
| **Orchidaceae** | *Dracula trichroma* | Orquídea | Nativa |
| **Orchidaceae** | *Epidendrum blepharistes* | Orquídea | Nativa |
| **Orchidaceae** | *Epidendrum cylindrostachys* | Orquídea | Nativa |
| **Orchidaceae** | *Epidendrum elongatum* | Orquídea | Nativa |
| **Orchidaceae** | *Epidendrum fimbriatum* | Orquídea | Nativa |
| **Orchidaceae** | *Eschweilera antioquensis* | Orquídea | Nativa |
| **Ochnaceae** | *Godoya antioquensis* | Caunce | Endémica |
| **Melastomataceae** | *Graffenrieda grandifolia* | SN | Endémica |
| **Juglandaceae** | *Juglans neotropica* | Nogal | Nativa |
| **Magnoliaceae** | *Magnolia espinalii* | SN | Endémica |
| **Melastomataceae** | *Meriania nobilis* | SN | Endémica |
| **Chrysobalanaceae** | *Moquilea salicifolia* | Árbol raro | Endémica |
| **Podocarpaceae** | *Podocarpus oleifolius* | Pino chaquiro | Nativa |
| **Fagaceae** | *Quercus humboldtii* | Roble | Nativa |

| Familia | Especie | Nombre común | Endemismo |
|---|---|---|---|
| **Podocarpaceae** | *Retrophyllum rospigliosii* | Pino romerón | Nativa |
| **Zamiaceae** | *Zamia manicata* | SN | Nativa |
| **Arecaceae** | *Ceroxylon quindiuense* | Palma de cera del Quindío | Nativa |

***Nota: Registros de especies de flora endémicas o de alta importancia ecológica reportadas en diferentes bases de datos (SIB Colombia, 2025; Missouri Botanical Garden, 2025; iNaturalist, 2025).***

Los bosques más conservados de este territorio se caracterizan por su gran diversidad y endemismo. Presentan un alto número de especies de epífitas, en especial de las familias Orquidaceae y Bromeliaceae, así mismo, presentan un dosel de alrededor de 12 m, con árboles cuyas familias de plantas más representativas son: Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae.

La conservación de los grupos mencionados radica en las dinámicas ecológicas que estos generan en los ecosistemas. Las epífitas, por ejemplo, generan nichos y alimento que son aprovechados por otros grupos bióticos (anfibios, artrópodos, aves, entre otros). Por su parte, los árboles de las familias mencionadas, al ser las que presentan mayor riqueza, son el hábitat de dichas epífitas, pero adicionalmente, sostienen los estratos del ecosistema como el sotobosque y el dosel, ver *Tabla 31*.

***Tabla 31. Especies reportadas en alguna categoría de amenaza o en CITES***

| Familia | Especie | IUCN | Libro rojo | Resolución 1912 de 2017 | CITES |
|---|---|---|---|---|---|
| **Melastomataceae** | *Blakea princeps* | Casi Amenazada (NT) | - | - | - |
| **Orquidaceae** | *Cattleya warscewiczii* | VU | - | - | II |
| **Meliaceae** | *Cedrela montana* | Casi amenazada | Casi amenazada | - | II |
| **Orchidaceae** | *Comparettia falcata* | LC | - | - | II |
| **Orchidaceae** | *Dracula trichroma* | Casi amenazada | Casi amenazada | - | II |
| **Orchidaceae** | *Epidendrum blepharistes* | NE | - | - | II |
| **Orchidaceae** | *Epidendrum cylindrostachys* | NE | - | - | II |
| **Orchidaceae** | *Epidendrum elongatum* | NE | - | - | II |
| **Orchidaceae** | *Epidendrum fimbriatum* | LC | - | - | II |
| **Orchidaceae** | *Eschweilera antioquensis* | LC | - | - | II |
| **Melastomataceae** | *Graffenrieda grandifolia* | Casi amenazada | - | - | - |

| Familia | Especie | IUCN | Libro rojo | Resolución 1912 de 2017 | CITES |
|---|---|---|---|---|---|
| **Juglandaceae** | *Juglans neotropica* | En peligro | En peligro | En peligro | - |
| **Magnoliaceae** | *Magnolia espinalii* | En peligro crítico | - | En peligro crítico | - |
| **Chrysobalanaceae** | *Licania salicifolia* | En peligro crítico | - | En peligro crítico | - |
| **Podocarpaceae** | *Podocarpus oleifolius* | Vulnerable | Casi amenazado | Vulnerable | - |
| **Fagaceaae** | *Quercus humboldtii* | Vulnerable | Vulnerable | Vulnerable | - |
| **Podocarpaceae** | *Retrophyllum rospigliosii* | Casi amenazada | Casi amenazado | - | - |
| **Zamiaceae** | *Zamia manicata* | En peligro | En peligro | En peligro | II |
| **Arecaceae** | *Ceroxylon quindiuense* | En peligro | En peligro | En peligro | - |

***Nota: Registros de especies de flora amenazas o reportadas en el CITES (SIB Colombia, 2025; Missouri Botanical Garden, 2025; iNaturalist, 2025).***

Aunque los municipios presentan grandes alteraciones en sus bosques nativos, aún hay presencia en el territorio de especies en estado de amenaza. Algunas de estas, son individuos remanentes que se encuentran fuera del bosque nativo y otras han sido plantadas de manera ornamental o en proyectos de restauración.

### 7.4.2.2 Avifauna

Se han reportado un total de 22 órdenes, 59 familias y 380 especies de aves. Dentro de estas se encuentran 5 especies endémicas, 3 casi endémicas, 4 en alguna categoría de amenaza y 49 reportadas en CITES. Adicionalmente, se han documentado un total de 62 especies migratorias, ver Tabla 33.

***Tabla 32. Composición taxonómica de especies de avifauna endémicas y de alta importancia ecológica reportadas.***

| Orden | Familia | Especie | Nombre Común | Endemismo |
|---|---|---|---|---|
| **Galliformes** | Cracidae | *Ortalis columbiana* | Guacharaca, Chachalaca | Endémica |
| **Passeriformes** | Icteridae | *Hypopyrrhus pyrohypogaster* | Cacique candela | Endémica |
| **Galliformes** | Odontophoridae | *Odontophorus hyperythrus* | Perdiz colorada | Endémica |
| **Gruiformes** | Rallidae | *Pardirallus nigricans* | Gallineta negruzca | Endémica |
| **Passeriformes** | Rhinocryptidae | *Scytalopus stilesi* | Tapaculo | Endémica |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Myioborus ornatus* | Candelita copetiamarilla | Casi endémica |
| **Apodiformes** | Trochilidae | *Chlorostilbon melanorhynchus* | Esmeralda occidental | Casi endémica |

| Orden | Familia | Especie | Nombre Común | Endemismo |
|---|---|---|---|---|
| **Passeriformes** | Thraupidae | *Stilpnia vitriolina* | Tángara rastrojera | Casi endémica |

***Nota: Registros de especies de aves endémicas o de alta importancia ecológica reportadas en diferentes bases de datos (SIB Colombia, 2025; iNaturalist, 2025).***

Dentro de las especies de aves reportadas, se registra una alta cantidad de especies asociadas a áreas abiertas o intervenidas, adaptadas a zonas urbanas o semiurbanas; es el caso de las especies *Zonotrichia capensis* (Copetón), *Sicalis flaveola* (Canario común), *Thraupis episcopus* (Azulejo), *Sayornis nigricans* (Papamoscas negro), *Tyrannus melancholicus* (Sirirí), *Turdus ignobilis* (Mayo), *Turdus fuscater* (Mirla), *Quiscalus lugubris* (Tordo llanero), Molothrus bonariensis (Chamón), *Notiochelidon cyanoleuca* (Golondrina), *Bubulcus ibis* (Garza bueyera), entre otras, Tabla 33.

En cuanto a las especies de aves asociadas a ambientes acuáticos como los humedales se destaca la garza *Egretta thula*, la garza real *Ardea alba*, seguida de la tingua azul *Porphyrio martinica,* el cormorán neotropical *Phalacrocorax brasilianus* y diversas especies de patos como el pato careto *Dendrocygna viduata*, la iguaza María *Dendrocygna bicolor*, la iguaza común *Dendrocygna autumnalis* y la cerceta aliazul migratoria *Spatula discors*.

***Tabla 33. Especies de avifauna reportadas en alguna categoría de amenaza***

| Familia | Especie | IUCN | Libro Rojo |
|---|---|---|---|
| **Columbidae** | *Patagioenas subvinacea* | Vulnerable | - |
| **Anatidae** | *Spatula cyanoptera* | En peligro | Amenazado |
| **Icteridae** | *Hypopyrrhus pyrohypogaster* | En peligro | Vulnerable |
| **Odontophoridae** | *Odontophorus hyperythrus* | Casi amenazada | - |

***Nota: Registros de especies de aves amenazas (SIB Colombia, 2025; iNaturalist, 2025).***

Muchas de las especies de aves reportadas tienen relación con el medio acuático, donde el río Negro y los humedales asociados a él, cumplen un papel fundamental en la temporada de reproducción, anidación, alimentación y sitio de refugio para especies migratorias. De las 380 especies de aves reportadas, aproximadamente 115 están asociadas a este tipo de ambientes, lo que corresponde casi al 30% del total de las aves, contando con 17 especies migratorias provenientes del hemisferio norte, del hemisferio sur y de migraciones locales.

Dentro de las especies de aves endémicas reportadas se encuentra la Guacharaca o Chachalaca Colombiana (*Ortalis columbiana*), cuya importancia radica en que es un excelente dispersor de frutos y semillas, lo que contribuye a la regeneración natural de los bosques presentes en la región. Es un ave muy carismática que en tiempos anteriores fue muy apetecida por su carne, sin embargo, esta especie actualmente no se caza con tanta regularidad y sus poblaciones han mejorado considerablemente. Por otro lado, se encuentra el cacique candela (*Hypopyrrhus pyrohypogaster*), el cual se

caracteriza por ser de color negro con un vistoso color rojo en su pecho. Es un ave que generalmente se observa en pareja o en grupos y está altamente amenazada por la expansión de la frontera urbana, ganadera y agrícola. Adicionalmente, los proyectos mineros han generado fragmentación del hábitat de esta especie, lo que la hace muy vulnerable, al encontrarse únicamente en los Andes Colombianos.

Dentro de las especies migratorias reportadas se destacan las especies *Vireo olivaceus* y *Notiochelidon cyanoleuca* con migración austral, *Spatula discors*, *Coccyzus americanus*, *Actitis macularius*, *Tringa solitaria*, *Egretta caerulea*, *Pandion haliaetus*, *Contopus virens*, *Hirundo rustica*, *Parkesia noveboracensis*, *Setophaga petechia*, *Piranga rubra*, *Cathartes aura*, *Coccyzus americanus*, *Mniotilta varia*, *Buteo platypterus* y *Setophaga fusca* con migración boreal, ver Tabla 34.

Cabe resaltar que algunos de estos reportes es necesario corroborarlos, porque puede ser posible que algunas especies hayan desaparecido en el territorio debido a las múltiples amenazas a las que se enfrentan.

***Tabla 34. Especies migratorias reportadas.***

| Orden | Familia | Especie | Tipo De Migración |
|---|---|---|---|
| **Charadriiformes** | Scolopacidae | *Actitis macularius* | Latitudinal |
| **Apodiformes** | Trochilidae | *Adelomyia melanogenys* | Altitudinal |
| **Anseriformes** | Anatidae | *Anas clypeata* | Latitudinal |
| **Anseriformes** | Anatidae | *Anas cyanoptera* | Latitudinal |
| **Anseriformes** | Anatidae | *Anas discors* | Latitudinal |
| **Anseriformes** | Anatidae | *Anas flavirostris* | Latitudinal |
| **Pelecaniformes** | Ardeidae | *Ardea herodias* | Latitudinal |
| **Accipitriformes** | Accipitridae | *Buteo albicaudatus* | Latitudinal |
| **Accipitriformes** | Accipitridae | *Buteo brachyurus* | Latitudinal |
| **Accipitriformes** | Accipitridae | *Buteo platypterus* | Latitudinal |
| **Accipitriformes** | Accipitridae | *Buteo polyosoma* | Latitudinal |
| **Accipitriformes** | Accipitridae | *Buteo swainsoni* | Latitudinal |
| **Charadriiformes** | Scolopacidae | *Calidris melanotos* | Latitudinal |
| **Charadriiformes** | Scolopacidae | *Calidris minutilla* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Cardellina canadensis* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Turdidae | *Catharus minimus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Turdidae | *Catharus ustulatus* | Latitudinal |
| **Apodiformes** | Apodidae | *Chaetura pelagica* | Latitudinal |
| **Charadriiformes** | Charadriidae | *Charadrius vociferus* | Latitudinal |

| Orden | Familia | Especie | Tipo De Migración |
|---|---|---|---|
| **Caprimulgiformes** | Caprimulgidae | *Chordeiles minor* | Latitudinal |
| **Cuculiformes** | Cuculidae | *Coccyzus americanus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Contopus cooperi* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Contopus sordidulus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Contopus virens* | Latitudinal |
| **Pelecaniformes** | Ardeidae | *Egretta caerulea* | Latitudinal |
| **Pelecaniformes** | Ardeidae | *Egretta tricolor* | Latitudinal |
| **Accipitriformes** | Accipitridae | *Elanoides forficatus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Empidonax virescens* | Latitudinal |
| **Falconiformes** | Falconidao | *Falco columbarius* | Latitudinal |
| **Falconiformes** | Falconidao | *Falco peregrinus* | Latitudinal |
| **Gruiformes** | Rallidae | *Fulica americana* | Latitudinal |
| **Charadriiformes** | Scolopacidae | *Gallinago delicata* | Latitudinal |
| **Gruiformes** | Rallidae | *Gallinula chloropus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Geothlypis philadelphia* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Hirundinidae | *Hirundo rustica* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Icteridae | *Icterus galbula* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Icteridae | *Icterus spurius* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Knipolegus poecilocercus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Leiothlypis peregrina* | Latitudinal |
| **Piciformes** | Picidae | *Leuconotopicus fumigatus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Estrildidae | *Lonchura atricapilla* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Mniotilta varia* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Myiarchus crinitus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Myiodynastes luteiventris* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Myiodynastes maculatus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Myiothlypis coronata* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Hirundinidae | *Notiochelidon cyanoleuca* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Hirundinidae | *Notiochelidon murina* | Latitudinal |
| **Accipitriformes** | Pandionidae | *Pandion haliaetus* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Parkesia noveboracensis* | Latitudinal |
| **Apodiformes** | Trochilidae | *Phaethornis guy* | Altitudinal |

| Orden | Familia | Especie | Tipo De Migración |
|---|---|---|---|
| **Passeriformes** | Cardinalidae | *Pheucticus ludovicianus* | Latitudinal |
| **Cuculiformes** | Cuculidae | *Piaya minuta* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Cardinalidae | *Piranga olivacea* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Cardinalidae | *Piranga rubra* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Hirundinidae | *Progne chalybea* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Protonotaria citrea* | Latitudinal |
| **Apodiformes** | Trochilidae | *Schistes albogularis* | Altitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Setophaga castanea* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Setophaga fusca* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Setophaga petechia* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Setophaga pitiayumi* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Setophaga ruticilla* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Parulidae | *Setophaga striata* | Latitudinal |
| **Charadriiformes** | Scolopacidae | *Tringa flavipes* | Latitudinal |
| **Charadriiformes** | Scolopacidae | *Tringa melanoleuca* | Latitudinal |
| **Charadriiformes** | Scolopacidae | *Tringa solitaria* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Tyrannidae | *Tyrannus dominicensis* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Vireonidae | *Vireo leucophrys* | Latitudinal |
| **Passeriformes** | Vireonidae | *Vireo olivaceus* | Latitudinal |

***Nota: Registros de especies de aves migratorias (SIB Colombia, 2025; iNaturalist, 2025).***

#### 7.4.2.3 Mastofauna

Se han reportado un total de 7 órdenes, 9 familias y 13 especies de mamíferos silvestres. Dentro de estos se encuentra 1 especie endémica, 2 casi endémicas, 4 en alguna categoría de amenaza y 6 especies reportadas en CITES. En los municipios de Rionegro y Marinilla se ha observado últimamente familias de nutrias (Lontra longicaudis) a los largo del río Negro y algunos de sus humedales. Adicionalmente, el zorro perro (Cerdocyon thous) ha sido observado de manera frecuente, donde también se encuentra vulnerable a causa de los atropellamientos y las nuevas vías que se han creado, ver Tabla 35.

***Tabla 35. Composición taxonómica de especies de mastofauna endémicas y de alta importancia ecológica reportadas.***

| Orden | Familia | Especie | Nombre Común | Endemismo |
|---|---|---|---|---|
| **Chiroptera** | Phyllostomidae | *Carollia brevicaudum* | Murciélago cola corta sedosa | Nativo |
| **Chiroptera** | Phyllostomidae | *Carollia perspicillata* | Murciélago cola corta | Nativo |
| **Didelphimorfia** | Didelphidae | *Didelphis marsupialis* | Chucha orejinegra | Nativa |
| **Didelphimorfia** | Didelphidae | *Didelphis pernigra* | Chucha orejiblanca | Nativa |
| **Rodentia** | Erethizontidae | *Coendou rufescens* | Puerco espín de cola corta | Casi endémico |
| **Carnivora** | Mustelidae | *Eira barbara* | Taira | Nativa |
| **Carnivora** | Felidae | *Leopardus tigrinus* | Tigrillo lanudo | Nativo |
| **Carnivora** | Mustelidae | *Lontra longicaudis* | Nutria | Nativa |
| **Primates** | Callitrichidae | *Saguinus leucopus* | Tití gris | Endémico |
| **Sciuromorfa** | Sciuridae | *Notosciurus granatensis* | Ardilla cola roja | Nativa |
| **Sciuromorfa** | Sciuridae | *Sciurus pucheranii* | Ardilla andina | Nativa |
| **Cingulata** | Dasypodidae | *Dasypus novemcinctus* | Armadillo de nueve bandas | Casi endémico |
| **Carnivora** | Canidae | *Cerdocyon thous* | Zorro Perro | Nativo |
| **Carnivora** | Procyonidae | *Bassaricyon neblina* | Olinguito | Nativo |
| **Carnivora** | Mustelidae | *Neogale frenata* | Comadreja | Nativo |

***Nota: Registros de especies de mastofauna endémicas y de importancia ecológica (SIB Colombia, 2025; iNaturalist, 2025).***

Se cuenta actualmente con un importante número de mamíferos reportados a pesar de que la mayoría de los bosques se han perdido. Los constantes reportes de la nutria andina asociada al río Negro resalta la importancia del cuidado y recuperación de esta fuente hídrica, así como los humedales que están asociados a ella. Por otro lado, se ha reportado el Tigrillo lanudo (*Leopardus tigrinus*), el zorro perro (*Cerdocyon thous*) y la Taira (*Eira barbara*), algunos de ellos en zonas semiurbanas y urbanas. Lo anterior ha generado amenazas ya que son víctimas de atropellamiento, ver *Tabla 36*.

Por otro lado, se reportan especies que se ven más comúnmente en la zona urbana como lo es la ardilla de cola roja (*Notosciurus granatensis*) y la zarigüeya común (*Didelphis marsupialis*). Finalmente, se destacan algunas especies de murciélagos y otros mamíferos que se encuentran en zonas boscosas.

***Tabla 36. Especies de mastofauna reportadas en alguna categoría de amenaza***

| Familia | Especie | IUCN | Libro Rojo | Resolución 1912 De 2017 | Cites |
|---|---|---|---|---|---|
| **Felidae** | *Leopardus tigrinus* | Vulnerable | Vulnerable | Vulnerable | I |

| Familia | Especie | IUCN | Libro Rojo | Resolución 1912 De 2017 | Cites |
|---|---|---|---|---|---|
| **Callitrichidae** | *Saguinus leucopus* | Vulnerable | Vulnerable | Vulnerable | I |
| **Mustelidae** | *Eira barbara* | Preocupación menor | - | - | III |
| **Mustelidae** | *Lontra longicaudis* | Casi amenazada | - | Vulnerable | I |
| **Canidae** | *Cerdocyon thous* | Preocupación menor | - | - | II |
| **Procyionidae** | *Bassaricyon neblina* | Casi amenazado | - | - | - |

***Nota: Registros de especies de mastofauna amenazas (SIB Colombia, 2025; iNaturalist, 2025).***

Dentro de las especies amenazadas que se reportan se encuentran el tigrillo lanudo (*Leopardus tigrinus*), el tití gris (*Saguinus leucopus*), la nutria (*Lontra longicaudis*) y el olinguito (*Bassaricyon neblina*). Cabe anotar, que especies como el tití gris pueden reportarse producto del tráfico ilegal de especies, sin embargo, existen varios reportes. Por otro lado, el olinguito, por ejemplo, es una especie que requiere bosques muy conservados para sobrevivir, por lo tanto, podría avistarse en algunas zonas de bosque pertenecientes a la reserva Nare, lo cual tendría que corroborarse con información primaria.

#### 7.4.2.4 Herpetofauna

Se han reportado 2 órdenes, 10 familias y 16 especies de herpetos aproximadamente. Algunos de ellos presentan una alta tolerancia a las zonas urbanas y semiurbanas (*Dendropsophus bogerti, Pristimantis paisa, Leucostethus fraterdanieli, Rhinella horribilis, Anolis mariarum,* Atractus lasallei, Pholidobolus vertebralis, Chironius monticola y Erythrolamprus epinephelus). Mientras que, otras especies solo se encuentran en zonas con alta cobertura boscosa, por lo tanto, sus poblaciones se reducen a los pequeños parches de bosque que aún conserva la zona (Gastrotheca nicefori, Andinobates opisthomelas, Pristimantis scoloblepharus, Bolitoglossa vallecula y Rhinella ruizi). Existen dos espcies que han sido reportadas a lo largo del tiempo pero que actualmente no se tiene completa certeza de que se encuentren en la zona (Centrolene savagei y Pristimantis scoloblepharus). Dentro de las especies antes mencionadas se destacan 9 especies endémicas, tres especies en alguna categoría de amenaza y otras tres reportadas en CITES, ver Tabla 37.

***Tabla 37. Especies de herpetofauna endémicas y de alta importancia ecológica reportadas.***

| Orden | Familia | Especie | Nombre Común | Endemismo |
|---|---|---|---|---|
| **Anura** | Hylidae | *Dendropsophus bogerti* | Rana de charca | Endémica |
| **Anura** | Centrolenidae | *Centrolene savagei* | Rana de cristal | Endémica |

| Orden | Familia | Especie | Nombre Común | Endemismo |
|---|---|---|---|---|
| **Anura** | Amphignathodontidae | *Gastrotheca nicefori* | Rana marsupial | Nativa |
| **Anura** | Craugastoridae | *Pristimantis paisa* | Cutín paisa | Endémica |
| **Anura** | Dendrobatidae | *Andinobates opisthomelas* | Rana venenosa norandina | Endémica |
| **Anura** | Dendrobatidae | *Leucostethus fraterdanieli* | Rana cohete silbadora | Endémica |
| **Anura** | Craugastoridae | *Pristimantis scoloblepharus* | SN | Endémica |
| **Anura** | Plethodontidae | *Bolitoglossa vallecula* | Salamandra Magra | Endémica |
| **Anura** | Buffonidae | *Rhinella ruizi* | Sapito narizón | Endémico |
| **Anura** | Buffonidae | *Rhinella horribilis* | Sapo gigante común | Nativo |
| **Squamata** | Anolidae | *Anolis mariarum* | Abaniquillo | Endémica |
| **Squamata** | Gymnophtalmidae | *Pholidobolus vertebralis* | Lagartija minadora | Nativa |
| **Squamata** | Colubridae | *Clelia equatoriana* | Clelia | Nativa |
| **Squamata** | Colubridae | *Erythrolamprus epinephelus* | Falsa cobra de agua | Nativa |
| **Squamata** | Colubridae | *Atractus lasallei* | Serpiente tierrera | Nativa |
| **Squamata** | Colubridae | *Chironius monticola* | Jueteadora verde | Nativa |

***Nota: Registros de especies de herpetofauna endémicas y de importancia ecológica (SIB Colombia, 2025; iNaturalist, 2025).***

Dentro de las especies reportadas de anfibios y reptiles se destacan varias endémicas, las cuáles son de suma importancia para los ecosistemas de la región. Los anfibios son bioindicadores de la calidad de los hábitats, muchos de ellos requieren hábitats especializados, generalmente asociados a cuerpos de agua (*Gastrotheca nicefori*, *Andinobates opisthomelas*, *Pristimantis scoloblepharus*, *Bolitoglossa vallecula*, *Rhinella ruizi*).

Mientras que, los reptiles son organismos que pueden adaptarse a diversos hábitats, siendo algunas especies más exigentes que otras, por ejemplo, es común encontrar la serpiente tierrera (*Atractus lasallei*) en zonas urbanas, pero otras especies como la jueteadora verde (*Chironius monticola*) sí prefiere hábitats con buena cobertura vegetal como ambientes rurales. Adicionalmente, en los humedales, se ha reportada la falsa cobra de agua *Erythrolamprus epinephelus, ver Tabla 38*.

En el territorio se han reportado especies de anfibios asociados a bosque y otros más adaptados a zonas urbanas y semiurbanas como las especies endémicas *Dendropsophus bogerti* y *Pristimantis paisa*, las cuales son capaces de tolerar hábitats

más perturbadas. Lo anterior hace referencia a que hay algunas especies que son capaces de sobrevivir ante diversas alteraciones antrópicas, sin embargo, son pocas y hay que tratar de conservar los hábitats de las demás especies.

***Tabla 38. Especies de herpetofauna reportadas en alguna categoría de amenaza***

| Familia | Especie | IUCN | Libro Rojo | Resolución 1912 De 2017 | CITES |
|---|---|---|---|---|---|
| **Centrolenidae** | *Centrolene savagei* | Preocupación menor | - | - | II |
| **Dendrobatidae** | *Andinobates opisthomelas* | Vulnerable | - | - | II |
| **Craugastoridae** | *Pristimantis scoloblepharus* | En peligro | - | - | II |
| **Buffonidae** | *Rhinella ruizi* | Vulnerable | - | - | - |

***Nota: Registros de especies de herpetofauna amenazas (SIB Colombia, 2025; iNaturalist, 2025).***

Las especies amenazadas de herpetofauna que se han reportado incluyen la rana venenosa *Andinobates opisthomelas* como vulnerable, una especie que se debe corroborar su presencia (*Pristimantis scoloblepharus*) y el sapito narizón (*Rhinella ruizi)*. Estas especies requieren hábitat especializados, con buena cobertura boscosa y fuentes hídricas en muy buen estado de conservación. Su importancia ecológica radica en que son especies que se alimentan de insectos y son excelentes controladores de plagas y organismos de los ecosistemas.

## 7.5 Caracterización florística

En el marco del proceso de delimitación de la ronda hídrica del río Negro, se realizó una caracterización florística en áreas de influencia del cauce en los municipios de Rionegro y Marinilla (Antioquia). Este ejercicio tuvo como propósito identificar la composición y estructura de la vegetación presente en el corredor ribereño, mediante el registro de especies, medición de variables dasométricas y análisis de la importancia ecológica de las especies dominantes.

La información obtenida constituye un insumo técnico para la estimación de la variable H (altura media del dosel), parámetro requerido en la metodología para la delimitación de rondas hídricas establecida en la Resolución 957 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. A partir del análisis estructural de la vegetación y la identificación de las especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI), se determina la altura representativa del estrato dominante, la cual permite caracterizar la vegetación

asociada al sistema ripario y contribuir a la definición técnica de la franja de protección del río Negro.

### 7.5.1 Metodología

La caracterización florística se realizó mediante una adaptación de la metodología de parcelas realizada por Gentry (1982) para el levantamiento de información en bosques tropicales. El muestreo consistió en el establecimiento de 15 unidades de muestreo de 50 m × 2 m, distribuidas en diferentes fragmentos con presencia de vegetación nativa asociados al área de influencia del río Negro.

### 7.5.2 Condiciones para la selección de los sitios de muestreo

Para la selección de los sitos de muestreo se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones.

- Los puntos se ubicaron dentro de los municipios de Marinilla y/o Rionegro, asegurando que el análisis se concentre en el área de influencia directa del río Negro.
- Se priorizaron fragmentos de vegetación nativa que presentan un tamaño y continuidad suficientes para permitir el establecimiento de transectos de 50 x 2 metros.
- Los puntos de muestreo fueron ubicados en lo más cerca posible del Río Negro, con el fin de evaluar la composición y estructura de la vegetación asociada a la dinámica riparia.
- los sitios seleccionados deberán encontrarse dentro de las zonas de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).

### 7.5.3 Trabajo de campo

El establecimiento de cada unidad de muestreo se realizó mediante una cuerda de 50 m de longitud, la cual se fijó en un punto inicial y se extendió de forma horizontal en una dirección definida, procurando mantener un trazado lo más recto posible. A partir de esta línea central, se delimitó el ancho de la parcela utilizando un listón de 1 m de longitud, con el cual se midió la distancia perpendicular desde la cuerda hacia ambos lados, definiendo así el ancho total de 2 m del transecto.

En cada unidad de muestreo se censaron todos los individuos arbóreos con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 5 cm, medido a 1,3 m sobre el nivel del suelo. Para cada

individuo se registraron las variables DAP, altura total, coordenada y registro fotográfico, especialmente en aquellos casos en los que la especie no pudo ser identificada en campoLos datos de campo fueron consignados en una plantilla digital previamente diseñada en la aplicación Memento Database,

Adicionalmente, se documentaron caracteres taxonómicos relevantes, tales como características de hojas, corteza, exudados, frutos o flores, con el fin de facilitar la identificación taxonómica posterior de las especies mediante revisión bibliográfica y consulta de bases de datos especializadas.

### 7.5.4 Análisis de datos

Toda la información registrada fue sistematizada y procesada en hojas de cálculo de Microsoft Excel. La verificación de los nombres científicos y la asignación de la clasificación taxonómica de las especies se realizó mediante consulta en la base de datos Tropicos. A partir de esta revisión se consolidó el listado total de especies registradas, organizadas por familias y especies de acuerdo con el sistema de clasificación APG IV (Angiosperm Phylogeny Group, 2016).

***Figura 99. Establecimiento de las unidades de muestreo en campo. A) Tendido y orientación de la cuerda de 50 m para la delimitación del transecto. B) Toma de DAP en un individuo registrado.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 7.5.4.1 Composición florística

Con la información obtenida en los registros de campo se realizó un análisis de la composición florística de la comunidad vegetal presente en el área de estudio. Este

análisis permitió identificar y caracterizar las especies registradas, así como evaluar su distribución taxonómica. Para ello, se determinaron el número total de familias, especies e individuos registrados, así como el número de especies por familia.

#### 7.5.4.2 Especies vegetales registradas en el muestreo con categoría de amenaza/veda

El estado de conservación de las especies registradas fue verificado mediante la consulta de diferentes listados y fuentes oficiales, incluyendo los apéndices de CITES, la IUCN, la Resolución 0126 de 2024 del MADS y el Acuerdo 404 de 2020 de CORNARE.

#### 7.5.4.3 Estructura física: horizontal y vertical

Se realizó un análisis de la estructura de la vegetación (estructura vertical y horizontal), mediante la construcción de curvas de distribución diamétrica y altimétrica. La estructura horizontal del bosque se describió a partir de la clasificación de los diámetros de los árboles por rangos de 5 cm, desde el DAP mínimo medido hasta los mayores a 50 cm. En cada clase diamétrica se agruparon los individuos que cumplían con la característica y se construyó el histograma de frecuencias.

Así mismo, para la estructura vertical se realizó el mismo proceso descrito anteriormente, contemplando los siguientes tipos de estratos establecidos por Rangel et al., (1986): arbustivo (1,5-5 m); sub arbóreo (5-12 m); arbóreo inferior (12-25 m) y arbóreo superior (>25 m).

#### 7.5.4.4 Índice de Valor de Importancia (IVI)

Con el objetivo de determinar la importancia ecológica de las especies registradas en el inventario forestal, se calculó para cada especie el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual integra los valores relativos de dominancia, abundancia y frecuencia. Este índice permite identificar las especies que ejercen mayor influencia dentro de la estructura de la comunidad vegetal.

- La dominancia se define como la ocupación del espacio por parte de los individuos de una especie, estimada a partir del área basal de los árboles. La dominancia absoluta corresponde a la sumatoria de las áreas basales de todos los individuos de una especie, expresada en metros cuadrados ($m^2$). Por su parte, la dominancia relativa se calcula como el cociente entre el área basal de una especie y la sumatoria del área basal de todos los individuos registrados en el muestreo, expresado en porcentaje.

- La abundancia se refiere al número de individuos registrados por especie dentro del área de estudio. La abundancia absoluta corresponde al total de individuos de una especie, mientras que la abundancia relativa representa la proporción del número de individuos de una especie con respecto al total de individuos registrados en el inventario.
- La frecuencia se define como el grado de distribución de una especie dentro de las unidades de muestreo. La frecuencia relativa corresponde a la proporción de la frecuencia de una especie respecto a la sumatoria de las frecuencias de todas las especies registradas.

El IVI representa la sumatoria de la dominancia, abundancia y frecuencia relativizadas. La expresión matemática es la siguiente:

$$IVI = D_r + A_r + F_r$$

Donde el término IVI representa el índice de valor de importancia; Dr denota la dominancia relativa; Ar la abundancia relativa y, por último, Fr la frecuencia relativa.

***Abundancia relativa (ARi)***

$$Ai = \left(\frac{ni}{N}\right) * 100$$

$$ARi = \left(\frac{Ai}{\Sigma 1 = 1 \ldots \mathrm{nA1}}\right) * 100$$

Donde:

Ai: Abundancia absoluta de la especie i

ni: Número de individuos de la especie i

N: Número total de individuos

ΣAi: Sumatoria del número de individuos totales de la muestra

***Dominancia relativa (DRi)***

$$Di = \left(\frac{si}{S}\right) * 100$$

$$DRi = \left(\frac{Di}{\Sigma 1 = 1 \ldots nDi}\right) * 100$$

Donde:

Di: Dominancia absoluta de la especie i

Si: Área basal en $m^2$ de la especie i ($m^2$)

S: Área basal de todas las especies ($m^2$)

***Frecuencia relativa (FRi)***

$$Fi = \left(\frac{fi}{Ft}\right) * 100$$

$$FRi = \left(\frac{Fi}{\Sigma 1 = 1 \ldots nFi}\right) * 100$$

Donde:

Fi: Frecuencia absoluta de la especie i

fi: Número de parcelas en las que aparece la especie i

Ft: Número total de parcelas

El IVI es comúnmente usado para caracterizar los atributos estructurales y de composición florística de los bosques. Cuando los valores del IVI son similares entre diferentes especies, indican semejanza de las unidades de muestreo evaluadas en términos de composición, estructura y dinámicas ecológicas. Por el contrario, cuando el IVI presenta valores diferentes entre sí para diferentes especies, se infiere que las unidades de muestreo presentan alta heterogeneidad en términos de características estructurales, así como de composición florística.

#### 7.5.4.5 Variable H

La variable H, correspondiente a la altura media de la vegetación, se estimó a partir del promedio de altura de las tres especies nativas con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) registradas en el muestreo (MADS, 2018).

#### 7.5.4.6 Relación entre la densidad y área de drenaje por unidad geomorfológica (N)

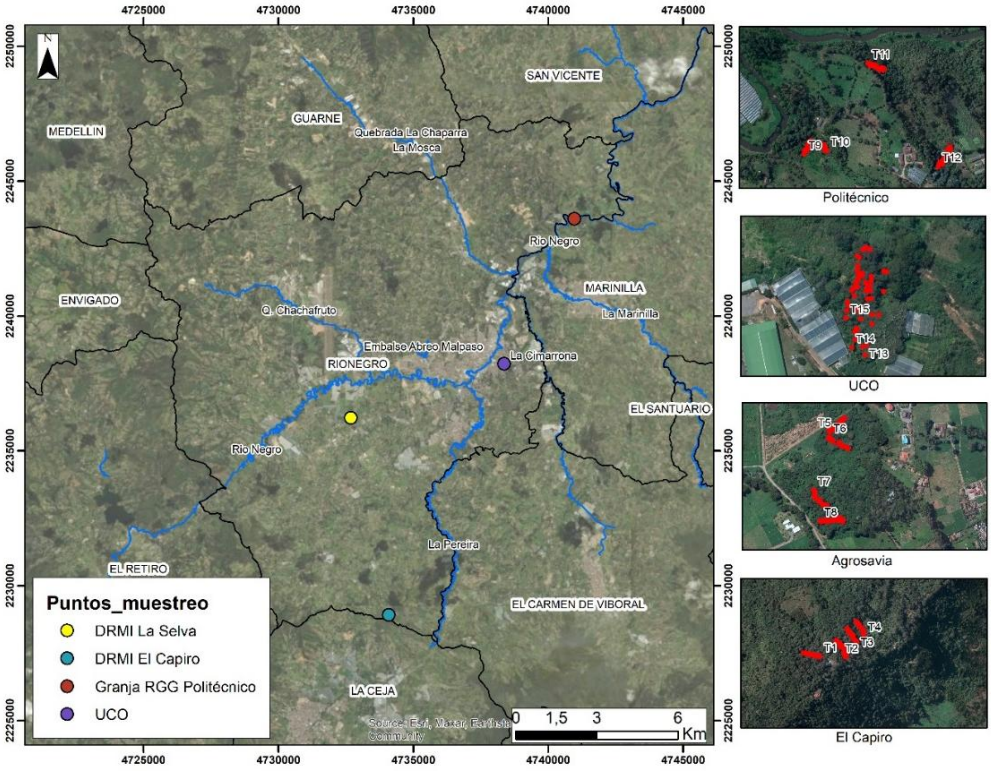
Este cálculo depende de insumos derivados de los componentes hidrológico y geomorfológico, los cuales están contemplados para ser desarrollados en el Informe 3. En consecuencia, no es posible incluir estos resultados en la presente entrega.

### 7.5.5 Resultados

En total se establecieron 15 transectos de muestreo, distribuidos en diferentes áreas de estudio. Cuatro transectos se ubicaron en el Distrito Regional de Manejo Integrado El Capiro, cuatro en el Distrito Regional de Manejo Integrado La Selva, cuatro en la Granja Ramón Gómez Gómez del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, y tres en el campus de la Universidad Católica de Oriente.

De los transectos establecidos, aquellos ubicados en la Granja Ramón Gómez Gómez se encuentran en jurisdicción del municipio de Marinilla, mientras que los demás se localizan en el municipio de Rionegro.

***Figura 100. Localización de las áreas de estudio y distribución de los transectos de muestreo establecidos.***

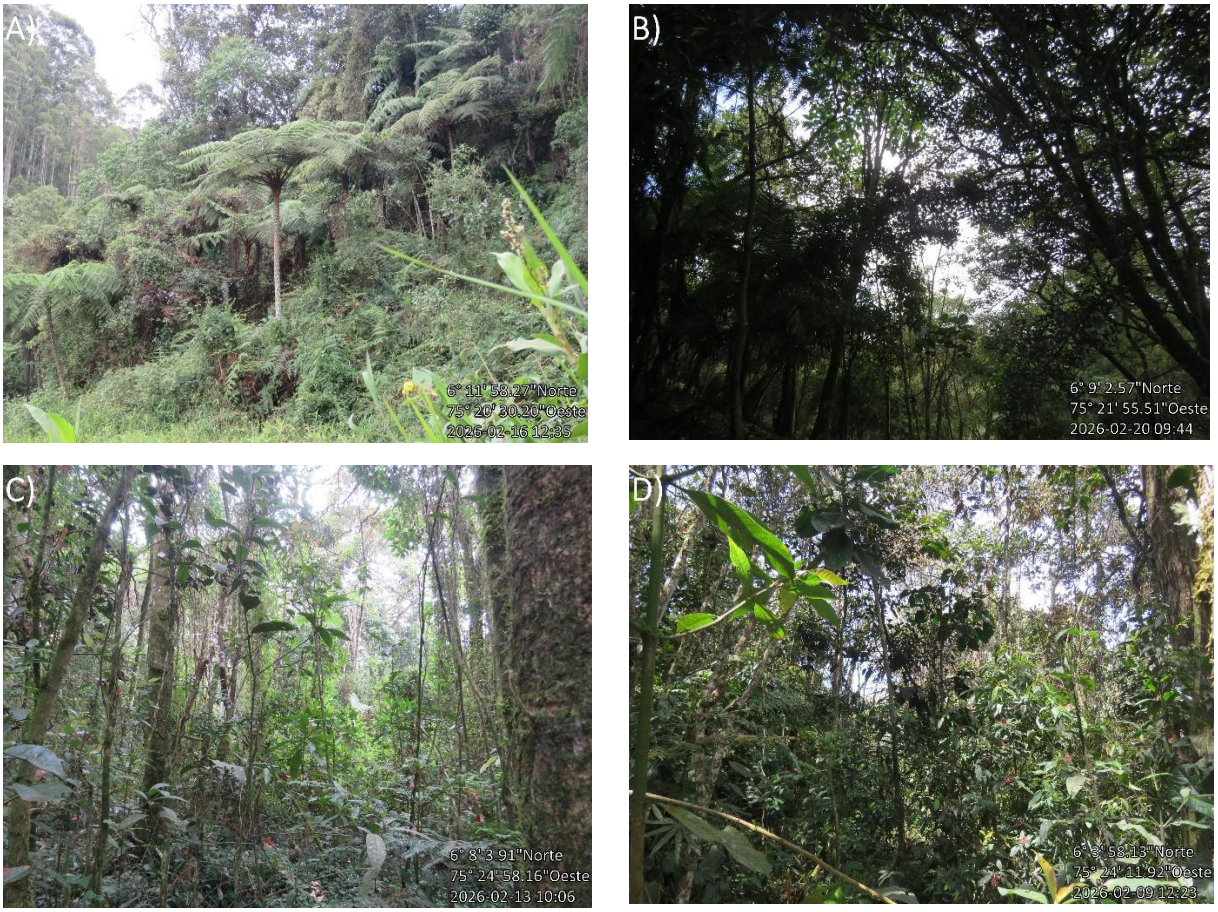



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

El sotobosque de las zonas muestreadas se caracteriza por presentar una vegetación densa y diversa, dominada por helechos arborescentes, arbustos y plántulas de especies arbóreas. En algunos sectores se observa abundante cobertura de helechos, herbáceas

y lianas que contribuyen a la complejidad estructural del estrato inferior. La disponibilidad de luz es variable; en áreas más abiertas el sotobosque es más desarrollado, mientras que en sectores con mayor cobertura del dosel la vegetación es más sombreada y presenta menor densidad de especies herbáceas.

***Figura 101. Fotografías del sotobosque de cada área muestreada. A) Politécnico. B) UCO. C) Agrosavia. D) El Capiro***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En la región del altiplano del oriente Antioqueño, no se encuentran bosques primarios, los bosques más conservados en esta zona se caracterizan por su gran diversidad y endemismo. Presentan un alto número de especies epifitas, en especial de las familias Orquidiaceae y Bromeliaceae, asi mismo presentan un dosel de alrededor de 8 m con árboles cuyas familias de plantas más representativas son las Lauraceae, Melastomataceae y la Rubiaceae (CORNARE, 2018).

### 7.5.5.1 Composición florística

En total se registraron 264 individuos, correspondientes a 46 especies agrupadas en 28 familias botánicas. Estos resultados reflejan una diversidad moderada de especies dentro del área de estudio, con una representación considerable de familias que contribuyen a la estructura y composición de la vegetación presente en los sitios evaluados.

Las familias más representativas en el área de estudio fueron Lauraceae y Myrtaceae con 4 especies cada una, seguidas por Clusiaceae, Melastomataceae y Rubiaceae, cada una con 3 especies registradas durante el muestreo. El resto de las familias, presentaron entre 1 y 2 especies.

***Tabla 39. Familias botánicas y sus respectivas especies registradas durante el muestreo.***

| Familia | Especie | Familia | Especie |
|---|---|---|---|
| Aquifoliaceae | *Ilex laurina* | Lauraceae | *Nectandra acutifolia* |
| Asteraceae | *Verbesina arborea* | | *Nectandra sp.* |
| Brunelliaceae | *Brunellia sibundoya* | | *Ocotea sp.* |
| Caricaceae | *Vasconcellea pubescens* | | *Persea areolatocostae* |
| Chlorantaceae | *Hedyosmum sp.* | Melastomataceae | *Andesanthus lepidotus* |
| Clethraceae | *Clethra fagifolia* | | *Axinaea macrophylla* |
| Clusiaceae | *Clusia alata* | | *Miconia notabilis* |
| | *Clusia decussata* | Myrtaceae | *Eucalyptus tereticornis* |
| | *Clusia multiflora* | | *Myrcia popayanensis* |
| Cunoniaceae | *Weinmannia pubescens* | | *Myrcianthes sp.* |
| Cupresaceae | *Cupressus lusitanica* | | *Syzygium jambos* |
| Cyatheaceae | *Cyathea caracasana* | Ochnaceae | *Godoya antioquiensis* |
| | *Cyathea meridensis* | Piperaceae | *Piper aduncum* |
| Ericaceae | *Bejaria aestuans* | | *Piper daniel-gonzalezii* |
| | *Cavendishia pubescens* | Pittosporaceae | *Pittosporum undulatum* |
| | *Vaccinium meridionale* | Podocarpaceae | *Retrophyllum rospigliosii* |
| Euphorbiaceae | *Alchornea grandiflora* | Primulaceae | *Myrsine coriacea* |
| | *Croton magdalenensis* | Rhamnaceae | *Rhamnus goudotiana* |
| Fabaceae | *Acacia melanoxylon* | Rubiaceae | *Cinchona pubescens* |
| Fagaceae | *Quercus humboldtii* | | *Hamelia patens* |
| Hypericaceae | *Vismia baccifera* | | *Palicourea angustifolia* |
| | *Vismia laevis* | Rutaceae | *Zanthoxylum sp.* |
| Urticaceae | *Cecropia angustifolia* | Viburnaceae | *Viburnum sp.* |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En conjunto, la composición de estas familias sugiere que las áreas evaluadas presentan características propias de vegetación andina con diferentes grados de intervención y procesos de regeneración natural.

Las especies con mayor abundancia registrada en los transectos de muestreo fueron *Vismia baccifera* con 29 individuos, seguida de *Cyathea caracasana* con 22 individuos y *Andesanthus lepidotus* con 21 individuos. También se destacaron *Croton magdalenensis* con 18 individuos y *Piper daniel-gonzalezii* con 15 individuos, evidenciando una presencia importante dentro de la estructura de la vegetación evaluada.

***Tabla 40. Abundancia de las especies registradas en el muestreo***

| Especie | Abundancia | Especie | Abundancia |
|---|---|---|---|
| ***Vismia baccifera*** | 29 | *Clusia multiflora* | 3 |
| ***Cyathea caracasana*** | 22 | *Myrcia popayanensis* | 3 |
| ***Andesanthus lepidotus*** | 21 | *Vasconcellea pubescens* | 3 |
| ***Croton magdalenensis*** | 18 | *Brunellia sibundoya* | 2 |
| ***Piper daniel-gonzalezii*** | 15 | *Acacia melanoxylon* | 2 |
| ***Cyathea meridensis*** | 12 | *Clusia decussata* | 2 |
| ***Eucalyptus tereticornis*** | 10 | *Persea areolatocostae* | 2 |
| ***Palicourea angustifolia*** | 10 | *Godoya antioquiensis* | 2 |
| ***Cavendishia pubescens*** | 10 | *Vismia laevis* | 2 |
| ***Alchornea grandiflora*** | 9 | *Piper aduncum* | 2 |
| ***Clethra fagifolia*** | 8 | *Retrophyllum rospigliosii* | 2 |
| ***Cinchona pubescens*** | 7 | *Zanthoxylum sp.* | 1 |
| ***Verbesina arborea*** | 7 | *Weinmannia pubescens* | 1 |
| ***Cecropia angustifolia*** | 6 | *Pittosporum undulatum* | 1 |
| ***Nectandra acutifolia*** | 6 | *Bejaria aestuans* | 1 |
| ***Nectandra sp.*** | 6 | *Ilex laurina* | 1 |
| ***Clusia alata*** | 5 | *Axinaea macrophylla* | 1 |
| ***Quercus humboldtii*** | 5 | *Hamelia patens* | 1 |
| ***Miconia notabilis*** | 5 | *Myrsine coriacea* | 1 |
| ***Rhamnus goudotiana*** | 5 | *Viburnum sp.* | 1 |
| ***Syzygium jambos*** | 4 | *Myrcianthes sp.* | 1 |
| ***Hedyosmum sp.*** | 4 | *Ocotea sp.* | 1 |
| ***Cupressus lusitanica*** | 3 | *Vaccinium meridionale* | 1 |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En conjunto, estos resultados sugieren que la vegetación evaluada presenta una estructura heterogénea, con especies dominantes que influyen en la dinámica del

ecosistema y una diversidad considerable de especies menos abundantes que contribuyen a la riqueza florística del área.

No obstante, las especies *Acacia melanoxylon* con 2 individuos registrados, *Syzygium jambos* con 4, *Eucalyptus tereticornis* con 10, *Cupressus lusitanica* con 3 y *Pittosporum undulatum* con 1, se reportan como introducidas para la zona muestreada. En total son 20 individuos pertenecientes a especies introducidas, siendo esta cantidad el 7,6% de los 264 registros.

El registro de las 5 especies introducidas, indican ecosistemas con perturbaciones antrópicas. La introducción de dichas especies es realizada probablemente con fines de producción de madera como es el caso de *Eucalyptus tereticornis* y *Cupressus lusitanica* u ornamentales como por ejemplo *Pittosporum undulatum* y *Syzygium jambos.*

#### 7.5.5.2 Especies con veda o categoría de amenaza

Durante la caracterización florística se registraron cinco especies con algún tipo de veda, regulación o categoría de amenaza, lo cual resalta la importancia ecológica del área evaluada dentro del corredor ribereño del río Negro.

Entre estas especies se encuentran *Cyathea caracasana* y *Cyathea meridensis,* helechos arborescentes o Sarros incluidos en el Apéndice II de CITES y sujetos a veda nacional mediante la Resolución 0801 de 1977 del INDERENA, lo que restringe su aprovechamiento debido a su vulnerabilidad frente a la extracción.

Asimismo, se registró *Godoya antioquiensis*, especie endémica de los Andes Colombianos, que se encuentra bajo medidas de manejo y protección establecidas por el Acuerdo 404 de 2020 de CORNARE. También se identificó *Quercus humboldtii* (roble de tierra fria), especie prioritaria para la conservación, incluida en el Acuerdo 404 de 2020 de CORNARE y clasificada como Vulnerable (VU) según la Resolución 0126 de 2024, debido a la reducción de sus poblaciones y la presión sobre sus hábitats naturales.

Finalmente, se registró *Retrophyllum rospigliosii*, especie catalogada como Vulnerable (VU) por la UICN y con antecedentes de protección normativa en Colombia mediante la Resolución 1132 de 1975 del INDERENA.

***Figura 102. Fotografías de especies registradas en veda o con alguna categoría de amenaza A) Cyathea meridensis. B) Godoya antioquiensis. C) Quercus humboldtii.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

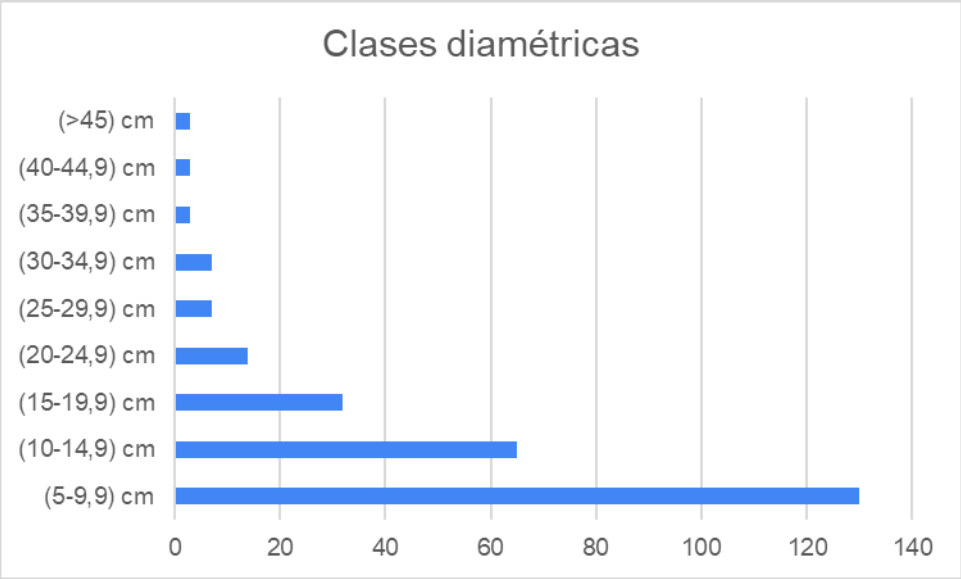
La presencia de estas especies evidencia el valor ecológico y de conservación del área estudiada, así como la relevancia de considerar medidas de manejo y protección en el proceso de delimitación de la ronda hídrica del río Negro.

### 7.5.5.3 Estructura física

- **Estructura horizontal**

La distribución de los individuos por clases diamétricas (DAP) muestra una marcada concentración en los diámetros menores. La mayor abundancia se presenta en la clase 5–9,9 cm, seguida por la clase 10–14,9 cm, mientras que las clases superiores presentan una disminución progresiva en el número de individuos.

***Figura 103. Distribución de individuos por clases diamétricas.***



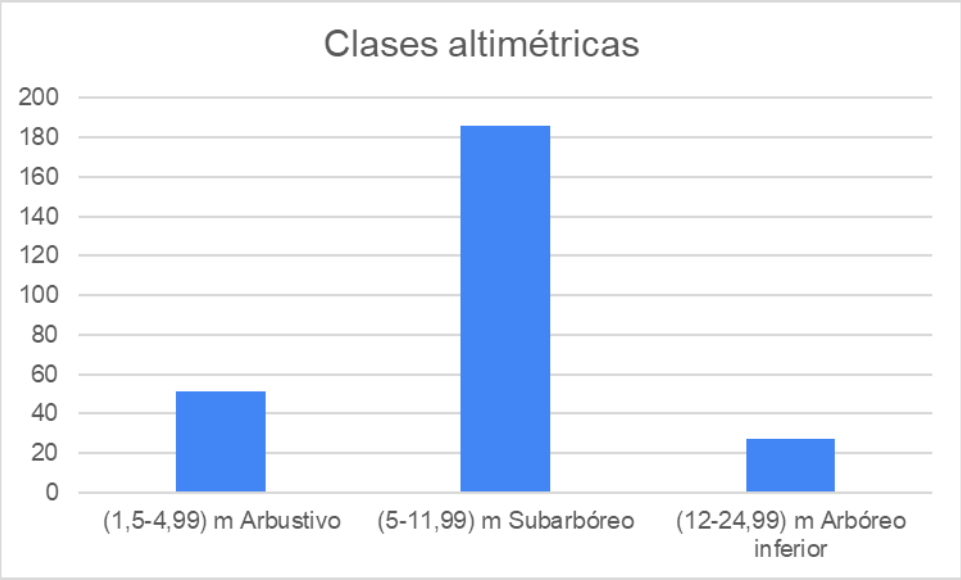

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Este patrón corresponde a una distribución en forma de "J invertida", típica de bosques secundarios o comunidades vegetales en proceso de regeneración, donde predominan individuos jóvenes y existe un menor número de árboles de gran diámetro. Las clases intermedias (15–24,9 cm) presentan una representación moderada, mientras que las clases mayores a 30 cm de DAP son escasas, lo que indica una baja presencia de árboles maduros o de gran porte.

- **Estructura vertical**

La distribución de los individuos por clases altimétricas muestra un claro predominio del estrato subarbóreo (5–11,99 m), donde se concentra la mayor parte de los individuos registrados. En menor proporción se encuentran los individuos del estrato arbustivo (1,5–4,99 m) y del estrato arbóreo inferior (12–24,99 m).

***Figura 104. Distribución de individuos por clases diamétricas.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Lo anterior, indica que la vegetación del área evaluada está dominada por individuos de altura media, lo cual es característico de bosques secundarios o en procesos de regeneración, donde el dosel aún no se encuentra completamente desarrollado. La menor representación de individuos en el estrato arbóreo inferior sugiere una baja presencia de árboles de mayor porte.

### 7.5.5.4 Índice de valor de importancia ecológica (IVI)

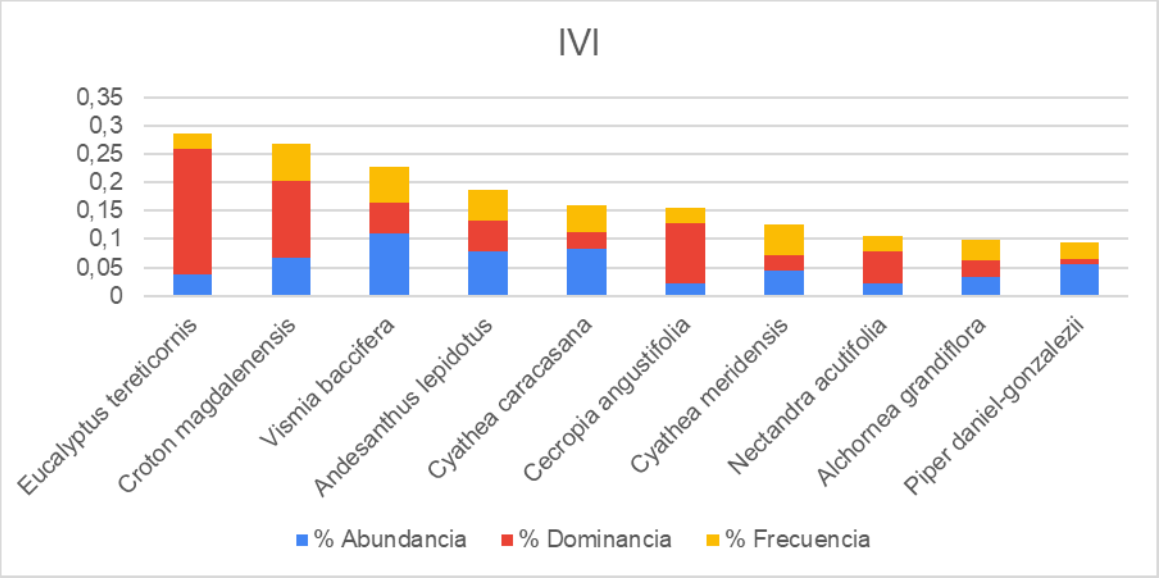
El análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI) evidencia que *Eucalyptus tereticornis* presenta el valor más alto dentro de la comunidad vegetal, debido principalmente a su alta dominancia y frecuencia, lo que indica una fuerte presencia estructural en el área muestreada. No obstante, al tratarse de una especie introducida, su alta representación puede estar asociada a procesos de plantación o establecimiento en áreas previamente intervenidas.

Entre las especies nativas, se destacan *Croton magdalenensis*, *Vismia baccifera* y *Andesanthus lepidotus*, las cuales presentan valores elevados de IVI debido a su combinación de abundancia, dominancia y frecuencia dentro de los transectos

evaluados. Estas especies constituyen componentes importantes de la estructura y composición del bosque ribereño.

Otras especies como *Cyathea caracasana*, *Cecropia angustifolia* y *Cyathea meridensis* presentan valores intermedios de IVI, lo que indica que también contribuyen a la estructura de la vegetación, aunque en menor proporción.

***Figura 105. Índice de valor de importancia ecológica (IVI)***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

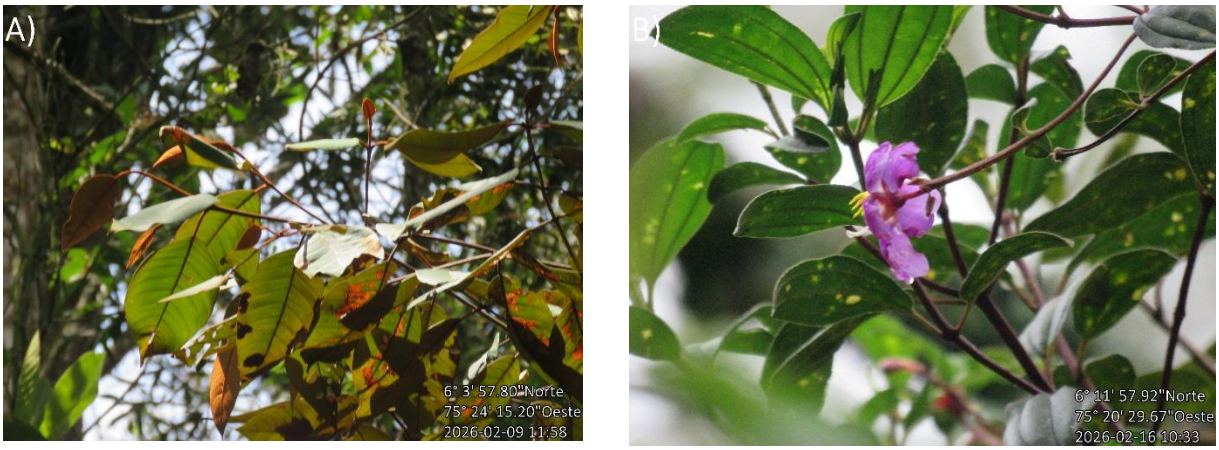
En general, el patrón observado refleja una comunidad vegetal donde pocas especies concentran la mayor importancia ecológica, mientras que el resto de las especies presentan una participación estructural menor dentro del ecosistema.

La variable H, correspondiente a la altura media de la vegetación, se estimó a partir del promedio de altura de las tres especies nativas con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) registradas en el muestreo. Para este cálculo se consideraron las especies Croton magdalenensis (9,05 m), Vismia baccifera (7,52 m) y Andesanthus lepidotus (5,55 m), obteniendo una altura promedio de 7,37 m.

La especie Eucalyptus tereticornis, aunque presentó un alto valor de IVI, no fue considerada en este análisis debido a que corresponde a una especie introducida, por lo que su inclusión podría sesgar la representatividad de la altura característica de la vegetación ribereña nativa del área evaluada. Este valor de H se emplea como

parámetro dentro de la metodología para la delimitación de la ronda hídrica, de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Resolución 957 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

***Figura 106. Algunas especies nativas con el IVI más alto. A) Vismia baccifera. B) Andesanthus lepidotus.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 7.5.5.5 Variable H

Para este cálculo se consideraron las especies Croton magdalenensis (9,05 m), Vismia baccifera (7,52 m) y Andesanthus lepidotus (5,55 m), obteniendo una altura promedio de 7,37 m.

La especie *Eucalyptus tereticornis*, aunque presentó un alto valor de IVI, no fue considerada en este análisis debido a que corresponde a una especie introducida, por lo que su inclusión podría sesgar la representatividad de la altura característica de la vegetación ribereña nativa del área evaluada. Este valor de H se emplea como parámetro dentro de la metodología para la delimitación de la ronda hídrica, de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Resolución 957 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

## 7.6 Delimitación de la envolvente ecosistémica

Identificadas las especies con mayor IVI en el levantamiento de los transectos, y con la altura promedio para estas, se sigue con la metodología adoptada por Guía, para determinar la envolvente ecosistémica, a continuación, se describe el proceso llevado a cabo:

### 7.6.1 Relación entre la densidad de drenaje por unidad geomorfológica y el área de la cuenca aferente (N)

Según la "Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas de Colombia" (Minambiente 2018) la relación entre la densidad y área de drenaje por unidad geomorfológica (N) expresa la relación natural del patrón de drenaje y la morfología del territorio. Para el cálculo de N se emplea la siguiente tabla de doble entrada en la que se relacionan el área de la cuenca aferente en Km² y la densidad de drenaje en Km/Km², ver Tabla 41.

***Tabla 41. Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje***

| Área de cuenca aferente (Km²) | Valor N | | |
|---|---|---|---|
| | Densidad de drenaje | | |
| | Baja | Media | Alta |
| | < 1.5 Km/Km² | 1.5- 3.0 Km/Km² | > 3.0 Km/Km² |
| **0 < A ≤ 1** | | | |
| **1< A ≤ 10** | | | |
| **10 < A ≤ 100** | | | |
| **100 < A ≤ 1000** | | | |
| **1000 < A ≤ 10000** | | | |
| **10000 < A ≤ 100000** | | | |

***Nota: Tomado de MADS, 2018***

Acorde a la información de la tabla, la franja ecosistémica será menor en las corrientes que posean alta densidad de drenaje y áreas aferentes menores y será mayor en las corrientes que posean baja densidad de drenaje y áreas aferentes mayores.

### 7.6.2 Cálculo de la densidad de drenaje por unidad geomorfológica

Una vez obtenidas las unidades geomorfológicas 1:2000 del área de estudio, proveniente del componente geomorfológico, se realizó a través del SIG el siguiente geoproceso, el cálculo de la densidad de drenajes, para identificar en cual valor del a escala de valores para la clasificación de densidades de drenaje, se encuentra el río Negro, ver Tabla 42.

***Tabla 42. Escala de valores para la clasificación de densidades de drenaje***

| Densidad de drenaje (Dd) | | |
|---|---|---|
| **Baja** | **Media** | **Alta** |
| < 1.5 km/km² | 1.5 - 3.0 km/km² | > 3 km/km² |

***Nota: Tomado de MADS, 2018***

Con el comando "Identidad" de las herramientas de análisis y de superposición de ArcMap se calculó la intersección geométrica entre la red de drenaje y las unidades geomorfológicas para obtener como resultado una capa de drenajes de la cuenca con

los atributos de la unidad geomorfológica en la que se encuentra; luego se calculó la longitud en kilómetros de la red de drenaje en el sistema MAGNA SIRGAS Origen Nacional.

Con el comando "Resumir" en la tabla de atributos de la red de drenaje, se obtuvo la sumatoria de las longitudes en kilómetros para cada unidad geomorfológica identificada, la tabla resultante se exportó en formato .dbf

Se realizó una unión de la tabla resultante a la capa de Unidades Geomorfológicas para incorporar la información de la sumatoria de longitudes por unidad geomorfológica, se verificó que el área y la longitud se encuentren en kilómetros.

Se creó el campo "[DEN_C]" en la tabla de atributos y se utilizó la calculadora de campos para calcular la densidad de drenaje como la relación de la longitud sobre el área "[LON_C_K] / [AREA_KM2]" en cada Unidad Geomorfológica.

Se compararon los valores obtenidos con la tabla de Londoño (2001) para determinar la categoría de densidad de drenaje en la que se encuentra cada unidad geomorfológica y se creó un campo para ello denominado "[CAT_DEN]".

### 7.6.3 Cálculo del área de la cuenca aferente en cada punto de la red de drenaje

Con base en la información de las cuencas hidrográficas de CORNARE, la cuenca aferente al punto de inicio del tramo de acotamiento es de 200km$^2$ correspondiente a la cuenca del río Pantanillo al final del tramo de estudio, la cuenca aferente calculada usando el DTM de 1m de pixel de CORNARE para el componente hidrológico es de 785,4 km$^2$, por lo que todo el tramo de acotamiento se encuentra en la clase 4 (cuencas entre 100 y 1000 Km$^2$) acorde a la Tabla 43.

***Tabla 43. Rangos de clasificación de áreas aferentes***

| Área de cuenca aferente (Km$^2$) | Clase |
|---|---|
| 0 < A ≤ 1 | 1 |
| 1< A ≤ 10 | 2 |
| 10 < A ≤ 100 | 3 |
| 100 < A ≤ 1000 | 4 |
| 1000 < A ≤ 10000 | 5 |
| 10000 < A ≤ 100000 | 6 |

***Nota: Tomado de MADS, 2018***

Finalmente, se revisan las categorías de densidad de drenajes por cada unidad geomorfológica que atraviesa el Cauce Permanente tanto en el margen izquierdo como en el margen derecho, se crean los campos "[N_I] y [N_D]" para asignar los valores de N de forma manual cortando el cauce cada que hay cambio de unidad

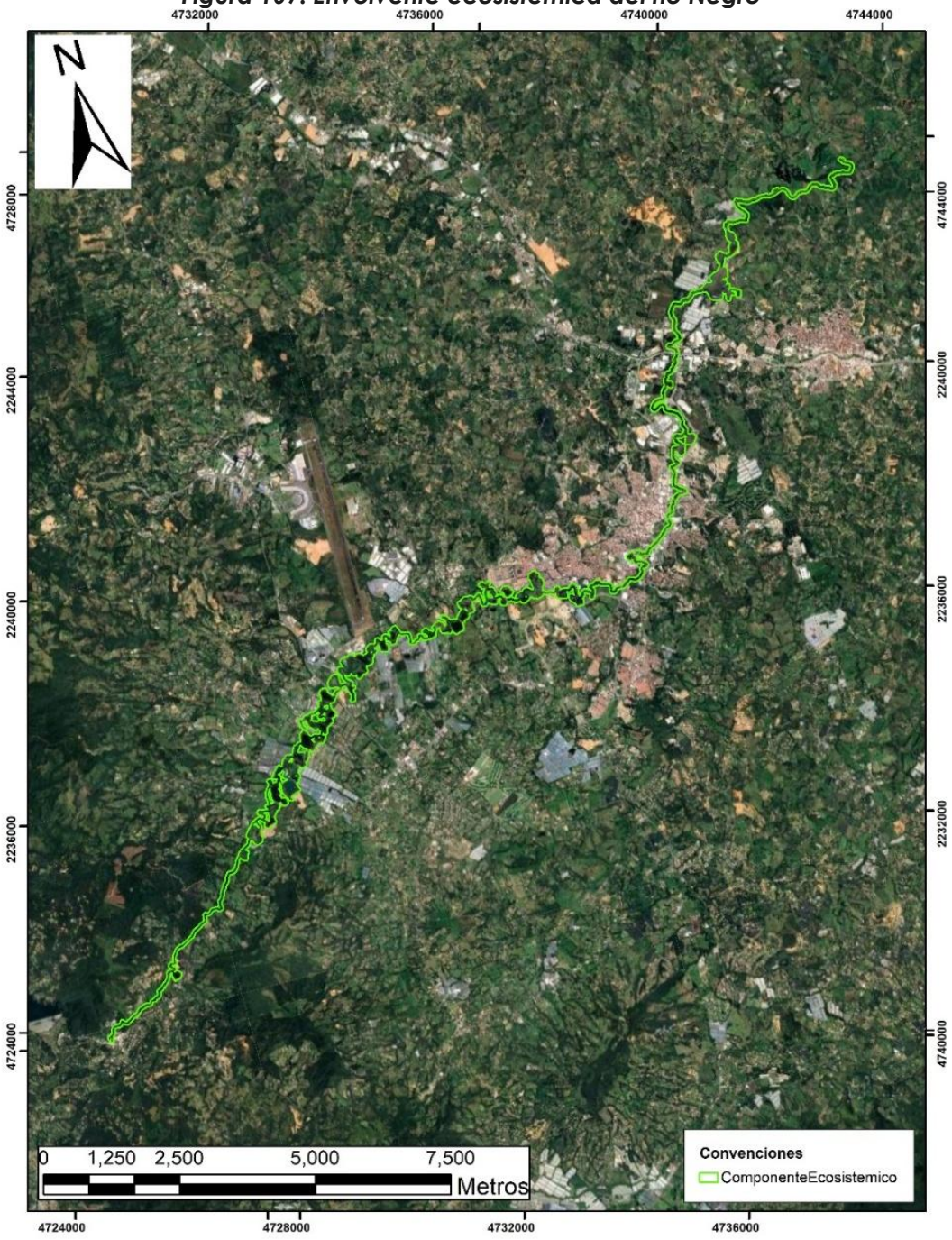
geomorfológica, finalmente se asignan los valores correspondientes al lado derecho o el lado izquierdo del cauce, obtenido de la matriz de doble entrada.

### 7.6.4 Determinación de la franja ecosistémica

Surtiendo los pasos previos y con apoyo de las herramientas SIG se define la envolvente ecosistémica, tal como se puede ver en la *Figura 107*. Para la ronda del río Negro la envolvente ecosistémica corresponde a un área de 416.35 ha, con una distancias al cauce permanente que oscila entre 17 y 27 m.

Tal como lo define la Guía, conservar y restaurar esta área tiene como objetivo mantener o restablecer las funciones ecosistémicas en la ronda, sin desconocer los aspectos relacionados desde los componentes geomorfológico e hidrológico.

***Figura 107. Envolvente ecosistémica del río Negro***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 7.7 Resultados

Es evidente el alto grado de transformación del paisaje en la envolvente ecosistémica y en general en toda la ronda, lo que permite inferir que las funciones ecosistémicas allí se han disminuido notablemente, ya que estas dependen de la cubierta en bosque de galería y ripario y de su estado.

En la randa la cobertura predominante está asociada a territorios agrícolas, con pastos limpios, en general con un uso pecuario y áreas verdes asociadas a condominios y parcelaciones, y con lo observado en campo, no se cuenta con buenas prácticas, en la mayoría de casos se evidenció semovientes que llegan hasta el cuerpo de agua, lo que genera impactos negativos sobre las fuentes hídricas.

El análisis de información secundaria proveniente de documentos técnicos de acotamiento, inventarios florísticos y bases de datos de biodiversidad permitió caracterizar de manera integral la estructura y funcionalidad de los ecosistemas riparios asociados al río Negro y a sus principales afluentes en los municipios de Rionegro y Marinilla, constituyéndose en un insumo sólido para la delimitación de la ronda hídrica desde un enfoque ecosistémico.

El estudio del Índice de Valor de Importancia (IVI) evidenció patrones contrastantes de dominancia entre los afluentes analizados. Mientras quebradas como Pantanillo y Agudelo presentan una dominancia marcada de especies pioneras y, en algunos casos, de especies introducidas, otras como La Pereira muestran una dominancia moderada y una mayor diversidad estructural, reflejando estados sucesionales más avanzados y una mejor funcionalidad ecológica del bosque ripario.

La presencia recurrente de especies pioneras como *Croton magdalenensis* y *Cecropia* spp. indica que gran parte de los bosques riparios del sistema del río Negro se encuentran en procesos de sucesión secundaria, asociados a transformaciones históricas del territorio. No obstante, la coexistencia de especies del estrato medio y alto, como *Weinmannia pubescens*, *Nectandra acutifolia* e *Ilex nervosa*, evidencia un potencial de recuperación ecológica significativo en varios tramos del corredor ripario.

La estructura vertical del bosque, evaluada a partir de la altura promedio de las especies con mayor IVI, muestra una alta variabilidad entre afluentes. Esta variabilidad responde a diferencias en el grado de intervención.

La identificación de especies introducidas con valores relevantes de IVI, como *Eucalyptus camaldulensis*, pone en evidencia procesos de intervención antrópica que han modificado la composición y estructura del bosque ripario. Estas especies, si bien aportan cobertura vegetal, no representan la vegetación nativa potencial y constituyen un factor a considerar en la formulación de estrategias de restauración ecológica dentro de la ronda hídrica.

La revisión de información secundaria sobre flora y fauna reportada para Rionegro y Marinilla, con énfasis en especies endémicas y amenazadas, resalta la alta sensibilidad ecológica del sistema del río Negro. La presencia de especies con distribución restringida y de especies categorizadas en estados de amenaza refuerza la importancia de la ronda hídrica como espacio prioritario para la conservación de la biodiversidad.

El inventario registró 46 especies pertenecientes a 28 familias y 264 individuos, con una clara dominancia de especies nativas (92,4 %) frente a una baja proporción de especies introducidas (7,6 %). Este patrón sugiere que el área evaluada conserva características propias de la vegetación natural asociada a áreas de influencia de la ronda hídrica del río Negro, lo que fortalece la representatividad del inventario para la determinación de la variable H.

La mayor concentración de individuos se presenta en clases diamétricas entre 5 y 15 cm de DAP, con una disminución progresiva hacia clases mayores. Este comportamiento estructural es característico de bosques secundarios o vegetación ribereña en procesos de sucesión, donde predominan especies pioneras, con potencial de ser utilizadas en procesos de restauración del ecosistema asociado a la ronda hídrica del río Negro.

La vegetación ribereña está dominada por estratos subarbóreos (5–11,99 m), lo que indica una estructura asociada a procesos de regeneración. Las especies *Croton magdalenensis, Vismia baccifera* y *Andesanthus lepidotus*, con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI), permitieron calcular una altura media de 7,37 m (valor característico del estrato dominante), utilizada como variable H en la metodología de delimitación de la ronda hídrica.

En la evaluación de las coberturas terrestres en el área de influencia de la ronda es evidente la necesidad de implementar a la mayor brevedad posible procesos de restauración ecológica en sus diferentes tipologías, para recuperar la funcionalidad ecosistémica de la ronda.

Es indispensable que desde las unidades de gestión y control territorial los municipios con influencia en a la ronda den un paso hacia la recuperación de estás área, y generar conciencia de lo importante de salvaguardar la casa del río.

Reconocer las coberturas y usos del suelo contribuyen a definir acertadamente las estrategias y criterios de manejo para recuperar y restablecer la funcionalidad ecosistémica de la ronda.

Es evidente la necesidad de una articulación interinstitucional y desde los diferentes instrumentos de planificación tanto del territorio como de los recursos naturales para garantizar una armonía entre todos ellos, y aunar esfuerzos para la recuperación y restablecimiento de la funcionalidad ecosistémica de la ronda.

# 8. COMPONENTE SOCIAL

## 8.1 Contexto socio-territorial del área de estudio.

La subregión del Oriente antioqueño se encuentra ubicada en medio de los ríos Cauca y Magdalena al suroriente del departamento, cruzando de sur a norte por la Cordillera central. La subregión tiene 23 municipios y está dividida en cuatro zonas: Altiplano, Embalses, Bosques y Páramo. Los tres municipios donde se ubica esta ronda hídrica, *El Retiro, Rionegro y Marinilla*, todos hacen parte de la subregión del altiplano.

En la subregión del Altiplano se concentra la mayor parte de la población, de las empresas y se asienta en gran escala la floricultura y la Industria de la región oriente. (Consejo Territorial de Planeación de Antioquia)

Es una zona de climas variados, con una oferta paisajística muy atractiva y un nivel de desarrollo general alto. Es la segunda subregión más poblada del departamento, después del Valle de Aburrá, y le sigue a ésta en importancia económica.

El Oriente antioqueño también destaca porque tiene una gran riqueza hídrica que la ha convertido la mayor productora de energía de Colombia. Por ella corren numerosos y caudalosos ríos tales como El Nare, el río Negro, El Buey, Calderas, Samaná. Está el Páramo de Sonsón, y una zona de bosque húmedo tropical llamado el sistema del altiplano. (Gobernación de Antioquia)

### 8.1.1 Localización geográfica y delimitación administrativa.

El municipio de El Retiro se encuentra ubicado en el altiplano de la subregión Oriente de Antioquia, tiene 244 km de los cuales, 1 km es la parte urbana y el resto es la parte rural de la localidad. Cuenta con 20 veredas, además de la zona urbana de 1 km² entre ellas *Don Diego,* que es la zona objeto de estudio de la ronda hídrica del río Negro en este municipio.

El Retiro limita por el norte con los municipios de Envigado y Rionegro, por el este con los municipios de Rionegro y La Ceja, por el sur con La Ceja y Montebello y por el oeste con los municipios de Santa Bárbara, Caldas y Envigado.

Por su parte, Rionegro tiene 196 km2, de los cuales 187.57 km, que corresponde al 96% es suelo rural y 8.43 km2 que es el 4% de la totalidad del área municipal, es suelo urbano. (ASIS, 2024).

El suelo urbano del municipio se encuentra dividido en 4 comunas (Liborio Mejía, San Antonio, Monseñor Alfonso Uribe Jaramillo y El Porvenir y 10 barrios: El Porvenir, Centro, El Hospital, Alto del Medio, Belchite, San Antonio, Gualanday, El Faro, Santa Ana y Cuatro Esquinas.

El suelo rural se encuentra dividido en los siguientes corregimientos: sur- Gilberto Echeverri Mejía, occidente – José María Córdova, Centro – Casimiro García, y norte - Néstor Esteban Sanint Arbeláez (ASIS, 2024) y las siguientes veredas, la cuales se identifican de norte a sur, con los siguientes nombres: Río Abajo, Los Pinos, San Luis, Santa Bárbara, Galicia parte alta, Galicia parte baja, La Mosca, Mampuesto, La Laja, Fontibón, El Carmín, Cuchillas de San José, Cimarrona, Ojo de Agua, La Mosquita, Villa Rica Ranchería, Abreo, Abreito, Vereda La Quiebra, Vereda Yarumal, Convención, Chachafruto, Barro Blanco 1, Barro Blanco 2, Chipre, El Tablazo, Tablacito, Tres Puertas, Vilachuaga, Guayabito, Cabeceras de Llano Grande, Pontezuela, Capiro, Higuerón, Vereda Santa Teresa (Rionegro, 2009 en PMGRD 2024). De la totalidad de las veredas y barrios de la capital del oriente antioqueño, 27 son las más cercanas al río Negro.

En cuanto a Marinilla limita por el norte con San Vicente Ferrer, por el nororiente con El Peñol, por el oriente con El Santuario, por el sur con El Carmen de Viboral y por el occidente con Rionegro. La localidad tiene 35 barrios y 36 veredas, de las cuales las veredas Belén, La primavera, El socorro, la Asunción y Llanadas, son las que se encuentran más aledañas al río Negro.

### 8.1.2 Caracterización demográfica

El municipio de El Retiro cuenta en la actualidad con 25.431 habitantes, de los cuales el 57.9% (14.723) reside en la zona urbana y el 42.1% (10.708) restante reside en la parte rural. De acuerdo con las proyecciones de población con base en el Censo DANE 2018, para el municipio de el Retiro, se estima un crecimiento del 5.17% respecto a la población del año 2024, pasando de 25.431 habitantes a 26.817 para el 2035. Del total de esta población 2 personas se reconocen como indígenas, 59 como afrocolombianos y el resto como mestizos.

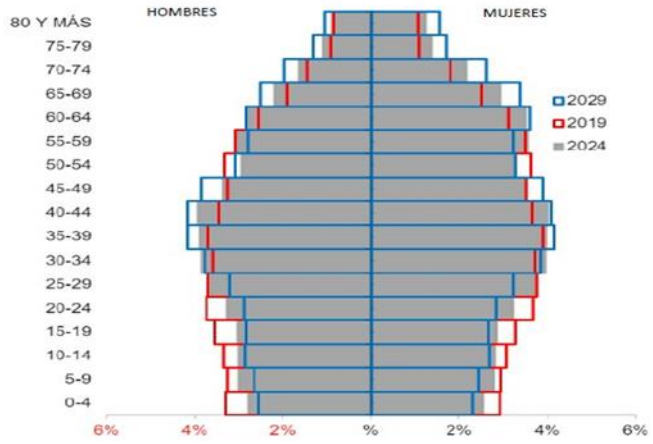
Es importante mencionar la forma y grado de urbanización en la localidad, dado que aparte del casco urbano de El Retiro, la zona específica objeto de este estudio, se encuentra entre las zonas más pobladas, pues las veredas con mayor nivel de urbanización son el Chuscal, Don Diego, los Salados, Carrizales, el Portento.

Para el año 2024, el municipio de El Retiro cuenta, según datos del DANE, con un total de 8.979 viviendas ocupadas, de las cuales el 59.3% corresponden a la cabecera y el restante a la zona rural. Las condiciones generales de dichas viviendas, referidas a los materiales con los cuales están elaboradas son: en la zona urbana, los pisos están acabados principalmente en baldosas de cerámica y de barro u otros materiales que aseguran la estabilidad de los terrenos sobre las cuales están construidas. Las paredes están elaboradas mayoritariamente en bloque y ladrillo. En cuanto a ruralidad, los datos obtenidos muestran que los materiales que utilizan para la construcción de las viviendas son principalmente adobe, tapia y baldosa. Respecto a los hogares, el municipio de El

Retiro cuenta, al año 2024, con 9.230 hogares, 5.435 en la zona urbana y 3.795 en la zona rural.

Como se observa en la gráfica, la pirámide poblacional del municipio de El Retiro para el año 2019 tiende a ser mucho más amplia en la base por el aumento en la tasa de natalidad y el aumento de la mortalidad en la población adulta mayor. Ya para 2024 cambia la tendencia, pues se evidencia una disminución significativa en el número de nacimientos y el incremento de la población en edad productiva lo que podría significar una mayor y mejor competitividad para el municipio, debido a que la población adulta joven se encuentra buscando oportunidades de educación superior y laborando. Con notable crecimiento en la pirámide también se encuentra la población adulta mayor.

***Figura 108. Pirámide de población El Retiro***




***Nota. Fuente ASIS. 2025***

Ya en la proyección 2029, la tendencia de la tasa de natalidad tiende a disminuir y así mismo la población infantil, joven y adolescente, encontrando una estabilidad en la adultez, pero vale la pena anotar el comportamiento de la población adulta mayor que crece, y con ella como es natural el aumento de las enfermedades y la disminución en la esperanza de vida. (ASIS El Retiro, 2024)

Por su parte, la situación poblacional de Rionegro es la siguiente: tiene 146.880 habitantes, distribuidos en 96.520 habitantes urbanos y 50.360 rurales. (Terridata, ASIS, PMGRD, 2024). Este número de habitantes se distribuyen en los siguientes grupos étnicos: 61 indígenas, 1 gitano, 7 raizales, 1 palenquero de San Basilio, 909 afrocolombianos y 145.901 mestizos que no se reconocen dentro de ningún grupo étnico. En cuanto al sexo, el 51% de la población mencionada en Rionegro son mujeres con un número de 74.971 y un 49% son hombres con 71.909.

De acuerdo con la gestión catastral recopilada para el año 2025, y según la estratificación basada en los contadores de agua, se identificaron un total de 62.972 viviendas en el municipio. De estas, el 82,7% se encuentra ubicado en la zona urbana, mientras que el 17,3% corresponde al área rural. (ASIS Rionegro, 2025)

***Tabla 44 Cantidad de viviendas identificadas por catastro, Rionegro***

| Sector | Cantidad Viviendas | | | | | | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Estrato 1 | Estrato 2 | Estrato 3 | Estrato 4 | Estrato 5 | Estrato 6 | Total | |
| Rural | 1,696 | 2,058 | 3,805 | 1,272 | 1,158 | 931 | 10,920 | 17.3% |
| Urbano | 264 | 4,181 | 13,850 | 18,882 | 10,884 | 3,991 | 52,052 | 82.7% |
| Total | 1,960 | 6,239 | 17,655 | 20,154 | 12,042 | 4,922 | 62,972 | 100% |

***Nota. Fuente ASIS. 2025***

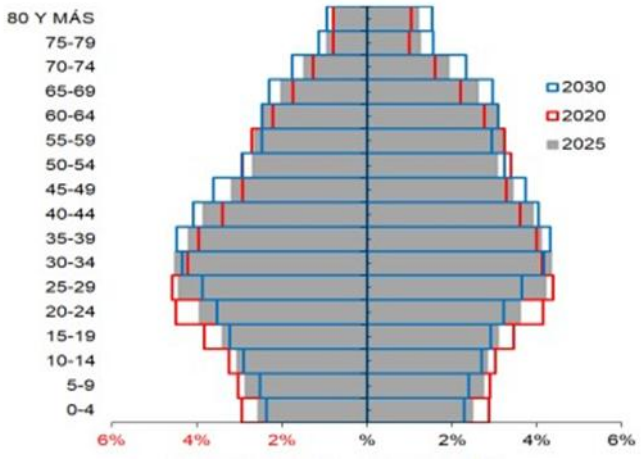
En referencia al número de hogares, el municipio de Rionegro cuenta para el año 2024 con aproximadamente 49.302 hogares, con un promedio de tres personas por hogar, lo que equivale a una población estimada de 147.906 habitantes. Del total de hogares, 32.250 (65,4%) se encuentran ubicados en el área urbana, mientras que 17.747 (34,6%) residen en el área rural. Esta distribución evidencia una mayor concentración urbana, en coherencia con el proceso de urbanización sostenido que ha caracterizado al municipio en los últimos años, impulsado por el crecimiento económico y la expansión residencial. (ASIS Rionegro, 2025)

Para el año 2025, de acuerdo con las proyecciones del DANE para el municipio, se mantiene la tendencia de disminución en la natalidad observada durante los últimos años, reflejando una reducción de la base de la pirámide poblacional. Este comportamiento corresponde a una pirámide regresiva, similar a la de los países desarrollados.

Asimismo, la estructura demográfica evidencia un centro robusto, conformado por población joven en edad productiva (entre 15 y 64 años), que representa el 71,3% del total, tanto en hombres como en mujeres. Se observa también, un incremento de la población en edades de 60 años y más, evidenciando un proceso gradual de envejecimiento poblacional en el municipio, acompañado del aumento de la esperanza de vida. De acuerdo con el sexo, el 51,1 % de la población corresponde a

mujeres (75.517) y el 48,9 % a hombres (72.390), con una diferencia de 3.127 mujeres por encima de los hombres. Este comportamiento refleja una mayor expectativa de vida en las mujeres, tendencia que se ha mantenido a lo largo del tiempo.

***Figura 109. Pirámide población Rionegro***




***Nota. Fuente ASIS. 2025***

Los temas de migración forzada y dinámica migratoria también han sido relevantes en el municipio de Rionegro a lo largo de las décadas con algunos momentos marcadamente más importantes que han aportado a las transformaciones de la localidad. Rionegro es el primer municipio en el Oriente Antioqueño con mayor concentración de población venezolana, se posiciona en el número 30 con mayor número de venezolanos en Colombia, por encima de algunas ciudades principales. Esto se ocasiona, por tener características especiales en geolocalización, infraestructura, industrias, generación de empleo, vivienda y atención en salud, (ASIS, 2024)

Según datos de la personería municipal, hay cerca de 20.000 venezolanos actualmente residiendo en Rionegro. (Mioriente, 2024) La población urbana ha incrementado en la localidad en los últimos 10 años en un 29%, pasando de 74.824 habitantes a 96.520 y se advierte que con la gran llegada de nueva población que el municipio ha venido experimentado, estas proyecciones muy probablemente están por debajo de la realidad (ASIS, 2024)

La pirámide poblacional de migrantes reportada para Rionegro, permite observar cómo el 10.8% de esta población se concentra de 25 a 29 años, seguido del grupo de edad de 5 a 9 años con el 10.4%, el 65% se ubica en las edades de 15 a 59 años, identificados como población económicamente activa, con un 66% de mujeres, la población de 60 años y más registra un 11% con 962 personas.

La floricultura podría considerarse la segunda fuente importante que atrae migración al municipio, y algunas otras zonas de producción agrícola o agroindustrial a gran escala que atraen importante cantidad de población. Otra fuente que trae población flotante

es la dinámica turística especialmente de los fines de semana y más aun los que incluyen día festivo, cuando la población de la cuenca aumenta sustancialmente con los viajeros y las viviendas de los veraneantes que son más habitadas durante estos días, lo cual en ocasiones demanda mucha más agua para consumo humano de lo que los acueductos pueden ofertar.

Otra población flotante importante es la generada en torno a las operaciones del aeropuerto que, en una proyección de quince años, cuando termine la ampliación de la segunda pista, se estima movilice quince millones de pasajeros anuales, según lo planteó el secretario de planeación de río Negro en el Foro Regional. Existen áreas ganaderas de cultivo y comercialización, que también atraen cada fin de semana feriado una importante población a la cuenca.

Otro factor de migración y de aumento de consumo de los servicios ecosistémicos, son los corredores de asentamiento de industrias y bodegaje asociados a la autopista Medellín-Bogotá, así como una gran cantidad de actividades económicas de producción y consumo en la zona. (POMCA, 840)

En cuanto a la movilidad forzada, el municipio de Rionegro se caracteriza por ser receptor, dadas las condiciones de ciudad intermedia y las facilidades de acceso por diferentes vías, se convierte en un punto de referencia para que las personas del oriente cercano afectados por situaciones de violencia lleguen a buscar oportunidades; no obstante, se ha identificado que gran parte de esta población declara en el municipio, pero luego se dirigen a otros sitios.

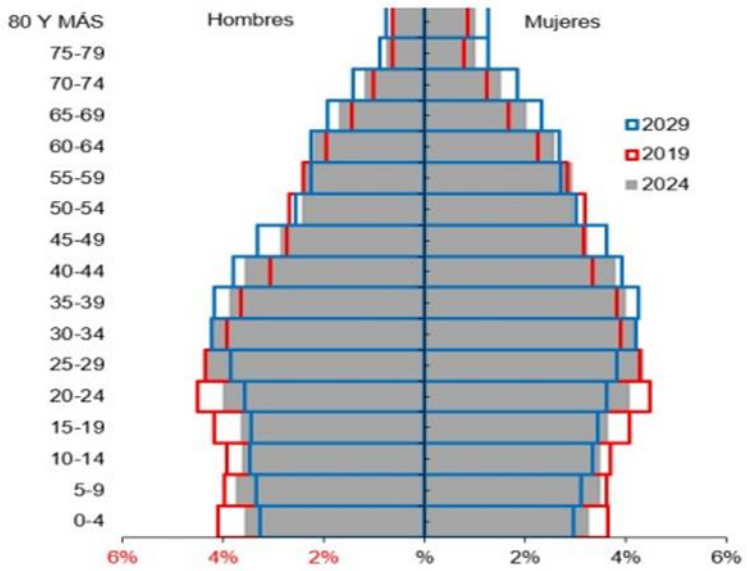
El número de víctimas del conflicto armado certificados como desplazados en el municipio a septiembre de 2024 son 27.474 personas, de los cuales el 51.9% son mujeres y el 48.1% son hombres. Se resalta que la mayor población se ubica en los grupos de edad económicamente activa, el 1% se ubica en población menor de cinco años.

Continuando con Marinilla, esta localidad alberga a una población estimada de 69,898 habitantes según la proyección del DANE a diciembre de 2024; y donde se destaca una ligera mayoría femenina, representando el 51% del total. (ASIS, 2024) En esta localidad el grado de urbanización es del 73.1%, lo que significa que la mayoría de su población reside en el área urbana (51,118 habitantes en la cabecera municipal) en comparación con el área rural (18,780 habitantes).

La pirámide poblacional de Marinilla y los índices demográficos revelan una estructura de envejecimiento gradual, con un decrecimiento en los grupos de edad más jóvenes y un aumento en los índices de vejez y envejecimiento proyectados para 2029. Los índices de infancia y juventud disminuyen progresivamente, mientras que el índice de envejecimiento aumenta, pasando de 36.1 en 2019 a 43.8 en 2029. Esto indica que,

aunque la mayoría de la población aún es joven, el municipio está en una transición demográfica hacia un mayor porcentaje de población adulta y mayor. (ASIS, 2024)

***Figura 110.pirámide poblacional Marinilla.***




***Nota. Fuente ASIS 2024***

Respecto a la pertenencia a algún grupo étnico, en Marinilla se reporta la presencia de 40 indígenas y 82 afrocolombianos, el resto de la población se auto reconoce como mestiza.

En cuanto al tema de la movilidad forzada y dinámica migratoria respectivamente, las cifras muestran una concentración significativa en las edades de 20 a 44 años, con una mayor proporción de personas en este rango etario. Este perfil indica que la mayoría de las personas que migraron al municipio en calidad de víctimas del conflicto se encuentran en edad productiva. Este desplazamiento de población se debe a la búsqueda de un entorno seguro y nuevas oportunidades, luego de haber experimentado situaciones de violencia o conflicto en otras áreas.

El impacto de esta migración de víctimas hacia Marinilla puede tener impactos como la contribución a la economía local al integrarse en el mercado laboral, generando una revitalización en la fuerza de trabajo. Además, el municipio tiene la oportunidad de promover programas de inclusión social que potencien el desarrollo económico y cultural. Sin embargo, existen desafíos como la necesidad de proporcionar apoyo psicosocial, atención en salud, y oportunidades de vivienda y empleo, lo cual trae presión y debe gestionarse adecuadamente por la institucionalidad. (ASIS, 2024)

En referencia a la dinámica migratoria que no obedece a la fuerza mayor, Marinilla muestra una alta concentración de personas en los grupos etarios de 20 a 44 años, con una clara predominancia en el grupo de 25 a 34 años.

Esto indica que como en el caso anterior, la mayoría de los migrantes hacia el municipio son personas en edad laboral y productiva, en su mayoría mujeres. Este perfil demográfico sugiere que Marinilla es un destino atractivo para jóvenes adultos en búsqueda de oportunidades económicas o para establecerse en una nueva comunidad, lo cual puede estar relacionado con factores de desarrollo urbano y una oferta de empleo en la región y tiene la potencialidad de fortalecer la economía local, ya que la llegada de personas en edad activa podría dinamizar el mercado laboral, aumentar el consumo y fomentar el emprendimiento.

Además, el predominio de mujeres en estos grupos etarios podría influir en la demanda de servicios específicos, como cuidado infantil y educación, y promover una diversidad en la estructura familiar y social. Sin embargo, esta llegada de migrantes como ya se mencionó puede representar desafíos para el municipio, especialmente si el crecimiento de la infraestructura y los servicios no va al mismo ritmo que el aumento y las demandas de servicios a la población. (ASIS Marinilla, 2024)

Respecto a la migración de otros países, según Migración Colombia, para el mes de agosto de 2023, se registraron 7.141 personas de nacionalidad venezolana. De estos, solo cerca del 15% están caracterizados en el SISBEN (PMD, 2024)

### 8.1.3 Actividades económicas

El río Negro desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico de los tres municipios que componen este estudio técnico a saber: Rionegro, El Retiro y Marinilla. A lo largo de este tramo, se desarrollan diversas actividades productivas que han impulsado el crecimiento de la región.

En las últimas décadas, la industria y la manufactura han crecido significativamente, diversificando la economía local, especialmente en áreas cercanas al rio Negro y abarca una gran diversidad de ramas: textil, alimentaria, papel, química, metalmecánica, materiales de construcción, cerámica, etc. configurando el segundo polo de crecimiento manufacturero del departamento que acoge tanto empresas de nueva implantación como instalaciones que se trasladan desde anteriores ubicaciones en el Valle de Aburrá. (CCOA, 2024)

En este sector de la industria destaca, además, el crecimiento de la construcción, debido al fenómeno de expansión urbana que experimenta actualmente la región tanto en su zona urbana, así como en la rural. La construcción de centros comerciales, bodegas, urbanizaciones, parcelaciones y proyectos campestres responde, en gran parte, a la migración de habitantes de Medellín hacia el oriente antioqueño en busca

de mejor calidad de vida, a precios más competitivos que los de la capital del departamento y la aspiración de una vida con las ventajas de estar cerca de la naturaleza, pero con todas las comodidades de la ciudad.

El comercio y los servicios también han crecido de manera paralela, con la aparición de centros comerciales, restaurantes, instituciones educativas y servicios financieros que atienden a una población en constante aumento.

En el área urbana de la cuenca, el municipio con mayor número de establecimientos es Rionegro con el 42,8% de los mismos; de éstos el 55,5% corresponde a establecimientos de comercio y el 41,2% a establecimientos de servicios. (POMCA, 2017)

De acuerdo al ejercicio de cartografía social, se pudo observar como la vereda don Diego del municipio de El Retiro y su zona conexa rural con el municipio de Rionegro, representado en el corregimiento occidental, sector Llanogrande, posee una vocación que combina actividades productivas tradicionales y de comercio; con una dinámica de vivienda campestre de alto valor y un crecimiento turístico acelerado (especialmente gastronómico y de sitios de recreo y eventos); sin embargo, afronta retos significativos como la presión urbanística en suelos ambientalmente frágiles, aumento del valor de la tierra y pérdida de identidad rural, congestión vial y limitaciones de infraestructura para la creciente demanda turística y residencial.

Otro factor clave es el transporte y la logística, impulsados en gran medida por el Aeropuerto Internacional José María Córdova. Este facilita la exportación de productos, especialmente flores, y ha convertido la región en un importante centro logístico del país.

De otro lado, la agricultura ha sido históricamente una de las principales bases económicas. Gracias a la disponibilidad de agua, se cultivan flores para exportación, así como hortalizas, papa, maíz y diferentes frutales. Esta actividad es clave no solo para el consumo interno, sino también para el comercio internacional, especialmente en el sector floricultor; aunque se debe reconocer que cada vez es menos notaria esta vocación agrícola dentro de la zona de estudio, dado sus cambios en los usos del suelo y su tendencia al desarrollo de la expansión urbanística en zonas semi urbanas y con excelente conectividad vial en torno a la base aeroportuaria y de zona franca.

En los municipios de Rionegro y Marinilla, por ejemplo, los cultivos anuales como arracacha, uchuva, yuca y plantas aromáticas, aunque están presentes en el territorio son los que menor área destinada tienen; También están presentes los cultivos transitorios como Arveja, Choclo, Frijol Verde, Frijol voluble, Lechuga, Papa, Papa criolla, Repollo, Zanahoria, Cilantro, Habichuela, Brócoli, apio, tomate chonto, maíz y otras hortalizas (POMCA, 2017).

La vocación histórica y actual del municipio de Marinilla combina agroindustria, comercio mayorista y servicios intermedios, dada su ubicación sobre el eje central de la

Autopista Medellín-Bogotá. El municipio presenta un alto potencial para consolidar cadenas agroalimentarias, desarrollar plataformas de abastecimiento regional y fortalecer emprendimientos culturales; sin embargo, enfrenta retos importantes: la presión suburbana, la ocupación informal de bordes urbanos, la necesidad de actualizar y armonizar el ordenamiento territorial y el desafío de articularse funcionalmente con Rionegro y El Santuario para evitar congestión, expansión desbordada y pérdida de su identidad territorial. (CCOA, 2017)

La floricultura también es un sector relevante, pues tiene gran dinamismo en el territorio de la cuenca, siendo el cultivo de flores para la exportación un fenómeno creciente en esta subregión en los últimos años. Según datos de Asocolflores 2024, en el municipio de Rionegro esta actividad generó cerca de 4.380 empleos formales. (Asocolflores, 2024)

La ganadería también ha tenido una presencia importante, especialmente en la producción de leche y en menor medida en ganado de engorde. Aunque esta actividad al igual que todas las demás actividades agropecuarias se han ido viendo desplazadas por el cambio del uso del suelo hacia uno residencial o industrial, algunas zonas rurales cercanas al río están dedicadas a esta labor, aprovechando las condiciones naturales del territorio. En algunos casos, esta tarea se realiza en aprovechamiento de lote de "engorde" para futuros proyectos urbanísticos.

Finalmente, el turismo y la recreación han comenzado a consolidarse como una actividad emergente, con ofertas de ecoturismo, fincas de descanso y experiencias gastronómicas que aprovechan el entorno natural de la región.

En conjunto, estas actividades muestran cómo el río Negro no solo es un patrimonio natural esencial, sino también un eje estructurador del desarrollo económico del oriente antioqueño.

### 8.1.4 Aspecto socio cultural: percepción y relación con el río Negro

La percepción de los habitantes frente al río Negro evidencia una relación compleja, dinámica y profundamente ligada a la memoria, la identidad territorial y las transformaciones socioambientales a lo largo de su cuenca. A partir de entrevistas y testimonios, es posible identificar una evolución en la relación de la comunidad con este cuerpo de agua, que transita desde una conexión directa, cotidiana y afectiva, hacia una relación más distante, mediada por contaminación, degradación y demás problemáticas ambientales ocasionadas a raíz de las acciones antrópicas en la región.

En primer lugar, se destaca una relación histórica y de memoria colectiva, en la que el río Negro es recordado como un espacio de encuentro, recreación y sustento. Los habitantes evocan prácticas como el baño, la pesca, el lavado de ropa y la navegación, asociadas a un río limpio, transparente, con mayor caudal y meandros definidos.

*"El río Negro era una hermosura de río; antes tenía más corriente, tenía más agua, el agua era transparente, entonces a nosotros, sobre todo a mi papá, le ha gustado mucho el remo e íbamos hasta la finca de mi abuela que llamábamos El Remanso, y que quedaba donde hoy es la pista del aeropuerto, nos demorábamos hora y media; entonces nosotros navegamos el río Negro millones de veces. También pescábamos sardinas y sabaletas; es decir, el río Negro ha sido amigo y compañero nuestro desde hace más de sesenta años" (*A. *Restrepo, comunicación directa, 26 de marzo de 2026)*.

Estas narrativas dan cuenta de la memoria intergeneracional y constituyen un referente clave para comprender las percepciones actuales, en tanto establece un contraste con las condiciones presentes del río. De esta forma, emerge una *percepción de deterioro ambiental*, ampliamente compartida por varios de los actores entrevistados.

El río es descrito actualmente como un cuerpo de agua afectado por la contaminación, la disposición inadecuada de residuos y la pérdida de calidad hídrica. Se evidencia una preocupación por la falta de conciencia ciudadana respecto al cuidado del patrimonio, especialmente al reconocer que el agua del río hace parte del ciclo que abastece a la población. Esta percepción de degradación genera, en algunos casos, sentimientos de pérdida y desconexión frente a este importante cuerpo de agua.

*"El río Negro significaba, ya no significa tanto. Nuestros padres y abuelos nos contaban que se bañaban, que el agua era limpia, se veían las piedras del fondo. Pero ahora ya vemos que el río cambió totalmente, ya no es sino basura, no hay conciencia de que esa agua es la misma que nos debemos tomar"* (C. Ramírez, comunicación directa, Rionegro, 18 de febrero de 2026)

No obstante, el río Negro continúa siendo reconocido como un elemento central en la identidad territorial. Para varios actores, el río no solo da origen al nombre del municipio, sino que constituye un símbolo histórico, cultural y paisajístico. Se le atribuyen valores asociados al arte, la cultura, la recreación y la economía, consolidándolo como un eje estructurante del territorio. Esta dimensión simbólica refuerza la importancia del río más allá de su función ecológica, posicionándolo como patrimonio colectivo.

Adicionalmente, se identifica una relación funcional y económica con el río, en la que diferentes actores reconocen su importancia para el desarrollo regional. El río es percibido como un eje articulador que alimenta otros sistemas hídricos de relevancia, como los embalses, y como un soporte para actividades productivas, investigativas y de servicios. Asimismo, algunos actores resaltan la responsabilidad en el manejo del recurso hídrico, especialmente en relación con vertimientos y actividades agropecuarias, evidenciando una incipiente conciencia ambiental en ciertos sectores.

Por otra parte, los testimonios reflejan una comprensión del río como sistema natural dinámico, en la que se reconoce que fenómenos como las inundaciones hacen parte

de su comportamiento natural. Esta visión cuestiona las intervenciones antrópicas orientadas a la "domesticación" del río y plantea la necesidad de respetar su espacio y funcionamiento ecológico, lo cual resulta clave en el contexto de la delimitación de la ronda hídrica.

Finalmente, se identifican percepciones asociadas a la proyección futura del río, en las que algunos actores expresan expectativas positivas frente a su recuperación y valorización ecológica. La presencia de biodiversidad, como aves migratorias y fauna asociada, es interpretada como un indicador de resiliencia del ecosistema. Sin embargo, estas expectativas están condicionadas a la implementación efectiva de acciones de manejo, restauración y gobernanza.

*"El río Negro es el patrimonio más grande que tiene la ciudad. Las personas no saben realmente lo que es el río y yo creo que en unos diez años va a estar más vivo de lo que está ahora. Él tiene vida porque cerca de 70 aves migratorias llegan en diferentes épocas del año, la nutria es un visitante común y hasta yo creo que un día va a ser navegable".* (N. García, comunicación directa, Rionegro, 19 de febrero de 2026)

En síntesis, la relación de los habitantes con el río Negro se configura a partir de una tensión entre la memoria de un río vivo y cercano, y la realidad actual de deterioro y distanciamiento. No obstante, persiste un reconocimiento amplio de su valor ecológico, cultural y territorial, lo que representa una oportunidad para fortalecer procesos de apropiación social, conservación y gestión sostenible en el marco de la ronda hídrica.

### 8.2 Presencia de asentamientos sociales

La configuración histórica del río Negro ha estado estrechamente ligada a los procesos de poblamiento y ocupación del territorio, consolidándose como un eje estructurante para la localización de asentamientos humanos desde la época de la colonización. Inicialmente, las orillas del río y sus áreas circundantes fueron ocupadas para el desarrollo de actividades mineras, agrícolas y ganaderas, dando lugar a la conformación de pequeños caseríos a ambos lados de sus márgenes, los cuales evolucionaron con el tiempo en centros poblados más consolidados.

A lo largo del tiempo, esta relación entre asentamiento y proximidad al río se ha mantenido, aunque con transformaciones significativas en los usos del suelo. Durante el siglo XX, el río continuó siendo un soporte fundamental para el desarrollo urbano e industrial, lo que incentivó la localización de población y actividades en sus áreas de influencia. Sin embargo, es a partir de la segunda mitad del siglo XX, especialmente desde la década de 1960, cuando se intensifican los procesos de ocupación, asociados al crecimiento industrial y a la consolidación de una clase trabajadora que demandaba vivienda, educación y todos los servicios para los hogares, en cercanías a los centros productivos.

Este proceso dio lugar a la expansión de barrios y asentamientos residenciales, muchos de ellos desarrollados de manera progresiva y, en algunos casos, sin una adecuada planificación territorial. Posteriormente, entre las décadas de 1970 y 2000, la cuenca experimentó un proceso acelerado de transformación territorial, impulsado por la construcción de infraestructura vial, especialmente la autopista Medellín – Bogotá y sus posteriores ampliaciones, el aeropuerto José María Córdova; además del crecimiento y fortalecimiento del sector industrial y la llegada de población migrante, tanto por oportunidades económicas como por el desplazamiento asociado al conflicto armado. Estas dinámicas consolidaron patrones de ocupación tanto en áreas urbanas como rurales, extendiendo progresivamente la frontera de la urbe hacia zonas cercanas al río y sus afluentes.

En las últimas décadas, se ha intensificado un fenómeno de reconfiguración del uso del suelo rural, caracterizado por la transformación de predios agrícolas que se trasforman en parcelaciones, condominios y viviendas de recreo y más recientemente de residencia permanente. Este proceso ha tenido una fuerte incidencia en sectores estratégicos de la cuenca, especialmente aquellos con alto valor paisajístico y cercanía al río Negro, donde se concentra una creciente demanda por modelos de vida asociados a la ruralidad, pero con acceso a servicios urbanos.

Como resultado, se evidencia una presión creciente sobre el tramo de estudio y los ecosistemas asociados, derivada de la expansión de asentamientos residenciales en zonas próximas al río, la ocupación de áreas de inundación y zonas ambientalmente sensibles, la fragmentación de coberturas naturales por procesos de urbanización y la instalación de infraestructura y redes de servicios en áreas rurales o con vocación agrícola tradicional.

Los sabios locales del territorio argumentan que las parcelaciones, condominios, fincas de recreo y descanso, se asientan en la parte alta de los nacimientos de las quebradas, que en muchos casos coinciden con los acueductos comunitarios. Este fenómeno incrementa aceleradamente porque las ciudades actualmente no cuentan con suelo para construir, y cuando lo hacen tiene que derrumbar casas viejas para dar paso a la urbanización. Ante esta escasez de la tierra construible en las ciudades, los constructores e inmobiliarias cada vez prolongan la frontera de la ciudad o se instalan en áreas rurales susceptibles de ser urbanizadas. (Traslaviña Rodríguez, 2015)

Estas dinámicas han generado cambios significativos en la estructura del territorio, incluyendo el incremento del valor del suelo, la transformación del hábitat rural y la llegada de nuevos pobladores que, en algunos casos, presentan bajos niveles de interacción con el entorno natural. Esto ha contribuido a una ocupación del territorio que no siempre reconoce las funciones ecológicas de las áreas próximas al cuerpo de agua ni sus restricciones de uso.

Finalmente, se evidencia que el crecimiento urbano y rural disperso en la cuenca ha superado, en varios casos, la capacidad de planificación y control institucional, lo que ha favorecido la consolidación de asentamientos en condiciones de riesgo y ha incrementado la presión no solo sobre el suelo y el agua, también sobre el aire, la flora, y la fauna. Esta situación plantea importantes desafíos para la gestión de la ronda hídrica del río Negro, en términos de ordenamiento, control de usos del suelo y recuperación de áreas estratégicas para la conservación o como potenciales ambientales en el territorio.

## 8.3 Identificación y caracterización de actores sociales

Los actores sociales se definen como individuos, grupos, organizaciones o instituciones que actúan en un escenario concreto o fuera de este, representando sus intereses. Cada uno de ellos jugará un rol determinado y ejercerá una influencia específica.

En la región de América Latina y el Caribe, caracterizada como una de las regiones más pobres, pero integrada por pueblos llenos de memoria, historia, de ideologías, discursos e imaginarios diversos y de una específica trayectoria en el tiempo y el espacio, surge la necesidad impostergable de una sociedad civil que participe en las decisiones políticas de los países y territorios, tanto en las problemáticas ambientales que tanto afectan a las poblaciones, como en las situaciones de pobreza, exclusión y marginalidad presentes en sus comunidades.

El ser humano, desde sus orígenes, vive agrupado con sus iguales para realizar, hacer cosas y afirmarse a sí mismo; por eso, la participación es inherente a la naturaleza social y la ruta para canalizar su tendencia innata a unirse en la creación de múltiples proyectos que enriquecen la vida social, cultural, económica y política. Todas las personas participan en la sociedad: país, territorio o nación, familia, grupos, comunidad, en el trabajo, en la lucha política y en otras áreas de la vida social. (Carvajal, 2024)

En este sentido, la participación "es, en sí, un concepto y una práctica en disputa, y refleja la dinámica de conflictos y contradicciones de un momento histórico de una sociedad dada" (Santos, Saito, 2006, en Carvajal, 2024).

Un elemento para resaltar en este ejercicio de mapeo es la diversidad de actores que confluyen en este tramo de la cuenca, lo que permitió caracterizar su influencia e interés frente al proceso de delimitación de la ronda hídrica.

En este sentido, se destaca la amplia acogida que tuvo la estrategia de participación social, la cual facilitó, a través de la aplicación de sus herramientas metodológicas en campo, la recolección de información relevante para la identificación y análisis de participantes claves, así como la comprensión de sus niveles de interacción con el sistema hídrico.

Esta heterogeneidad enriqueció la lectura del territorio, incorporando los conocimientos y experiencias aportados por los distintos involucrados a lo largo de las fases del convenio. Para el desarrollo del presente estudio se contó con la participación de más de 150 actores, entre sociales, institucionales y privados, con diversos niveles de interés, liderazgo y corresponsabilidad en relación con la gestión de la ronda hídrica y la conservación del río Negro en sus respectivos territorios.

La labor de convocatoria y de sistematización consolidada de los listados y perfiles de quienes participaron se materializó en el anexo social 2 que se alimentó y avanzó hasta su mayor completitud posible, acorde al avance presentado en las distintas fases del convenio.

### 8.3.1 Actores sociales y comunitarios

A este grupo corresponden habitantes y organizaciones locales con una relación directa y cotidiana con el territorio y la corriente de agua, entre ellos, se destacan las Juntas de Acción Comunal (JAC) y Juntas Administradoras Locales (JAL), Liderazgos comunitarios: jóvenes y mujeres especialmente, asociaciones locales (productivas y ambientales), productores locales (agricultores, pequeños ganaderos), usuarios directos del agua (para consumo, riego, actividades domésticas) y otros grupos organizados (veedurías, colectivos ambientales y acueductos comunitarios) entre otros.

La mayoría de actores identificados corresponden a esta categoría y se caracterizan por su conocimiento del río y el territorio, con intereses asociados a sus modos de habitar la cuenca y con niveles diversos de organización e incidencia; se trata de liderazgos activos y reconocidos, con trayectoria, legitimidad y capacidad de convocatoria, derivadas de procesos previos de participación e influencia, lo que les permite actuar como articuladores claves para los desafíos que enfrenta la cuenca del río Negro.

Se evidenció que estos liderazgos se encuentran territorialmente concentrados, especialmente en áreas próximas al río y sus afluentes, lo que favorece su cercanía con las problemáticas socioambientales y su capacidad de respuesta frente a las mismas.

Se cohesionan principalmente por el territorio compartido, la dependencia del agua y la existencia de problemáticas comunes, lo que los convierte en actores estratégicos en los procesos de delimitación y gestión de la ronda.

Una característica relevante es que muchos de estos actores han desempeñado y siguen, en múltiples roles de manera simultánea o a lo largo del tiempo, lo que configura un liderazgo multifacético con alto efecto territorial.

Otro aspecto importante es la representación de liderazgos intergeneracionales, lo que permite una sinergia entre la experiencia y la memoria de líderes tradicionales y las nuevas perspectivas de los liderazgos más jóvenes; lo que fortalece la sostenibilidad de

los procesos comunitarios, favoreciendo el relevo generacional y la continuidad en la gestión del territorio.

Se enaltecen estas participaciones porque se trata de actores claves en la protección de la ronda hídrica, que aportan significativamente en iniciativas ambientales, en la mediación de los conflictos que han ido surgiendo, así también como en acciones de educación ambiental, restauración ecosistémica, y acciones de articulación interinstitucional.

### 8.3.2 Actores Institucionales.

Los actores institucionales corresponden a entidades públicas con competencias en la planificación, regulación, gestión ambiental y gestión del riesgo, cuya incidencia en la ronda hídrica se da a través de funciones normativas, técnicas y administrativas. En el área de estudio, estos actores incluyen principalmente dependencias municipales (como secretarías de medio ambiente, planeación, hábitat, infraestructura, vivienda, contralorías municipales, concejos municipales y oficinas de gestión del riesgo) y su articulación con instancias de gobernanza ambiental y social. También corresponden a este grupo otras dependencias descentralizadas como Empresas de Servicios Públicos ESP, acueductos veredales e instituciones educativas, entre otros.

A diferencia de otros actores, estos tienen poder formal de decisión, inciden directamente en la planificación del territorio y pueden aprobar, restringir o modificar los usos del suelo. Al respecto, es importante resaltar que en los tres municipios se contó con la vinculación, interés y receptividad de este conjunto de participantes durante las tres fases del estudio técnico y en especial, en interlocución con otros representantes de otros sectores de la comunidad durante los encuentros de socialización, dónde fue posible el intercambio de percepciones y conocimientos sobre el río, sus conflictos y potencialidades.

### 8.3.3 Actores privados.

Los actores privados son integrados por empresas, organizaciones y unidades productivas que desarrollan actividades económicas o de servicios dentro del área de influencia, con incidencia directa en los usos del suelo y en las dinámicas socioambientales del territorio. En el área de estudio, estos involucrados incluyen sectores como la industria de alimentos, hotelería, comercio, viveros y floristerías, sector textil, actividades agropecuarias, obras de infraestructura, administraciones de urbanizaciones y desarrolladores inmobiliarios, asociaciones gremiales, así como centros de investigación, universidades y centros comerciales, entre otros.

Su trabajo está orientado principalmente hacia la generación de ingresos, aprovechamiento del suelo y el agua y el desarrollo de actividades productivas o

comerciales en gran parte de los tramos que comprende esta delimitación; esto puede generar presiones sobre la ronda hídrica, cuando se generan modificaciones de coberturas, dinámicas hídricas y ecosistemas.

De otro lado, son actores que disponen en su mayoría de recursos económicos y técnicos, por lo que pueden implementar proyectos de gran escala. Esto los convierte en participantes con alta capacidad de impacto tanto positivo como negativo en algunos casos.

Aunque se realizaron todos los esfuerzos por vincular y convocar a este tipo de actores, se obtuvo una baja participación de estos, en los espacios de concertación y socialización; sin embargo, se valora del interés y los conocimientos técnicos aportados, al igual que la voluntad expresada por algunos de ellos para contribuir en cada una de las fases de la delimitación y así mismo en las acciones enfocadas al cuidado y restauración de los ecosistemas que comprenden los tramos de estudio.

A continuación, presentamos una descripción preliminar de los actores que tienen competencia en la ronda hídrica del río Negro, considerando sus niveles de relación, influencia y participación dentro de este instrumento de delimitación:

***Tabla 45. Relaciones y nivel de influencia -actores Ronda Hídrica***

| *Actor* | *Relación con el río* | *Influencia (uso del río y suelo)* | *Interés por la ronda (participación)* |
|---|---|---|---|
| **Propietarios - habitantes** | Residencial, uso cotidiano, vecindad | Captación, vertimiento, ocupación, veeduría, restauración | Medio |
| **JAC, JAL, otros líderes** | Organizativa, representativa y de movilización social | Actor clave en la protección de la ronda, iniciativas ambientales, conocimiento y mediación de conflictos | Alto |
| **Acueductos veredales** | Captación y gestión del patrimonio hídrico | Protección de fuentes hídricas, educación ambiental y restauración | Alto |
| **Consejeros de cuenca** | Representación y participación en ordenamiento de cuenca | Incidencia en la planificación, conocimiento Articulación interinstitucional | Alto |
| **Colectivos ambientales** | Simbólica, cultural y defensa del territorio y del patrimonio hídrico | Educación ambiental, veeduría comunitaria, restauración ecológica | Medio |
| **Comerciantes** | Productiva y económica, | Presión por uso del suelo y del agua, generación de residuos. | Medio |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | dependencia por uso del suelo y agua | (potencial transformador, generación de ingresos) | |
| **Productores agropecuarios** | Presión por el uso del suelo y del agua, vecindad | Impacto de la ganadería, erosión, uso de agroquímicos, captación para riego agrícola. Potencial de conservación si aportan buenas prácticas | Medio |
| **Mineros** | Uso extractivo del suelo y sus minerales, subsistencia | Alteración del cauce, contaminación del agua, deterioro de la vegetación, erosión. Potencial de mitigación de impacto en uso de buenas prácticas y participación o fortalecimiento de alianzas existentes para el cuidado de río. | Medio |
| **Industrias** | Relación directa Uso y presión sobre el suelo y agua. | Vertimientos industriales, ocupación del suelo en zonas cercanas al río, conflictos por alto impacto de la actividad productiva | Medio |
| **Secretarías de Planeación** | Normativa y de ordenamiento territorial | Define usos del suelo, regula ocupación de la ronda hídrica (licencias de construcción) | Medio |
| **Secretarías de Medio Ambiente** | Preservación y cuidado de la cuenca | Control y seguimiento, proyectos de conservación y educación ambiental | Alto |
| **Oficinas Gestión del Riesgo** | Conocimiento, prevención y manejo de eventos hidro climáticos | identificación de zonas de riesgo, atención de emergencias, articulación institucional | Alto |
| **Empresas de Servicios Públicos** | Infraestructura, captación y tratamiento; prestación de servicios y conocimiento | Redes de alcantarillado con posibles vertimientos, captación y tratamiento del agua, gestión del patrimonio hídrico | Medio |

## 8.4 Cartografía social: lectura territorial desde la mirada de los actores

La cartografía social constituye una herramienta metodológica de la investigación cualitativa; a partir de la cual, los actores construyen de manera colectiva representaciones espaciales del territorio que habitan; con el fin de identificar, analizar

y describir las dinámicas sociales, culturales y de uso de las zonas asociadas al cauce permanente y su entorno inmediato.

El ejercicio de cartografía se integró a las jornadas de socialización en cada uno de los municipios que comprenden la cuenca del río Negro, permitiendo acopiar información de los significados, percepciones y representaciones que tiene el cuerpo de agua para los participantes. Asimismo, se exploraron ampliamente mediante esta técnica, otros temas como usos del suelo y del agua, zonas de ocupación y riesgo, sitios de importancia social, cultural o comunitaria, conflictos por el uso del territorio y el agua y transformaciones históricas del cauce y del entorno, entre otros aspectos sociales y simbólicos con relación al cuerpo de agua y desde la percepción de los diferentes actores.

Es de resaltar que para este ejercicio se contó con la participación de **121** personas en los cuatro (4) encuentros o comunidades y que representan los diferentes tipos de actores, tanto institucional como privado y comunitario; lo que otorgó una mirada integradora sobre el territorio y en especial sobre la zona para la cual se realiza el acotamiento de ronda hídrica.

Para el desarrollo de esta metodología y partiendo de los imaginarios de los diferentes participantes, se dispuso sobre un trozo de papel con la imagen del cuerpo de agua que representa el tramo de estudio asociado al río Negro en cada municipio. Posterior, se conformaron tres subgrupos, los cuales analizaron algunas de las categorías que orientan la construcción del mapa y que permiten el reconocimiento del territorio desde diferentes temáticas.

Es de resaltar que, gracias a la participación de una amplia diversidad de actores, se acopió información importante para la comprensión del territorio, desde la experiencia y conocimiento de quienes han vivido y aportado a la transformación social, cultural o económica en áreas cercanas al río Negro.

***Fotografía 68. Ejercicios de Cartografía Social río Negro***





De otro lado, se posibilitó la recuperación de la memoria histórica sobre los usos y conflictos predominantes, y a su vez, se promovió la interlocución entre los participantes y la reflexión conjunta respecto a los impactos generados por las acciones antrópicas, en la vía de plantear posibles alianzas para la recuperación y cuidado de los ecosistemas asociados a esta corriente. (ver anexo social 1)

### 8.5 Histórico de eventos por inundaciones

El levantamiento del histórico de inundaciones se desarrolló mediante la revisión de información secundaria y encuestas con integrantes de estas comunidades; además de los ejercicios de cartografía social, complementados con recorridos de campo orientados a identificar los puntos críticos y comprender la ocurrencia de estos eventos desde una perspectiva sociohistórica; es decir, reconociendo las condiciones que han generado una vulnerabilidad física y social que pone en riesgo la vida y las actividades productivas en las zonas de desbordamiento. Esta información permitió reconstruir la memoria histórica sobre las inundaciones y ubicar espacialmente las áreas recurrentemente afectadas y las que se encuentran en riesgo potencial.

Aunque se lograron evocar con los participantes múltiples memorias de eventos ocurridos en diferentes periodos de tiempo, durante la revisión de fuentes secundarias se identificaron limitaciones en la disponibilidad y nivel de detalle de la información, dado que las bases de datos institucionales consultadas no presentan registros detallados por sectores o corrientes hídricas afectadas, dado que los datos se encuentran de manera consolidada a nivel municipal.

La oficina de gestión del riesgo del municipio de Rionegro viene efectuando en los últimos años, una actualización de sus instrumentos, entre ellos el Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres, específicamente el escenario de inundaciones. Así mismo, fue elaborado en 2025 el Plan Comunitario de Gestión de Riesgos del barrio Las Playas, que es uno de los sectores con mayor riesgo de desbordamiento dentro de la zona de estudio.

En ambos documentos se recolectaron datos relevantes sobre la memoria de estos eventos. Según la información disponible y la que ha sido aportada por el componente hidrológico, *no se reportan eventos de avenida torrencial en el río Negro; esto se atribuye a su configuración morfológica de río de planicie, donde la pendiente longitudinal es baja y las condiciones geomorfológicas no favorecen la generación de flujos torrenciales de alta energía; en este contexto, la probabilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales es muy baja* (componente hidrológico).

Según el actual Plan Comunitario de Gestión del Riesgo (PCGRD) del barrio Las Playas, hay dos hitos que merecen atención dentro de la construcción de esta línea de tiempo:

**Año 1970:** se presentó una de las inundaciones de mayor magnitud desde la conformación del barrio Las Playas. La lámina de agua alcanzó alturas superiores a 1,30 m, extendiéndose hasta la mitad de la calle 46 y el frente de la placa polideportiva. Este evento obligó a la evacuación de aproximadamente 20 familias, quienes permanecieron fuera de sus viviendas durante cerca de dos meses. Se registraron pérdidas de enseres domésticos, animales y afectaciones a cultivos de subsistencia, principalmente maíz y huertos familiares.

**Años 2010-2011:** se registraron inundaciones asociadas a la intensa temporada de lluvias ocasionada por el fenómeno de *La Niña*. El fenómeno alcanzó hasta 1,5 m, requiriéndose el uso de botes para la evacuación de la población. El agua permaneció empozada en el sector durante aproximadamente una semana. Se reportaron pérdidas de animales domésticos y de producción. Se presentó la suspensión temporal de los servicios públicos de acueducto, energía eléctrica y gas. Asimismo, se registraron daños y pérdidas en muebles y enseres, afectaciones a locales comerciales, inundación de la iglesia del sector y procesos de desescolarización de niños, niñas y adolescentes, con impactos sociales, económicos y comunitarios relevantes. (PCGRD Barrio Las Playas, 2024).

Según los reportes documentados por el cuerpo de bomberos de Rionegro y que se integran al escenario de inundación actualizado en el PMGRD (Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres), en los últimos cinco (5) años, se han registrado 102 eventos de inundación por parte de varias corrientes hídricas en el municipio de Rionegro**,** siendo 2022 el año de mayor incidencia. (PMGRD, 2026)

***Fotografía 69. Zonas de inundación río Negro***



**Nota.** Registro fotográfico aportado por liderazgos municipio de Rionegro, febrero 2026

Contrastando con los datos aportados por las entidades oficiales, el componente social recurrió al levantamiento de información primaria mediante las estrategias metodológicas señaladas, con el fin de complementar la información disponible y

aproximarse a la reconstrucción del histórico de inundaciones en el área de estudio, tal como se presenta en la Tabla 46 a continuación:

***Tabla 46. Historial de eventos de inundación tramo de estudio del río Negro 2020-2025***

| Año | Mes/día | Barrio/vereda/sector | Afectaciones |
|---|---|---|---|
| **2025** | Diciembre 3 | Centro, Rionegro Plaza, Glorieta de la Fraternidad. | Dificultades en la movilidad y cierre del Skate Park y la piscina olímpica Los Comuneros.<br>Barrios: Las Playas, Vegas de la Calleja, El Progreso y en El Porvenir: sexta etapa y cancha de fútbol; Autolarte. |
| | Octubre | El Retiro y Rionegro | Viviendas, talleres y locales comerciales en la vía Don Diego – Rionegro<br>I.E Eduardo Uribe Botero, CDI El Porvenir, Coredi, CC San Nicolás y Autolarte |
| | Mayo | El Retiro, sector Don Diego | Sin información |
| | Abril 11 | Tablacito, Asdesillas Barrios Las Playas y Vegas de La Calleja | Afectaciones en muebles y enseres.<br>CDI y Comisaría de Familia del barrio Vegas de la Calleja.<br>Establecimientos comerciales. |
| **2024** | Octubre 4 | Quebrada Arriba | Sin información |
| | Junio 14 y 15 | El Retiro Don Diego<br><br>Rionegro Centro | Barrio Quebrada Arriba, La Pola, 4 esquinas y frente al antiguo colegio Josefina Muñoz González |
| | Junio 2 | Centro | Cancha sintética |
| | Mayo 23 | El Retiro Don Diego, Rionegro Centro | Sin información |
| **2022** | Noviembre 27 | Barrio El Águila | Sin información |
| | Noviembre 9 | Vereda Tablacito | Sin Información |
| | Octubre 28 | El Retiro, Don Diego<br><br>Rionegro: Barrios Las Playas, Centro, El Porvenir y Vegas de la Calleja | La inundación alcanzó alturas de hasta 1,5 m especialmente en el barrio Las Playas; allí fueron afectadas alrededor de 200 viviendas, la JAC, locales comerciales y vías. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | Puente Don Diego<br>Macrollantas, CDI Vegas de la Calleja, Piscina Olímpica IMER |
| | Septiembre 20 y 22 | El Retiro Don Diego<br><br>Barrio El Porvenir y calle de la madera | Calle de la madera, Linda Granja, cancha de tejo El Porvenir, Campus natural. |
| | Mayo 6 | Calle de la madera y Vereda Galicia | Sin información |
| | Abril 22 | Varios sectores | Llanogrande: Tierragro y Veterinaria Luxery vet<br>Calle de la madera, Porvenir primera etapa, Flota El Carmen, Cancha Las Playas y vereda Galicia (Riotex) |
| | Febrero 20 y 21 | Barrio El Porvenir | Urbanización Lotus |
| | Enero 12 | Centro de Rionegro | Bomba Zeus |
| **2021** | Octubre 15 | Linda Granja | Sin datos |
| | Junio 8 y 12 | El Porvenir | Sector Las Torres, cerca de Savana y Río del Este |
| | Mayo 16 y 17 | Barrios Centro y El Porvenir | Linda Granja, 4 esquinas y Avenida Galán |
| | Marzo 11 | Urbanización Lotus | Sin datos |
| | Marzo 3 | Galería | Sin datos |
| | Febrero 18 y 20 | Barrios Centro y El Porvenir | Urbanización Lotus y Asocar |
| **2020** | Noviembre 10 | Barrio Centro | Muebles la 46, Macrollantas y Autolarte |
| | Agosto 19 y 22 | Barrios Centro y Las Playas | Callejón Quebrada Arriba, El Palacio de los Tenis, Muebles la 46, Palacio de Justicia, Alto de la Capilla y Bomba Zeus El Águila |
| | Julio 8 | Barrios Centro y Vegas de la Calleja | Bomba Zeus, Tres Esquinas, Palacio de los Tenis; Iglesia Divino Niño |
| | Junio 20 y 23 | Barrios Centro y Vegas de la Calleja | Sector El Águila, Locales comerciales: Palacio de los Tenis, EDS |

| | |
|---|---|
| | Galaxia, antiguo Carulla; Colegio Divino Niño |

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Con relación a las encuestas aplicadas en las principales zonas afectadas, se obtuvieron 24 respuestas al instrumento, en su mayoría por parte de habitantes de dichos sectores (67% del2 total) seguido por líderes (29%) y el restante por actores institucionales o privados (4%), quienes aportaron información sobre el histórico de eventos, en el que de manera general se logra percibir que los años 2011, 2022 y 2025 son reseñados como los de mayor ocurrencia de eventos.

La mayoría de las personas (67%) coinciden desde su percepción en que las inundaciones son de tipo lentas y que en algunos casos puede tardar menos de 5 horas en descender el agua, mientras que en otros eventos ha demorado hasta 48 años para el retorno a una situación segura, tal como se muestra en la gráfica, a continuación.

***Figura 111.Tiempo que dura la inundación***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Para las encuestas restantes (33%), se tiene una percepción sobre las inundaciones de tipo más torrencial; en casi todos estos casos, se relaciona con el hecho de que estas inundaciones han arrastrado sedimentos, palizadas y desechos vegetales, entre otros; situaciones que son identificadas como avenida torrencial. Entre las principales afectaciones se cuentan los daños a viviendas, tanto en la zona rural como urbana, afectaciones en vías, potreros, cultivos y otras infraestructuras comunitarias como instituciones educativas, escenarios deportivos y centros comerciales, entre otros.

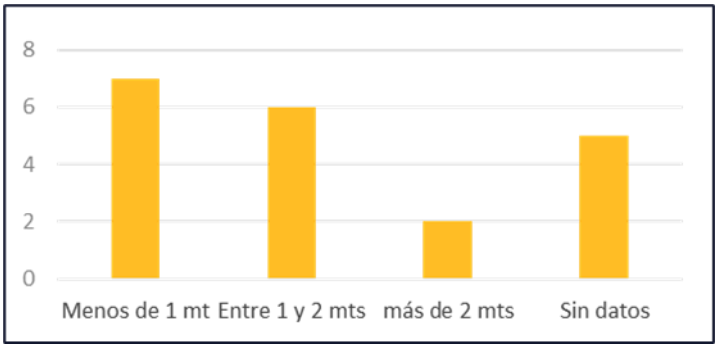
Las zonas más afectadas por inundación a lo largo del tramo de estudio son: la vereda Don Diego, sector La Cantaleta y urbanización Monte Alto en el municipio de El Retiro en donde se estima pueden existir unas *25 viviendas en riesgo*. En el municipio de Rionegro, se tienen identificadas las veredas Tablacito, Galicia y los barrios El Porvenir

Etapas 1 y 6 especialmente, Las Playas, El Centro y los sectores de Autolarte y Galería, para un estimado total de *320 viviendas aproximadamente*.

En el caso de Marinilla se tiene identificada la vereda Belén que, aunque si bien genera frecuentes inundaciones en la zona de confluencia de las fuentes hídricas que desembocan en este punto sobre el río Negro, las principales afectaciones ocurren en potreros y zonas de cultivos de flores o industrias que se encuentran en la zona de influencia.

En cuanto al nivel alcanzado, se pudo conocer que en la mayoría de los casos la inundación alcanza hasta 1 metro o incluso lo supera hasta por encima de los 2 metros de altura. Para el caso de los barrios Las Playas y El Porvenir, sector Los Llanos es dónde se reportan las cantidades más altas; mientras que, en Vegas de La Calleja y Don Diego, las inundaciones están por debajo de un metro (entre 40 y 70 cm aproximadamente).

***Figura 112. Nivel alcanzado durante la inundación***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 8.6 Identificación de usos predominantes

Se definen los usos del suelo urbano y rural como la distribución espacial de las actividades que son desarrollas por agentes públicos y privados optimizando al máximo las infraestructuras de urbanización, las características del territorio y la intensidad de las relaciones socio-económicas, atendiendo a los impactos generados por estas, siempre en correspondencia con el modelo de ocupación y el desarrollo territorial definido por cada municipio en sus particularidades a través de los Planes de Ordenamiento Territorial POT, de las dinámicas internas del sistema urbano y rural y la política pública. (Catálogo geográfico de Medellín)
Para el caso de este estudio y desde el componente social, se identificaron algunos puntos relevantes que son producto de la realidad observada en los diferentes espacios del trabajo de campo y clasificados entre los usos descritos con base en la construcción conjunta de conocimiento con los habitantes y líderes; los cuales se encuentran referenciados en la matriz anexo social 3.

En líneas generales el análisis de la temática de los usos del suelo realizado por este componente social arrojó que en la zona de ronda en general, se evidencian cambios significativos en el uso de los suelos, donde se desplaza la vocación agrícola, debido al desplazamiento de las áreas de cultivo por la creación de espacios destinados a la expansión de proyectos de vivienda, al turismo y al esparcimiento. Esta situación ha sido impulsada por décadas y hasta la fecha por el alto crecimiento industrial, la ubicación estratégica de las tres localidades objeto de estudio respecto a Medellín y el Valle del Aburrá, la infraestructura vial que ha sido construida, los sistemas de transporte y la presencia del aeropuerto José María Córdova, entre otros megaproyectos de gran impacto.

En este orden, lo que proponen varios estudiosos del tema es que "En el Oriente antioqueño se ha producido una territorialidad hegemónica que ha forjado un espacio de la globalización —en los términos planteados por Santos (1993) y Silveira (2008)— vinculada al proyecto económico. Sin embargo, persisten otras lógicas territoriales que se han ido moldeando por este fenómeno, lo que permite interpretar su configuración actual como una sumatoria de recortes espaciales que no corresponden a una sola regionalización.

Esta premisa se sustenta en la geografía crítica y los estudios socioespaciales, y se explica en la *relación geohistórica entre el Valle de San Nicolás y el Valle de Aburrá, y el movimiento industrial hacia esta subregión administrativa, sus formas de ocupación las apuestas de intervención normativas y los notorios efectos de este proceso en la configuración actual del Valle de San Nicolás.* (Pineda y Pimienta, 2021)

A largo plazo, estas trasformaciones crecientes podrían generar consecuencias como la pérdida de la capacidad productiva del suelo, la disminución de la soberanía alimentaria y el aumento de los costos de los alimentos, al depender cada vez más de productos provenientes de otros territorios.

A pesar de las dinámicas urbanas que actualmente se presentan en el territorio y del acelerado proceso de suburbanización del suelo rural, se considera fundamental conservar la relación urbano–rural. Es importante reconocer que estos tres municipios son zonas altamente influenciadas e impactadas por el proceso de metropolización del Valle de Aburrá.

En este orden, es necesaria una planificación integral que defina los proyectos urbanísticos y los programas de mejoramiento con el fin de orientar el desarrollo de manera ordenada y sostenible. (ASIS Rionegro, 2025)

A continuación, la categorización y descripción más detallada de los usos del suelo predominantes y complementarios:

### 8.6.1 Uso del suelo residencial

En este uso predominantemente orientado a la construcción de viviendas y asentamientos humanos para los habitantes de los municipios, se incluyen los sub- usos de vivienda rural, parcelaciones, condominios y vivienda urbana.

En las zonas más cercanas al río Negro en el municipio de El Retiro y la mayor parte de Rionegro, se ha identificado esta predominancia residencial, que se ve combinada con los usos agropecuario, cultural y espacio público, productivo e infraestructura y servicios; y que depende en gran medida, de la zona o barrio específico del municipio al cual nos referimos.

En el sector de Don Diego, municipio El Retiro, por ejemplo, se encuentran fincas como el Triángulo y La soledad, construcciones de más de 50 años, de propiedad de nativos de esta zona, que comparten territorio y cercanía al río Negro y sus quebradas tributarias, y que se encuentran al lado de parcelaciones como Montealto, donde se ubican 29 viviendas dentro de la parcelación, y otras siete (7) construcciones campesinas, aproximadamente por el mismo sendero, en los alrededores de la Quebrada La Chuscala, que metros más adelante, entrega sus aguas al río Negro a la altura de la vía principal de la glorieta Don Diego.

***Fotografía 70.*** *Finca El Triángulo y parcelación Montealto, vereda Don Diego, El Retiro.*





***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Este patrón de uso del suelo se extiende, luego de pasar la glorieta de Don Diego, y la parcelación Sierra Blanca, donde el suelo se comparte con diversos comercios, para llegar posteriormente al sector del Mall comercial Puerto Madero, donde se ubica también la entrada a la llanura de inundación del cuerpo de agua, en el sector de la avícola Emaús y la parcelación Marjulia.

Unos metros más adelante en una nueva entrada, se encuentra el río Negro con el sector La Lorena y parcelación El Herbal, donde nuevamente se combinan estos usos del suelo

de casas campesinas de construcción más tradicional, con nuevos proyectos urbanísticos privados tipo condominio.

Al arribar al inicio del municipio de Rionegro, en el Corregimiento Occidental, se encuentran las veredas Guayabito, El Tablazo, Tablacito y Chipre, todas ellas en el sector Llanogrande, donde es común encontrar parcelaciones algunas construidas desde hace 30 años como Lago grande, otras más recientes como Andalucía y El Tapial, o en construcción, como los proyectos Salva y Malva, que en algunos casos limitan y coexisten de cerca geográficamente con otras viviendas rurales tradicionales y otros usos productivos.

Los recorridos de campo han permitido evidenciar que frente a las parcelaciones ya existentes y las nuevas que están construyendo, especialmente hacia la zona de Tablacito, Llanogrande y Barro Blanco, el uso de vivienda tradicional rural se va haciendo menor en número frente a estas nuevas propuestas de asentamientos humanos de viviendas tipo apartamentos o casas de lujo, como las parcelaciones ya mencionadas, que en algunos casos se encuentran sobre la llanura aluvial del río.

***Fotografía 71.*** *Diferentes usos del suelo, vereda Tablacito.*



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Este fenómeno responde a una demanda muy bien establecida y en alza desde hace tres décadas aproximadamente, con un incremento en los últimos diez años atrás y en especial, luego de la ocurrencia de la pandemia, donde los valores del suelo han aumentado exponencialmente, volviéndose una opción atractiva para algunos de los pobladores originarios que han preferido vender las tierras ante las ganancias, que comparadas con otros usos y aprovechamientos de los terrenos como la agricultura, o la tenencia de ganado, son inferiores a los dividendos que deja la venta, para construcción de nuevas viviendas de estratos altos.

***Fotografía 72.*** *Viviendas y espacio público en barrio Vegas de la Calleja, Rionegro.*



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

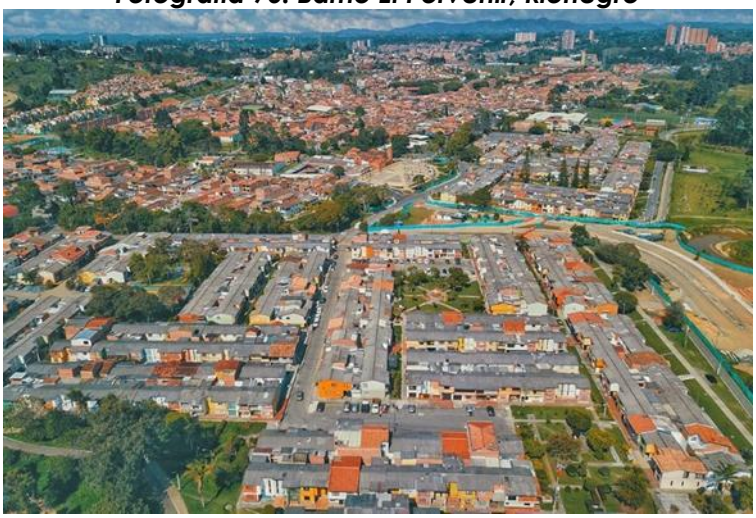
Pasando hacia otros barrios muy cercanos al río, se encuentra el sector que comprende los barrios Vegas de la Calleja, El Porvenir, Los Llanos y el Llanito; zonas muy tradicionales de Rionegro que se han ido expandiendo, donde el uso del suelo es preponderantemente de vivienda urbana tradicional, seguida de actividades productivas muy variadas del uso comercial especialmente de diversos renglones de la economía, haciendo énfasis en el sector servicios y artículos de uso diario.

Es de subrayar la convivencia de décadas del río Negro y el barrio El Porvenir, en algunas de sus diferentes etapas que se extienden por una porción significativa de la localidad, contiguo a esta fuente hídrica. Es uno de los barrios más grandes de Rionegro donde residen unas 35 mil personas y se ha convertido en uno de los polos de desarrollo de este municipio del oriente antioqueño. (Vivir en el poblado, 2019)

Es reconocido por haber sido unos de los primeros barrios en constituirse, pues el 6 de mayo de 1970 el Instituto de Crédito Territorial empezó con la construcción y puso la primera piedra. En 1971 se inició con la construcción de las primeras viviendas, que fueron entregadas en 1972.

En aquella época las familias beneficiadas eran especialmente, personas que trabajaban en las fábricas Riotex y Textiles Rionegro, luego en la medida en la que fue creciendo se establecieron muchos más trabajadores de muchos más comercios e industrias, y a la par de la demanda, se ampliaba la oferta y se continuó con la construcción de lo que hoy se conoce como la tercera etapa, y hasta 1989 se estaba construyendo la octava etapa de un barrio que inicialmente no gustaba entre la ciudadanía por quedar en la llanura de inundación de la cuenca, y por lo que el incentivo gubernamental era ofrecer las viviendas a un precio muy barato para suplir en algo la gran demanda ocasionada por la creciente industrialización de Rionegro.

***Fotografía 73. Barrio El Porvenir, Rionegro***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Colindante con este sector y siguiendo los tramos del río Negro, se observan barrios más nuevos como Los Llanos, El Llanito y el más reciente sector de expansión urbana del municipio de Rionegro, compuesto de varios edificios de construcción moderna como Forest, Viverdi, Lotus y Campus, entre otros; vecinos todos de esta corriente y de algunos humedales que configuran una pequeña red de conectividad hídrica en esta zona.

***Fotografía 74. Nuevas construcciones, sector Campus, Rionegro***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Ya hacia el centro de Rionegro, en los sectores más próximos a la fuente de agua, se encuentran barrios muy relevantes y tradicionales configurados en su totalidad por viviendas urbanas de construcción tradicional, como Las Playas; barrio fundado oficialmente el 12 de marzo de 1972, gracias a la donación de un terreno por parte de Don Chucho, al municipio de Rionegro, lugar donde ya un par de décadas antes se habían establecido algunas familias nativas del municipio que habían iniciado su poblamiento en los años 50´s y 60´s del siglo pasado. Luego de ser poseedor del terreno en donde hoy se encuentra establecido, el donante ya mencionado, entregó parte de este predio al municipio de Rionegro para la construcción de 60 viviendas que servirían de morada para unas 70 familias. Adopta el Nombre de Las Playas, ya que, en la cercanía a las riberas del río Negro, antes de ser construido como asentamiento se encontraba un arenal, donde cada día se extraía material como arena y piedra caliza, de ahí la similitud con una playa (Colombiamaspositiva, 2018)

En los 80´s y en los 90´s la ocupación del suelo de este lugar empezó a ampliarse y a diversificarse, tomando un carácter más comercial e industrial que ha configurado en los últimos 40 años, un uso mixto del suelo en esta zona y esto es evidente al caminar el sector, donde se encuentran muchos talleres de mecánica automotriz y comercios asociados a la venta de repuestos para la industria mecánica.

***Fotografía 75. Viviendas y gimnasio urbano en el barrio Las Playas, Rionegro.***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Para el 2018, había registro de la existencia cerca de 45 establecimientos comerciales, en Las Playas, que se volvió uno de los focos comerciales principales de Rionegro, denominado popularmente como "La Bayaderita", en gran medida por el acervo del gremio de los mecánicos, porque en el sector se encuentra una gran oferta de talleres y venta de repuestos a precios asequibles de la línea, pintura, latonería y mecánica.

Estas transformaciones en las que algunas familias abandonaron el barrio para trasladarse a otros sectores más tranquilos, dieron lugar a muchos otros hogares que Rionegro recibió muchas veces en calidad de desplazados del conflicto armado, de

municipios del oriente como Cocorná, San Francisco y Sonsón que llegaron a salvaguardar la vida de la violencia que se vivía en el país y a buscar mejores oportunidades de vida que abundaban entre los 80´s y 2000 en el municipio, epicentro de mega proyectos como el Aeropuerto José María Córdova y la Autopista Medellín – Bogotá; además del asentamiento de industrias como Imusa, Compañía Nacional de Chocolates, Pintuco y Postobón, entre otras.

Para finalizar, en las proximidades del río Negro con el municipio de Marinilla, se encuentra la vereda Galicia parte baja, con viviendas de construcción tradicional, que es una zona que décadas atrás era de vivienda rural dispersa y se ha ido transformando en el tiempo por un uso residencial más sub-urbanizado debido a la presión sobre el suelo generada por la alta demanda de la vivienda rural cercana a los centros urbanos.

***Fotografía 76. Viviendas vereda Galicia. Municipio Rionegro.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 8.6.2 Uso del suelo agropecuario.

Gracias al trabajo de campo y a los saberes locales que nos han compartido los distintos actores, los puntos donde más se ha identificado este uso, son el sector del vivero Tierra Negra, zona limítrofe entre El Retiro y Rionegro, que se establece como zona de cultivo confinado. En su parte trasera se ha identificado movimientos de tierra y tala de árboles.

En cuanto al sub-uso del suelo que se refiere a la producción pecuaria están claramente identificados colindantes a la fuente de agua, la granja avícola La Alborada en la vereda Tablacito y la granja Román Gómez Gómez, perteneciente al Politécnico Jaime Isaza ubicada en la vereda La Primavera del municipio de Marinilla.

***Fotografía 77. Recorrido granja avícola La Alborada, vereda Tablacito.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Los cultivos transitorios en el tramo de la ronda objeto de este informe, los encontramos en las veredas La Primavera y El Socorro de Marinilla donde hay presencia de lotes que aún conservan su vocación agrícola en el cultivo de hortalizas.

***Fotografía 78. . Cultivo de hortalizas en cercanías al río Negro, municipio Marinilla***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Por lo demás, el uso predominante del suelo en lo que a los cultivos permanentes intensivos se refieren, se concentra en el negocio de la floricultura, con los cultivos El Tablazo, asentados en la vereda del mismo nombre, El Trigal y Carmel Flowers ubicados en Llanogrande, municipio de Rionegro. Por su parte los floricultivos Miramonte y Flores de la Galicia se encuentran en la localidad de Marinilla. Algunos de estos negocios hacen captación de las aguas del río Negro para labores propias de su producción como riego agrícola, entre otras.

### 8.6.3 Uso cultural y espacio público.

Este uso se ha identificado en varios puntos a lo largo del tramo, la mayoría de estos correspondientes al municipio de Rionegro en diversas zonas, y en sus diferentes sub – usos: en cuanto a zonas deportivas, se encuentra la sede del Deportivo Independiente Medellín en la vereda El Tablazo, el patinódromo Julio Cesar Ríos Silva, y el coliseo Iván Ramiro Córdoba, que constituye el principal complejo deportivo de Rionegro; además de otras canchas o zonas dedicadas al deporte en algunos de los barrios aledaños a esta corriente de agua.

Pasando al sub- uso de zonas recreativas, todas las identificadas se encuentran muy cerca del cuerpo de agua, tales como las áreas próximas a humedales y lagos, senderos arborizados o ciclo rutas, parque lineal y gimnasio urbano del Barrio Las Playas en las inmediaciones de la glorieta de la fraternidad. Este sitio también alberga actividades de los grupos juveniles de la localidad que se reúnen en este espacio de ciudad, próximo al paso de la Quebrada El Águila, tributaria del río Negro.

En cuanto al sub-uso equipamientos comunitarios identificados se encuentran todas aquellas instituciones educativas, culturales o de encuentro comunitario que se han podido identificar, tanto en las áreas rurales y semi urbanas, como en la centralidad del municipio de Rionegro; este estas sobresalen las que se ubican entre el barrio Vegas de La Calleja y toda la zona del barrio El Porvenir, lo que incluye las dependencias que se encuentran contiguo a la piscina olímpica IMER y demás establecimientos en los barrios Las Playas de centro de la ciudad.

Es relevante la intervención que ha recibido el Barrio El Porvenir de Rionegro, uno de los más tradicionales de Rionegro, cuya primera etapa cumplió en 2023 sus 50 años, barrio de clase obrera, y que desde hace una década aproximadamente se caracterizado por el crecimiento de su infraestructura, además de las inversiones realizadas para la implementación de escenarios deportivos para toda la comunidad, lo que además ha atraído a más pobladores a la zona y ha incentivado en crecimiento y también el incremento de la densidad poblacional este sector (Ibid, 2019)

***Fotografía 79. Sendero público que conecta el barrio Vegas de la Calleja***

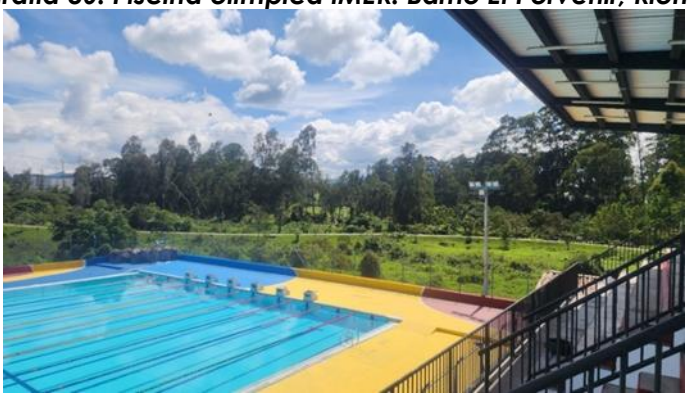


***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

De igual manera como se ha verificado en el trabajo de campo y a través de la generación de información, algunas de las zonas de parques lineales, senderos y llanuras que se encuentran alrededor del río Negro, sus tributarias y humedales, son usados y apropiados socioculturalmente simultáneamente en varios de los sub-usos aquí mencionados, tanto el recreativo, deportivo, académico, ecoturístico y cultural.

Así, una misma área puede tener uso recreativo, deportivo, de encuentro de colectivos juveniles, culturales, grupos de niños, de la tercera edad, convirtiéndose en espacios públicos en algunos casos multipropósito para el disfrute de la comunidad que habita a lo largo de la cuenca del río Negro.

***Fotografía 80. Piscina olímpica IMER. Barrio El Porvenir, Rionegro.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

De igual forma, en algunas de estas zonas se realizan actividades ecoturísticas que también son, o han sido efectuadas en años anteriores por parte de la comunidad, como los avistamientos de aves, o los bote paseos por el río Negro.

Hay que añadir, que lamentablemente la amplitud de los senderos y parques que combinan extensiones considerables de pastos, pasarelas y asientos de concreto, zonas de árboles, y puentes también se aprovechan para usos como la comercialización, microtráfico de estupefacientes y el consumo de los mismos en sectores como Vegas de la Calleja, las diferentes etapas del Porvenir y el Parque El Corazón, entre otros.

### 8.6.4 Uso del suelo productivo.

Después del uso del suelo residencial, este es el segundo uso más predominante dentro del tramo de estudio. En muchos sectores hay una mezcla amplia y diversa de locales comerciales, industriales, obras en construcción o minerías con los barrios donde viven las comunidades.

En el municipio de El Retiro, por ejemplo, en la vereda Don diego, sectores La Fe, La Cantaleta, Puerto Madero, en límites con Rionegro hay un amplio corredor que corresponde mayoritariamente al sub-uso comercial, con una buena cantidad de restaurantes, supermercados, talleres de madera, ebanisterías y ferreterías, entre otros.

Ya en las zonas centrales de la localidad, junto con el uso habitacional en el barrio Las Playas, está el ya mencionado uso comercial en especial de locales dedicados a los talleres de carros, de aceros, recuperadoras de materiales y ventas de repuestos para el sector automotriz, así como ferreterías y repuestos para diversos procesos industriales.

De igual manera el centro comercial José María Córdova, el centro comercial San Nicolás, que son conglomerados más grandes con una concentración de locales importantes y que también son puntos de inundación en el caso del primero por la cercanía al río Negro, y en el segundo por la saturación del alcantarillado que se rebosa y devuelve las aguas negras a la superficie, generando desbordamientos e inundaciones, pero también en sus ampliaciones se destaca la cercanía al cuerpo de agua y el riesgo de inundación en sus zonas más campestres.

Por último, la zona de Autolarte altamente comercial, también se ve impactada por las inundaciones de la cuenca en esta localidad. La cooperativa planeta verde, lugar de vocación comercial vecino al río Negro y que también realiza un trabajo muy importante como prestadores de un servicio público de aseo en el componente de aprovechamiento, con remuneración y con posibilidades de crecimiento empresarial y económico. Su carácter de cooperativa le permite articular a los recicladores y ofrece una solución para la gestión de residuos en este municipio.

Para finalizar en el municipio de Marinilla, la zona de la hacienda Riojana es un lugar donde el subuso del suelo es productivo comercial, dado que es un lugar con diversas líneas de negocio, especialmente en el tema de servicios para eventos.

En cuanto al uso del suelo productivo con sub-uso industrial encontramos en el municipio de El Retiro a la empresa comercializadora de aguacate Hass de Colombia, que está en cercanías a la glorieta de Don Diego, y En Rionegro a Postobón, la Compañía Nacional de Chocolates, Crystal, Prefabricados J&A y Riotex, entre otros.

***Fotografía 81. Empresa Riotex, Rionegro***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En el sub-uso de construcción, se incluyen las canteras, de la que se han identificado dos, una activa que está contigua a la transversal 1 y otra que está en desuso y que es un antiguo yacimiento de donde se extraían materiales de construcción y donde actualmente lo que se encuentra es un cuerpo de agua o cubeta que se ha conformado sirviendo como zona de regulación hídrica dentro de su tramo.

Vinculado a este sub uso está el de explotación de materiales de construcción, que en Marinilla y en cercanía a la fuente de agua tiene a la constructora y clasificadora de materiales para la construcción, al igual que la empresa Ingetierras.

### 8.6.5 Uso del suelo infraestructura y servicios.

En este uso del suelo se han identificado algunas instalaciones como puentes y componentes del sistema de acueducto del municipio de Rionegro que están muy cercanas al río Negro.

En cuanto al sub- uso de los puentes, todos los incluidos se ubican en el municipio de Rionegro, los puentes del Barrio Las Playas en el sector de la glorieta La Fraternidad, el puente de la glorieta 4 esquinas y el puente Belén en la autopista Medellín – Bogotá.

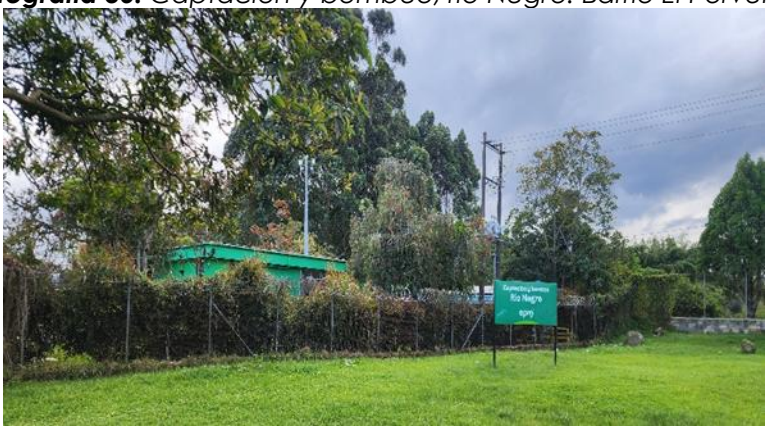
***Fotografía 82. Puentes barrio Las Playas, quebrada El Águila.***



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

En el sub uso del suelo de sistemas de acueducto se identificó en el recorrido territorial con habitantes y líderes de los sectores Vegas de La Calleja y El Porvenir, la captación y estación de bombeo de EPM en esta zona residencial de Rionegro.

***Fotografía 83.*** *Captación y bombeo, río Negro. Barrio El Porvenir.*



***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

## 8.7 Conflictos por uso del suelo o deterioro ambiental.

Los conflictos socioambientales a menudo se definen como una incompatibilidad en la interacción entre diferentes actores sociales y no humanos, con los sistemas ecológicos (Cárcamo & Mena, 2017). No obstante, los conflictos son procesos de producción y disputa de realidades ambientales que pueden examinarse no solo desde la redistribución de deudas o cargas ambientales, sino como procesos multiescalares, inscritos territorialmente y atravesados por múltiples desigualdades socioecológicas (Dietz, 2018; Merlinsky, 2013 en Gutiérrez, Arango, 2023)

Entonces, los conflictos no son meros resultados de problemas inmediatos, sino que abarcan diferentes hitos y trayectorias en el espacio y el tiempo.

Los conflictos suelen surgir por intereses diversos, formas de gestión administrativa, jerarquías de poder entre diferentes actores, entre otros. Las problemáticas territoriales, acá entendidas como ese conjunto de problemas inscritos en el ámbito socioespacial, pueden provenir de transformaciones internas y externas en los territorios, dadas las interrelaciones que ofrece el mundo globalizado y las tensiones manifestadas en sus dinámicas intrínsecas.

En el dinamismo global donde se presentan flujos de personas, productos, servicios, información y tecnologías, el territorio no pierde validez porque, a pesar de que sean actividades de "extrema modernidad" (Santos, 2000), en el sentido de globalización, se terminan situando en algún territorio.

Así, además de objetos, en el territorio existen sujetos con identidades, emociones, trayectorias, relaciones de poder e intereses. Los territorios se transforman como producto de la intervención humana, de las condiciones naturales y del azar, propio de la incertidumbre.

En términos metodológicos, se siguen las orientaciones de Galeano (2004) a través de la investigación cualitativa, en el sentido de darle preponderancia al papel de las personas, sus formas de concebir el mundo, más allá de los "enfoques estructurales y sistémicos" (Galeano, 2004 en Gutiérrez y Arango, 2023)

Como es mencionado por el artículo "*Problemáticas en el desarrollo territorial del oriente antioqueño en 2019*" realizado en el marco de la investigación "Desafíos del Programa Desarrollo Territorial: El caso del Oriente antioqueño" llevada a cabo por investigadores de la Universidad de Antioquia Sede Oriente, esta subregión de Antioquia presenta una diversidad de problemas territoriales, en la que principalmente destacan: *de planificación, de movilidad, de desequilibrios socio-espaciales,* entre muchos otros.

De manera complementaria se identifica una clasificación que se entreteje a la ya mencionada perspectiva local y que apunta a que se podrían identificar a nivel global varias problemáticas. La primera está relacionada con el *cambio ambiental (*Bosque, 2005; Doval, 2004; Margrini y López, 2018; Robbins, 2013; Nogué, 2014), dado que existen límites que se están sobrepasando con la producción a gran escala (Sachs, 2015).

La segunda, está relacionada con las desigualdades económicas y sociales (Bosque, 2005), tipos de exclusiones que socavan las libertades y las posibilidades de agencia en el ser y en el hacer (Sen, 2000). Y la tercera: expansión urbana, para lo cual existen estudios urbanos que explican el papel de las ciudades en un mundo globalizado (Bosque, 2005; Doval, 2004) y las tensiones que ello genera entre lo local y lo global (Nogué, 2014).

Otro problema que se destaca es la crisis de confianza en las instituciones, lo que se presenta porque en esos espacios no suelen encontrarse respuestas satisfactorias a las necesidades locales (Nogué, 2014).

Regresando a la esfera local, aparece el problema de la pérdida de identidad (Bosque, 2005; Doval, 2004; Robbins, 2013) asociado a la expansión urbana y al fenómeno globalizador, que transforman el sentido simbólico de nuestros propios espacios. Al cambiar los paisajes y sus identidades, se generan sensaciones de desconcierto.

En este sentido y enlazando lo que nos presentan los diferentes aportes teóricos y conceptuales ya mencionados, con los hallazgos de campo de la investigación social realizada por este componente, en los cuales se encuentra una sincronía temática a lo conversado con los sabedores locales, se presentan a continuación los siguientes conflictos en la zona objeto de estudio en el río Negro:

### 8.7.1 Ocupación inmobiliaria en zonas cercanas a fuentes de agua

El altiplano del oriente antioqueño y en especial la franja que corresponde a la cuenca del río Negro, ha experimentado en las últimas décadas un proceso acelerado de transformación territorial asociado a dinámicas de expansión urbanística, crecimiento demográfico e intensificación de actividades económicas, como ya bien se ha descrito en varios apartados de este informe social.

Dicha ocupación tiene su sustento en el crecimiento mismo del Valle de Aburrá y en las condiciones de paisaje y habitabilidad que ofrece esta subregión; lo que ha implicado una reconfiguración profunda de las relaciones entre habitantes e instituciones y el sistema hídrico, así como de las formas de ocupación del territorio.

En los altiplanos predominan los asentamientos humanos, debido a que los suelos presentan nutrientes propios de yacimientos vitales para el predominio agrícola (Flórez, 2003). La producción agrícola del altiplano ha sido significativa y se ha consolidado a lo largo del siglo XX como despensa de cultivos de hortalizas y frutas para gran parte del departamento de Antioquia (Arbeláez, 2017) (Gutiérrez Loaiza & Arango López, 2023).

Este fenómeno, aunque en creciente evolución, no es reciente. De acuerdo con el diagnóstico del POMCA río Negro–Nare (2017), desde la década de 1960 se evidencian cambios sustanciales en los usos del suelo, impulsados por la llegada de industrias, el desarrollo de infraestructura vial y el crecimiento poblacional.

La consolidación de una base industrial en municipios como Rionegro, Guarne y Marinilla, así como la construcción de infraestructura estratégica como la autopista Medellín–Bogotá, generaron nuevas dinámicas de ocupación del territorio, caracterizadas por la expansión de asentamientos residenciales asociados a población

trabajadora. En las últimas décadas, este proceso se ha intensificado con la consolidación del oriente antioqueño como un nodo estratégico de desarrollo regional.

De acuerdo con la Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño (2024), la cercanía al Valle de Aburrá, la presencia del aeropuerto internacional José María Córdova y el fortalecimiento de sectores industriales, logísticos y de servicios han impulsado una creciente demanda por suelo urbano y suburbano.

Estos procesos de urbanización, no solo en las cabeceras municipales sino también en áreas rurales, se han desarrollado en muchos casos de manera espontánea o con limitada planificación, lo que ha derivado en la ocupación de áreas ambientalmente sensibles, incluyendo las rondas hídricas, zonas de inundación y sectores con condiciones de riesgo.

Este fenómeno ha dado lugar a una reconfiguración del uso del suelo rural, caracterizada por la transformación de predios agrícolas en parcelaciones, condominios y viviendas de recreo o residencia permanente. Como resultado, se han generado una ocupación dispersa y fragmentada del territorio, que responde en gran medida a lógicas del mercado inmobiliario más que a procesos de planificación integral, tal como lo han señalado estudios desarrollados por Urbam EAFIT.

De allí que este sea señalado como uno de los principales conflictos socioambientales del tramo de estudio. El acelerado crecimiento urbanístico es percibido por actores comunitarios e institucionales como un proceso con debilidades en la planeación, el control y la articulación interinstitucional, en el cual confluyen responsabilidades tanto del sector público como privado y de la misma ciudadanía. En este sentido, algunos participantes cuestionan la efectividad de los mecanismos de regulación y control, señalando una percepción de permisividad frente a la ocupación de zonas cercanas a cuerpos de agua y la insuficiente acción colectiva para su protección.

En este sentido, algunos actores manifiestan que *"la problemática más grave […] son los permisos que dan las curadurías, el silencio y la complicidad de las administraciones […] y de todos los que sabemos lo que pasa, pero no hacemos nada más. Debemos emprender más acciones para detener las construcciones que afectan los cuerpos de agua; el río, los lagos, los humedales" (Liderazgos barrio El Porvenir, comunicación personal, marzo 2026)*.

Asimismo, se observan intervenciones sobre la franja ribereña, reflejadas en la reducción de la cobertura vegetal, la modificación de las condiciones naturales del cauce y el incremento del riesgo de inundación para las viviendas o infraestructuras ubicadas en zonas próximas al río. A esto se suma la preocupación por la localización de proyectos urbanísticos en áreas de alto valor paisajístico, donde la cercanía al río se convierte en

un elemento de atracción para el mercado inmobiliario, lo que incrementa la presión sobre el río y su zona de influencia.

En efecto, diversos actores reconocen que el río y sus afluentes han sido históricamente un factor de valorización del suelo, lo que ha incentivado la localización de viviendas campestres, parcelaciones y desarrollos turísticos en sus inmediaciones. Esta tendencia se ha visto reforzada en los últimos años por el aumento de la migración hacia la subregión y por fenómenos recientes como la pandemia, que intensificaron la demanda por vivienda en entornos rurales y semiurbanos.

No obstante, también emergen visiones que plantean la posibilidad de un desarrollo urbanístico más armónico con el entorno natural, en el que se integren criterios de sostenibilidad, conservación de la cobertura vegetal y respeto por las dinámicas del río, evidenciando tensiones entre modelos de ocupación intensiva y propuestas de urbanismo más responsable con el sistema hídrico.

En cuanto a los impactos generados, se resalta la pérdida paulatina de vegetación ribereña. Las nuevas construcciones implican la tala de árboles, reducción de la franja de protección y fragmentación del corredor ecológico, lo que afecta la función ecológica del río. Esto trae consigo además una alteración en la dinámica natural de la corriente, al reducir el espacio de inundación y modificar el flujo del agua.

Por ello, las inundaciones se configuran como uno de los principales riesgos asociados a este conflicto, dado que la ocupación de la llanura aluvial incrementa la vulnerabilidad de las comunidades y puede generar pérdidas económicas y afectaciones a las infraestructuras. Esta situación es particularmente sensible en un contexto donde algunos actores cuestionan la necesaria incorporación de criterios técnicos, como estudios hidrológicos o proyecciones de inundación, en los procesos de planificación y otorgamiento de licencias.

Por otro lado, y aunque no es objeto exclusivo del instrumento de delimitación de ronda hídrica, múltiples voces coinciden en señalar la contaminación del recurso hídrico como una consecuencia directa de estas dinámicas de ocupación. En sectores con vivienda dispersa es frecuente la presencia de descargas de aguas residuales domésticas, sistemas sépticos deficientes o sin mantenimiento, y escorrentías con residuos o insumos agropecuarios, lo que afecta la calidad del agua del río Negro y de algunas quebradas que tributan a él.

Adicionalmente, se identifican otras presiones asociadas al crecimiento urbanístico, como el aumento del tráfico vehicular y la consecuente generación de contaminantes que son arrastrados hacia las fuentes hídricas, la disposición inadecuada de residuos sólidos y la reducción de la cobertura vegetal en zonas cercanas al cauce.

Finalmente, en algunos sectores las construcciones, parcelaciones y cerramientos han limitado el acceso comunitario al río y a otros cuerpos de agua asociados, lo que genera tensiones en torno al uso, disfrute y apropiación del espacio público natural.

En síntesis, la expansión urbanística en la cuenca del río Negro ha transformado profundamente las dinámicas de ocupación del territorio y la relación de las comunidades con el sistema hídrico. Este proceso, si bien ha dinamizado el desarrollo regional, ha generado importantes desafíos en términos de sostenibilidad ambiental, ordenamiento del suelo y protección de los recursos hídricos, lo que, según lo manifestado por actores durante el proceso participativo, hace necesario fortalecer estrategias integrales de gestión que articulen el crecimiento urbano con la conservación de la estructura ecológica principal.

### 8.7.2 Conflictos por actividades productivas.

Es evidente que en varias zonas del país, los procesos de ocupación del territorio han transformado el paisaje rural, e incluso el urbano, a partir de un conjunto de dinámicas particulares, tales como: a) la presencia de ganadería extensiva, que ocasiona conflictos de uso con el suelo agrícola y afecta los procesos de deforestación; b) la explotación de recursos mineroenergéticos, que genera tensiones territoriales y reduce los niveles de producción agrícola de los municipios; c) una mayor urbanización de los territorios rurales, producto de la expansión de las ciudades en todo el país, y d) los procesos acelerados de suburbanización que conducen a la densificación y presión de los suelos urbanos en áreas rurales, entre otros. (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2018)

En este sentido las comunidades participantes de los espacios de la delimitación de la ronda hídrica del río Negro, describieron respecto a las actividades productivas en el área de estudio, que las principales formas en que evidencian el conflicto son asociadas principalmente a la industria y la rápida urbanización, por ejemplo por la extracción de materiales de playa para construcción, el levantamiento de jarillones, el hallazgo de sedimentos de tala de árboles, así como otros residuos ordinarios en suelos cercanos al río Negro y al interior del mismo cuerpo de agua.

También hubo personas que relataron de la caída de árboles por pérdida de estabilidad de la banca, en los meandros del sector, en la vereda El Tablacito.

Respecto a la zona centro de Rionegro, los parqueaderos, talleres automotrices, las empresas e industrias de la zona de la autopista (Alimentos, minería, medicamentos, floristerías) fueron indicadas como las actividades productivas más conflictivas respecto a la cuenca del río Negro. Por su parte en el corregimiento occidental, el conflicto por actividades productivas se vincula más, desde la percepción ciudadana con los cultivos de Flores.

Los participantes de los diferentes espacios consideran que las causas de este conflicto son las siguientes: la demanda de materiales para la construcción, el otorgamiento de títulos mineros, los llenos antrópicos y el abandono de escombros que hacen algunas personas, la ilegalidad y el incumplimiento de las normas en general respecto a estas actividades y la incompatibilidad entre los usos que puedan coexistir armónicamente con la vida de la ronda, ocasionando usos inadecuados.

Entre los efectos más importantes que los participantes encontraron respecto a este conflicto por actividades productivas, se encuentran: el desequilibrio del ecosistema, la pérdida de estabilidad de las márgenes del cauce permanente, los represamientos y desbordamientos del río Negro, las inundaciones, pérdida de la banca, contaminación de la ronda y conflictos entre diversos actores sociales por estas opiniones y acciones contrapuestas sobre el río. También anotaron la disminución de la capacidad hidráulica, los vertimientos que se hallan en el río y zona aledaña, la deforestación, la pérdida de conectividad ecológica y la mayor fricción en el paisaje.

### 8.7.3 Pérdida de la biodiversidad.

La diversidad biológica — o biodiversidad — es la variedad de vida en la tierra, en todas sus formas, desde genes y bacterias hasta ecosistemas completos como bosques o arrecifes de coral. La biodiversidad que vemos hoy en día es el resultado de 4,5 miles de millones de años de evolución, influenciados cada vez más por el ser humano.

La biodiversidad constituye la red vital de la que dependemos para muchísimas cosas – alimentos, agua, medicinas, un clima estable y crecimiento económico, entre otras. Más de la mitad del PIB mundial depende de la naturaleza. Más de mil millones de personas dependen de los bosques para su subsistencia. Y la tierra y el océano absorben más de la mitad de las emisiones de carbono. (Naciones Unidas Acción por el clima. Sin fecha.)

La destrucción del hábitat es resultado de los cambios de uso de suelo, ya sea por cultivos agrícolas, expansión urbana, construcción de carreteras u otras causas. Es la mayor causa de pérdida de biodiversidad en América Latina, depende tanto de factores locales como de presiones económicas y demanda de recursos que no son locales (Simonetti y Dirzo, 2011 en Cepal sin fecha)

Además de perder cantidad neta de hábitat natural, los procesos de cambio de uso de suelo forman porciones de hábitat de diferentes tamaños y distancia entre sí. Los más pequeños muchas veces no tienen la viabilidad para mantener poblaciones de especies o procesos ecológicos necesarios, por lo que se producen extinciones o pérdida de servicios ambientales locales. Es decir, hay una pérdida secundaria asociada a la fragmentación relacionada con la calidad de las partes de hábitat remanentes.

Adicional a los perjuicios per se dé la pérdida de biodiversidad, se suma la variable del cambio ambiental global para agudizar la situación: "La evidencia científica y la

práctica territorial convergen en una comprensión cada vez más clara: la biodiversidad no es solo una de las principales afectadas por el cambio climático, sino un componente activo de su mitigación y adaptación. *Ecosistemas funcionales aportan soluciones concretas, medibles y escalables frente a la crisis climática*" (MASBOSQUES)

En coherencia con las situaciones anteriormente mencionadas, la gran mayoría de las personas con las que este componente social tuvo la oportunidad de interactuar en las socializaciones, entrevistas y recorridos territoriales realizados en el marco de la estrategia de participación social, se refirieron ampliamente a estas pérdidas ecosistémicas y esto se debe a las expresiones notorias que presenta este conflicto en los hábitats de las personas que allí viven y que se generan por la contraposición de intereses económicos y productivos que se imponen actualmente y de manera creciente por encima de los intereses de la conservación ecosistémica.

Para las comunidades las principales formas en que ven el conflicto en su cotidianidad son las siguientes: vertimientos directos de aguas residuales, desechos industriales, agroquímicos y otros residuos sin el suficiente tratamiento al suelo cercano y en el propio cuerpo de agua.

Para el sector especifico de Don Diego en El Retiro, destaca una forma particular y reiterativa de este conflicto, y es la pérdida de biodiversidad por el alto flujo vehicular cerca del cauce, principalmente los fines de semana y festivos, dado que la zona es un gran corredor de turismo gastronómico y de paso hacia otros parajes del municipio y otras localidades vecinas. La actividad genera contaminantes en el aire y en el suelo que finalmente llegan al río Negro o sus tributarias.

Adicionalmente se mencionaron por parte de la ciudadanía, el aumento en la deforestación y la pérdida de cobertura vegetal en las zonas ribereñas.

Las principales causas que las comunidades encuentran para este conflicto son: la sobredemanda antrópica de diversos elementos del patrimonio ecosistémico, directamente relacionada por presión generada por la industria, la agroindustria y las empresas floricultoras, el mal manejo de los escombros que en ocasiones están muy cerca al río o dentro del agua, la presencia del ganado en el río y la destrucción de ecosistemas como bosques, aumento en la deforestación y pérdida de la cobertura vegetal por la tala de árboles nativos y extracción de productos maderables; relacionados directamente con la construcción de nuevas parcelaciones urbanísticas, que se aúnan a la destrucción de ecosistemas como bosques. En el mismo sentido la ocupación en zonas de ronda e intervenciones en la misma con obras y el aumento de potreros.

Los efectos de este conflicto por pérdida de biodiversidad son las afectaciones ambientales y sanitarias, los malos olores, la proliferación de plagas y contaminación por

vertimientos domésticos o productivos a fuentes hídricas cercanas, lo que dificulta procesos de recuperación ecológica.

Los participantes también reconocen la degradación de la vegetación de ribera, disminución de fauna y flora asociada al ecosistema acuático. Todo esto deriva en la menor capacidad de regulación natural del río, mayor sedimentación y erosión, que se engloba en la pérdida de la funcionalidad ecosistémica.

Las comunidades consultadas mencionan igualmente que la pérdida de biodiversidad se incrementa por la falta de cruces para fauna lo que dificulta su movilidad.

El conflicto socioambiental relacionado con la pérdida de biodiversidad está generando efectos adversos en el entorno. La contaminación ambiental, visual y auditiva, junto con la accidentalidad y que las zonas cercanas a la ronda se usen usualmente como lavaderos y talleres de carros.

Adicionalmente, otro efecto que la comunidad participante identifica es que, con la conversión de áreas con vegetación natural, a plantaciones de especies introducidas, no solo se afecta o se pierde la biodiversidad, sino que se ocasiona una pérdida significativa de las características fisicoquímicas del suelo, incrementando la erosión.

La suma de todos estos deterioros se traduce en una pérdida de conectividad ecológica, disminución sistemática de la fauna, resultado del fraccionamiento de ecosistemas y la contaminación por plaguicidas, lo que a su vez diezma la biodiversidad y hace que el ecosistema sea más vulnerable a la introducción de especies invasoras.

Otra consecuencia grave que apuntan los habitantes de estas zonas es que la capacidad de regulación hídrica se ha visto comprometida, lo que ha desencadenado cambios en el clima local. Estos factores han llevado a una disminución de los servicios ecosistémicos, la contaminación del agua, la pérdida de hábitats por falta de nutrientes y la reducción de espacios recreativos, como los baños en el río, además de la desecación de humedales.

### 8.7.4 Riesgo por inundación.

Las inundaciones ocurren cuando el agua se desborda de los límites normales de un arroyo, río u otro cuerpo de agua o se acumula en un área que generalmente está seca. Hay dos tipos principales de inundaciones: las inundaciones lentas, que se desarrollan durante horas o días, mientras que las inundaciones repentinas ocurren de golpe, a menudo sin previo aviso, generalmente debido a las fuertes lluvias. Aunque las inundaciones anuales son un fenómeno natural en muchas partes del mundo, las prácticas de uso de la tierra y de construcción han provocado un aumento en la frecuencia y magnitud de las inundaciones. También se prevé que las inundaciones serán aún más frecuentes y graves en el futuro debido al cambio climático. Las

inundaciones pueden ser extremadamente peligrosas y causar daños humanos, ambientales y materiales masivos a las comunidades. (IFRC)

Las inundaciones, las sequías y otras catástrofes relacionadas con el agua están aumentando a causa del cambio climático y, dado el crecimiento demográfico y la disminución de la disponibilidad de ese recurso en muchos lugares, se incrementará la cantidad de personas que sufren por esos fenómenos, advierte la Organización Meteorológica Mundial (ONU Hábitat)

Las inundaciones se han convertido en uno de los riesgos más frecuentes y devastadores asociados a eventos naturales, especialmente en contextos urbanizados. Más que una cuestión de lluvias intensas o ríos desbordados, detrás de cada inundación hay pérdida de viviendas, alimentos e incluso vidas humanas, así como decisiones acumuladas sobre cómo ocupamos el territorio, cómo gestionamos el agua y qué lugar le damos a la naturaleza en la planificación del desarrollo.

Las inundaciones son hoy uno de los eventos asociados al agua con mayor impacto social y económico en el mundo. De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de Naciones Unidas (EIRD, 2008), representan una proporción significativa de los desastres registrados globalmente y afectan de manera desproporcionada a poblaciones con mayores niveles de vulnerabilidad. (MASBOSQUES)

El riesgo por inundación en la cuenca del río Negro se configura como uno de los principales conflictos socioambientales del área de estudio, estrechamente relacionado con las dinámicas de ocupación del territorio, la pérdida de la biodiversidad y las transformaciones recientes en el uso del suelo. Este fenómeno se manifiesta con mayor intensidad en sectores donde históricamente han existido condiciones naturales que favorecen la ocurrencia de inundaciones lentas (cómo ya se describió en el apartado de histórico de inundaciones), pero que en la actualidad se encuentran intervenidos por actividades de diversa índole, destacándose los servicios comerciales, industriales e inmobiliarias.

De acuerdo con la información recopilada en el proceso participativo, se identifican como zonas críticas diversos tramos ubicados tanto en áreas urbanas como rurales, entre ellos la desembocadura del río Pantanillo y la quebrada La Agudelo hasta el sector Emaús en lo que concierne al municipio de El Retiro. Para el caso de Rionegro, se ha identificado un amplio sector del corregimiento occidental, vereda Tablacito (desde los límites con El Retiro hasta el sector La Pica y Asdesillas), así como zonas altamente intervenidas como el entorno del centro comercial San Nicolás, el barrio Las Playas, la zona industrial, Autolarte, el centro comercial José María Córdova, el barrio El Porvenir y la vía El Tranvía. En jurisdicción de Marinilla se identifica la vereda Belén. Para este caso, las afectaciones corresponden a áreas de cultivos, potreros o industrias, alrededor de las

cuales confluyen varios afluentes (quebradas La Mosca, La Marinilla y Cimarronas), lo que incrementa la probabilidad de inundación por efecto acumulado de caudales.

En estos territorios, la ocupación de la llanura aluvial y la proximidad directa al cauce han incrementado la exposición de viviendas, infraestructuras y actividades productivas frente a eventos hidroclimáticos.

Esta situación es especialmente crítica en barrios con ocupación histórica, donde las comunidades manifiestan una percepción de desigualdad en la gestión del riesgo, señalando que, pese a la recurrencia de inundaciones, continúan otorgándose permisos para nuevas construcciones en zonas similares.

En palabras de una de sus habitantes: "*es una situación de alta gravedad que padecemos […] y se agudiza cuando evidenciamos como dan nuevos permisos y licencias y hay nuevas construcciones sobre la llanura de inundación […]*." (Grupo focal Rionegro, comunicación personal, marzo 2026).

Las causas de este conflicto responden a una combinación de factores antrópicos y naturales. Entre estos, se destacan la ocupación inadecuada de áreas naturalmente inundables, la impermeabilización del suelo producto de la urbanización, la deforestación y pérdida de cobertura vegetal, así como intervenciones sobre el cauce asociadas a actividades como la minería, la disposición de residuos y la acumulación de sedimentos. Algunos actores también advierten sobre la incidencia de prácticas como la construcción de jarillones o modificaciones locales del terreno que alteran la dinámica del río y generan efectos indirectos en predios vecinos, como inundaciones por rebote o desviación del flujo.

Asimismo, se identifican factores estructurales asociados a deficiencias en los sistemas de drenaje y saneamiento, particularmente en sectores con sistemas combinados de alcantarillado, vertimientos no controlados y limitaciones en la planificación de redes. La presencia de infraestructuras inadecuadas, como puentes mal diseñados o con insuficiente capacidad hidráulica, también contribuye a la generación de puntos críticos donde se acumulan residuos y se represan las aguas, favoreciendo desbordamientos.

Desde el punto de vista hidrológico, durante algunos eventos de precipitación intensa se presenta un aumento simultáneo del caudal del río y del volumen de escorrentía superficial, lo que genera una saturación del sistema de drenaje pluvial. Cuando el nivel del río alcanza o supera la cota de descarga de los colectores, se produce un efecto de retención hidráulica que impide la evacuación normal de las aguas lluvias, ocasionando el colapso del sistema y la acumulación de agua en la superficie.

Los impactos asociados a este conflicto son múltiples. En términos biofísicos, se evidencia un aumento de la escorrentía y una disminución de la infiltración, así como alteraciones

en la dinámica del cauce, incluyendo cambios en la velocidad del flujo, la profundidad y la extensión de las áreas inundables. Algunos actores señalan que las inundaciones han aumentado en frecuencia e intensidad en los últimos años, asociándolo especialmente a las transformaciones del territorio, pero también a efectos de la variabilidad climática.

En el ámbito social y económico, las inundaciones generan afectaciones directas sobre viviendas, infraestructuras y actividades productivas. Se reportan pérdidas recurrentes de enseres, afectación a cultivos y limitaciones en el uso de predios productivos durante largos periodos. En la vereda Tablacito, por ejemplo, se indica que áreas destinadas a la producción pecuaria pueden quedar inutilizadas durante semanas o meses tras eventos de inundación, afectando la sostenibilidad económica de las familias.

Asimismo, emergen prácticas comunitarias de adaptación como la construcción de canales, mantenimiento de drenajes o adecuación de sistemas de manejo de aguas, que, si bien contribuyen a mitigar temporalmente los efectos, resultan insuficientes frente a eventos de alta magnitud. Como lo expresa una de las personas entrevistadas, "*lo que procuramos es hacerles mantenimiento a los canales lo más frecuente posible para que la quebrada cuando crezca haga el recorrido normal hacia el río Negro […] sabemos que esas limpiezas no van a dar abasto cuando las lluvias sean más fuertes*" (V. Hernández, Agrosavia. Comunicación personal, marzo 2026).

En algunos sectores, particularmente aquellos con menor nivel de ocupación, las inundaciones son percibidas como parte de la dinámica natural del río y generan menores impactos; sin embargo, en zonas urbanizadas o con alta presión sobre el suelo, estas se convierten en un factor crítico de riesgo, agravado por la localización de infraestructuras y viviendas en proximidad inmediata al cauce.

Este conflicto implica también una afectación sobre los servicios ecosistémicos del río y su entorno próximo, incluyendo la regulación hídrica y la conectividad ecológica. La acumulación de sedimentos, residuos y material vegetal en el cauce reduce su capacidad hidráulica y favorece procesos de desbordamiento, como lo señalan algunos actores al indicar que "*es un cauce con mucho sedimento […] que lo ha vuelto más angosto*" (A. Restrepo, comunicación personal, marzo 2026).

A manera de conclusión sobre este conflicto, puede decirse que el riesgo por inundación en la cuenca del río Negro no solo responde a condiciones naturales del sistema hídrico, sino que se ve significativamente intensificado por las formas de ocupación del territorio, las intervenciones sobre el cauce y las limitaciones en la planificación y gestión del riesgo, lo que plantea la necesidad de fortalecer estrategias integrales que articulen el ordenamiento territorial, la gestión del patrimonio hídrico y la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades expuestas.

### 8.7.5 Dificultades de acceso y uso colectivo de cuerpos de agua

Los obstáculos en cuanto al acceso y uso colectivo del río y sus cuerpos de agua conexos emergen como un conflicto socioambiental asociado a las demás problemáticas aquí priorizadas, en especial a las dinámicas de ocupación del territorio y a los procesos de apropiación privada de espacios estratégicos a lo largo de los tramos aledaños a esta corriente hídrica. De acuerdo con los ejercicios de cartografía social y los recorridos en territorio, este conflicto se manifiesta principalmente en las veredas Don Diego, Tablacito, El Tablazo, Barro Blanco y en menor medida en algunos predios de sectores como el barrio El Porvenir (etapas 6 y 7) y Vegas de la Calleja donde se evidencian restricciones para el acceso comunitario a los cuerpos de agua y en ciertos tramos del río.

Si bien el acceso al agua y a sus espacios asociados ha sido históricamente un elemento central en la vida social, productiva y cultural de las comunidades, en la actualidad se observa una progresiva limitación de estos usos colectivos, particularmente en zonas donde predominan predios privados, parcelaciones y desarrollos residenciales. En estos contextos, la cercanía al río ha dejado de ser un bien común accesible para convertirse en un atributo de valor asociado a la propiedad privada.

Las causas de este conflicto se relacionan principalmente con procesos de privatización del espacio ribereño, la instalación de cerramientos físicos y simbólicos que restringen el ingreso, y la falta de mecanismos efectivos para garantizar el acceso público a estos escenarios naturales. Como lo señala uno de los actores consultados, "*hay zonas del río que no se pueden acceder […] los privados no dejan ingresar, ni siquiera revisar o hacer limpiezas o mirar si hay palos caídos en el agua*" (grupo focal subsecretaría de medio ambiente, municipio de Rionegro, comunicación personal, marzo 2026), lo que evidencia limitaciones no solo para el uso recreativo, sino también para el ejercicio de acciones de cuidado y monitoreo del estado del río, la fauna o la flora del lugar.

No obstante, también se reconocen posturas que reflejan la complejidad del conflicto, en la medida en que algunos propietarios perciben el acceso libre como un riesgo para la seguridad de sus predios, lo que genera tensiones entre el derecho colectivo al uso del espacio natural y la protección de la propiedad privada. En ciertos casos, se identifican experiencias donde el acceso es permitido bajo condiciones reguladas, lo que sugiere la posibilidad de modelos de uso compartido con acompañamiento o control.

Este escenario se enmarca en dinámicas más amplias documentadas en América Latina, donde se han profundizado los conflictos por el acceso y control del agua, asociados a procesos de acumulación, extractivismo y mercantilización de los bienes comunes. Diversos estudios señalan que la creciente presión sobre los recursos hídricos ha derivado en formas de despojo y fragmentación de las cuencas, así como en la

concentración del acceso en manos de actores con mayor capacidad económica (Bolados & Babidge, 2017; Roca-Servat & Botero-Mesa, 2020; IPCC, 2022).

En el contexto colombiano, estas dinámicas se expresan en la consolidación de modelos de desarrollo que subordinan el agua y el territorio a lógicas de mercado, generando exclusión y debilitando las formas tradicionales de gestión comunitaria del recurso (Pérez-Rincón, 2015; Montoya & Rojas, 2019).

Entre los impactos asociados a este conflicto se encuentra, en primer lugar, la pérdida del carácter público y colectivo del río y sus afluentes, lagos o humedales conectivos, lo que limita prácticas culturales, recreativas y de apropiación social del territorio, como el avistamiento de aves o el disfrute del paisaje. Esta desconexión progresiva entre la comunidad y el río puede incidir en una menor valoración y cuidado de este patrimonio natural.

Adicionalmente, la restricción de acceso dificulta el seguimiento comunitario a las condiciones ambientales del río, lo que puede favorecer prácticas inadecuadas en predios privados, como la construcción de obras no autorizadas, la intervención del cauce o el uso indebido del suelo sin control social. En este sentido, algunos actores advierten sobre la presencia de jarillones construidos sin regulación y otras intervenciones que alteran la dinámica hídrica, con efectos que pueden extenderse a otros sectores, como el aumento del riesgo de inundaciones aguas debajo de estas obras.

Desde el punto de vista ambiental, también se identifican impactos asociados a la sobreexplotación del recurso, la presencia de actividades ganaderas en zonas que bien podrían delimitarse como ronda hídrica y la contaminación por el uso de agroquímicos, lo que compromete la calidad del agua y la integridad de los ecosistemas asociados. Asimismo, el desconocimiento del territorio y de los usos reales que se desarrollan en predios privados limita la gestión integral de la cuenca.

En este sentido, las dificultades de acceso y uso colectivo de los cuerpos de agua en la cuenca del río Negro reflejan tensiones entre lo público y lo privado, entre la conservación y la valorización del suelo, y entre los derechos individuales y el interés colectivo. Este conflicto pone en evidencia la necesidad de fortalecer estrategias de ordenamiento territorial y gestión ambiental que garanticen el acceso equitativo, promuevan la apropiación social del río y aseguren la protección de sus funciones ecosistémicas.

## 8.8 Áreas potenciales y usos compatibles con la función de la ronda

Cuidar la naturaleza implica asumir la complejidad de los sistemas que sostienen la vida y reconocernos como parte activa de ellos. No habitamos un entorno externo que pueda gestionarse a distancia, sino una trama viva de relaciones en la que cada decisión humana incide sobre los equilibrios que hacen posible respirar, alimentarnos y

habitar un territorio. Desde esta comprensión, cuidar el medio ambiente es un ejercicio profundo de relación: con nosotros mismos, con otras personas, con los ecosistemas y con las generaciones que vendrán.

Cuando el cuidado se vuelve hábito hay ecoesperanza, que es una propuesta de camino que surge del reconocimiento informado de la realidad que vivimos y de la convicción de que la acción sigue siendo posible y necesaria. La ecoesperanza invita al movimiento, a sostener el cuidado incluso en contextos de incertidumbre, entendiendo que las transformaciones profundas no ocurren de manera abrupta, sino como resultado de la acumulación de gestos, decisiones y procesos que, en su reiteración, producen cambios cualitativos. Como plantea la dialéctica, los cambios cuantitativos y cualitativos conducen a transformaciones estructurales en la manera de habitar el mundo y parten de una convicción sencilla y profunda de que ser parte del ecosistema implica actuar para que su equilibrio se dé.

Esta visión dialoga con experiencias comunitarias, científicas, pedagógicas y culturales que, en distintos lugares del mundo, están ensayando respuestas concretas frente a los desafíos socioambientales. (MASBOSQUES)

Teniendo en cuenta lo vital que es hoy más que nunca, este tema de la conversación, cuidado y recuperación de los ecosistemas cercanos al ro Negro, en el desarrollo de la estrategia de participación social de la delimitación de esta ronda hídrica, al profundizar en la conversación con los sabios locales participantes acerca de sus territorios, sitios representativos, también del patrimonio natural que habita en estas zonas y los esfuerzos que se hacen actualmente desde las iniciativas institucionales, publicas, sociales y privadas, se encontraron algunos ejemplos de prácticas sostenibles identificadas por la comunidad, así como algunas zonas económicas compatibles con la protección de la ronda y sus respectivas propuestas de manejo. Algunos ejemplos identificados con las comunidades participantes en los espacios de encuentro fueron:

El Retiro. Predio de conservación de EPM en cercanías de la represa La Fe.

La comunidad identificó y exaltó como una buena práctica en los espacios de socialización realizados, la existencia y conservación de predios públicos en este municipio del Oriente antioqueño. Se conservan actualmente aproximadamente 35 hectáreas de bosque de ladera en la cuenca de La Fe, quebrada Pantanillo (veredas Lejos del Nido y La Amapola) que inciden directamente en la protección de la represa La Fe que surte de agua al AMVA y al río Pantanillo, que participa en el abastecimiento de la represa La Fe, fuente de consumo para Medellín y Envigado y donde da inicio el río Negro, así que es un ecosistema estratégico para este cuerpo de agua.

1. El Retiro: Bosque En la vereda el chuscal, en los sitios de nacimiento de la Quebrada La Chuscala, tributaria del río Negro, se han sembrado 10.000 árboles

de la mano del acueducto veredal en los últimos 10 años, en una reserva donde actualmente hay especies nativas como encenilla, orquídeas, aguacate, en un lugar que también es protegido en el momento por una alianza entre el colectivo Guardianes del Bosque, la alcaldía de El Retiro y MASBOSQUES.

2. Rionegro: Siembra de árboles en la zona del equipamiento urbano, deportivo, recreativo de El Porvenir etapas I y VI principalmente, lideradas por la alcaldía de Rionegro y donde participan las JAC, JAL, consejeros de cuenca, colectivos ambientales y Acueducto CAM entre otros actores de la localidad.
3. Rionegro. Colectivo Ecoguardianes: Diseño de acciones en pro de la conservación de áreas naturales, estrategias de sensibilización y educación ambiental participativa en torno al cuidado y la conservación del río negro y sus afluentes, Monitoreo e investigación de humedales y bosques nativos, productores y comercializadores de alimentos agroecológicos, hongos comestibles y medicinales, plantas aromáticas y aceites esenciales.
4. Colectivo Somos Naturaleza: Siembra en las riberas, sensibilización y educación ambiental en conocimientos y experiencia sobre ecosistemas locales.
5. Colectivo Artesanos del río, en alianzas con la administración municipal, participan en labores de limpieza del río Negro.
6. Empresa de reciclaje Planeta verde: Realiza manejo integral de residuos, prestación del servicio público de aseo en el componente de aprovechamiento y a la gestión ambiental para mejorar la calidad de vida de los recicladores y contribuir con el desarrollo sostenible del planeta
7. Centro de investigación La Selva de Agrosavia. Tienen variedad de cultivos de frutales, de hortalizas, transitorios, entonces se dedican al manejo de estos cultivos de manera responsable, buscando las prácticas más sostenibles para todos los elementos del patrimonio natural. Los lotes de su centro de investigación están distribuidos en diferentes sistemas productivos, como aguacate, uchuva, cebolla, tomate, lulo, etc.
8. Adicional a esto, conservan un relicto de bosque húmedo montano bajo de 7 hectáreas en el mismo centro de investigación ya mencionado, lo que los constituye como Distrito Regional de Manejo Integrado DRMI, pues logran hacer coexistir su quehacer con el compromiso de conservación del patrimonio natural y del bienestar de las especies de flora y fauna nativas que se encuentran en esta zona de conservación. El relicto también hace parte de la trayectoria de vuelo de múltiples especies de aves migratorias
9. Dentro de los diferentes proyectos que desarrollan, destacan las asesorías a los productores para mejorar sus condiciones, técnicas de producción, en aspectos como el reconocimiento de qué cultivos tienen, limpieza de semillas, acciones de economía circular, identificación de residuos que pueden aprovechar para el consumo de sus sistema y fomento de la rentabilidad del campo con las nuevas generaciones para que no abandonen la actividad.

10. Adicionalmente son el banco de semillas de Colombia con 43.000 variedades que tienen como principal función ser salvaguardadas conservar para asegurar la alimentación del país. (V. Hernández, comunicación personal, 18 de marzo de 2026)
11. Marinilla: Granja Politécnico Román Gómez Gómez. En total la granja tiene 30.5 hectáreas, 17 unidades de producción, 15 hectáreas de las ya mencionadas son de protección forestal, que no se destinan para nada más, albergan 3 nacimientos de aguas y que, de hecho, esta porción de tierra de conservación es un límite natural con el municipio de Rionegro, y es un borde de 300 metros con el río negro. En otras 5 hectáreas esta todo el trabajo de docencia, formación y extensión con 7 hectáreas en sistema silvopastoril para ganado de leche. La granja tiene porcicultura, conejos, gallinas ponedoras, dos hectáreas de cultivo de aguacate. Adicionalmente ganadería de leche, ovejas y cabras.

## 8.9 Estrategia de Participación y Validación Social.

La participación social es un proceso que permite a las personas interactuar activamente en la toma de decisiones comunitarias en los territorios. De conformidad con la Ley 99 de 1993, dicho proceso constituye un principio fundamental de la gestión ambiental en Colombia; dado que se reconocen el derecho y el deber de las comunidades de intervenir en las decisiones que puedan afectar el medio ambiente.

Este ejercicio ciudadano, implica la presencia en la esfera pública para reclamar autonomía, demandar cambios y exigir la participación que define y marca su destino en la sociedad. La participación social es entendida como la capacidad que tiene la sociedad civil para actuar y ser un agente activo en la toma de decisiones de las políticas públicas de las naciones, territorios, comunidades y otras, siempre a través del fortalecimiento de colectivos, redes sociales, movimientos de género, de etnias, de grupos culturales que empoderan su voz y sus actuaciones en función de los procesos de transformación sociocultural.

La participación siempre acompañó en mayor o menor medida las formas históricas de la sociedad, pero en la actualidad se distingue una tendencia mundial a intensificar los procesos participativos porque existe un gran descontento en los grupos y comunidades que se encuentran marginados de los asuntos que interesan a todos, mientras unos pocos deciden por las grandes mayorías. El gran reto en un contexto de asimetría entre los actores sociales es encontrar la forma de priorizar las necesidades colectivas, colocándolas por encima del interés individual. (Carvajal, 2025)

En este sentido, el proceso de delimitación de la ronda hídrica incorpora la participación de los actores sociales del territorio como un elemento esencial para garantizar la transparencia, legitimidad y sostenibilidad de la medida, reconociendo el conocimiento local y promoviendo la corresponsabilidad en la protección del patrimonio hídrico.

La delimitación y gestión colaborativa de las rondas hídricas o franjas de terreno adyacentes a ríos y quebradas, requiere involucrar una mirada colectiva en este proceso, a fin de promover la toma de decisiones conjuntas para la conservación y el uso sostenible del territorio. Para ello, es indispensable motivar el diálogo y la concertación entre los actores, de manera que se garantice la protección de estas zonas que aseguran el flujo natural del agua, la salud del ecosistema y la prevención de los riesgos asociados.

Este tipo de cooperación entre instituciones y liderazgos busca orientarse bajo principios como la equidad, la recuperación de saberes locales y la construcción conjunta de conocimientos que promueven el cuidado del agua y de la vida. En este sentido y en reconocimiento de las particularidades físicas y sociales del contexto de la ronda hídrica del río Negro, fueron diseñadas algunas herramientas metodológicas según las características de los grupos a intervenir; promoviendo así, espacios de consulta, socialización y concertación territorial en diferentes tramos de la zona de estudio que comprende los municipios de El Retiro, Rionegro y Marinilla.

Los aportes generados en dichos espacios, además de los datos obtenidos mediante revisión documental, fueron contrastados con información suministrada por los demás componentes de este convenio, identificando posibles afectaciones y ocupaciones en las zonas de interés cultural y de servicios ecosistémicos. En la gestión integral del agua como patrimonio, incluida esta ronda hídrica, el análisis funcional físico-biótico se integra con el análisis social - cultural, ya que las riberas de los cuerpos de agua reflejan procesos de co-evolución entre estas dos dimensiones.

### 8.9.1 Objetivo general:

Garantizar la inclusión efectiva de todos los actores locales en el proceso de acotamiento de la ronda hídrica, promoviendo la legitimidad social, la apropiación del conocimiento y la sostenibilidad ambiental del territorio en todas las etapas de este convenio, promoviendo la corresponsabilidad ambiental y la validación social de los resultados.

### 8.9.2 Objetivos específicos

- Diseñar herramientas metodológicas a partir de la identificación y caracterización de los actores sociales e institucionales que tienen relación con el área de influencia de la ronda.
- Socializar los objetivos, metodologías y avances del proceso técnico, incorporando conocimientos locales, percepciones comunitarias y conflictos de uso del suelo y del agua en el proceso de delimitación.
- Fortalecer la corresponsabilidad comunitaria en la protección de la ronda hídrica, a través de la concertación de acuerdos para su conservación y manejo.

La estrategia de participación se orientó desde los siguientes enfoques, los cuales buscan activar mecanismos consultivos para la toma de decisiones y el trabajo colectivo en la planificación ambiental:

- **Enfoque territorial**: reconocimiento de las dinámicas biofísicas, sociales, culturales y productivas locales en los territorios de análisis.
- **Participación incidente**: los actores no solo son informados, sino que aportan conocimiento y propuestas de manejo para la sostenibilidad de la ronda y la gobernanza ambiental del territorio.
- **Diálogo intercultural**: se promueve y valida la inclusión de todas las voces que representan el conocimiento y percepción de diferentes grupos de interés bajo acuerdos de respeto y equidad.
- **Transparencia y acceso a la información**: se procura que los actores tengan acceso claro y oportuno a la información generada a lo largo del proceso, fomentando la justicia ambiental y la participación significativa en la toma de decisiones.

### 8.9.3 Momentos y técnicas metodológicas

#### 8.9.3.1 Preparación y lectura de contexto

Este primer momento corresponde al levantamiento de una línea de base, la cual incluyó la revisión de fuentes secundarias para la recopilación de antecedentes y la elaboración del *mapeo de actores*, en el que se identificaron comunidades, organizaciones sociales, colectivos ambientales, entidades locales, propietarios ribereños y empresas privadas de diversa índole, entre otros

Se incluyó además un recorrido de campo con participación de todos los componentes que integran este convenio, a fin de efectuar un reconocimiento del área de estudio. El componente social por su parte, intencionó dicha visita para hacer observación en algunos puntos del tramo de estudio, generando información de contexto, en cuanto a características biofísicas y culturales; identificación de actores, dinámicas sociales y sectores de la economía presentes en la zona de influencia de la ronda hídrica. Este ejercicio aporta al diseño de las estrategias para la apropiación social y la retroalimentación de los resultados del acotamiento con los actores y comunidades que hacen parte de la zona.

***Fotografía 84.*** *Visita de reconocimiento social – Tramos del río Negro*





***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 8.9.3.2 compilación de antecedentes

Esta actividad consistió en un análisis que se construyó con la revisión de los documentos de carácter institucional y académico disponibles para la consulta del componente social de este convenio. Para este ejercicio investigativo, se consultaron planes de Ordenamiento Territorial, Planes de Desarrollo municipal, Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas, Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico, diagnósticos sociales municipales, análisis de salud municipal, planes de manejo de gestión del riesgo y desastres, entre otros, que dan cuenta de las dinámicas poblacionales, socioeconómicas, socioambientales y del ordenamiento Territorial de los municipios involucrados. Este acopio y análisis de información hizo especial énfasis en conflictos o problemáticas socioambientales asociadas a la ocupación de las riberas y las zonas aledañas al cauce.

El resultado de este análisis se compiló en fichas para cada uno de los municipios (ver anexo social 4) y las cuales contienen los siguientes apartados:

**Información socioeconómica y geográfica:** ofrece datos demográficos y poblacionales, actividades económicas y de ingresos, tenencia de la tierra, entre otros.

**Información de usos y ocupación del suelo:** memoria de ocupación actual, cambios en el uso del suelo, actividades que ejercen presión sobre el cuerpo de agua y gestión de riesgos.

**Información social e institucional:** identificación de actores sociales e institucionales, procesos de participación y educación ambiental, entre otros.

**Información normativa y planeación territorial:** normativa ambiental y de ordenamiento territorial aplicable (POT, POMCA, PMA, acuerdos o documentos legales sobre uso del suelo o acceso al agua), y análisis de PQRSD.

### 8.9.4 Herramientas para la apropiación social

Una vez realizado el mapeo de actores con incidencia o relación directa en la zona de ronda hídrica, se diseñaron algunas herramientas de carácter participativo para identificar los usos del suelo, el histórico de eventos de riesgo y las zonas críticas, entre otros aspectos relevantes con relación al cuerpo de agua; además de integrar el conocimiento local entre actores con percepciones e intereses divergentes.

El objetivo de estas herramientas es recolectar información sobre las dinámicas culturales, productivas y ambientales propias del área de estudio; insumos construidos de manera participativa y que buscan integrarse a la revisión técnica, permitiendo la comprensión básica del proceso y la reducción de desinformación entre los actores involucrados.

Entre las herramientas que fueron diseñadas según las características de los actores identificados se encuentran:

Recorridos territoriales

Se intencionaron cinco (5) recorridos territoriales en compañía de habitantes o lideres de algunos de los sectores más críticos o con aspectos importantes para la observación a lo largo del tramo de estudio. Las rutas y los distintos puntos a visitar fueron concertados con aliados claves, esto con el objetivo de articular el conocimiento técnico con el conocimiento local, validar información en campo, identificar conflictos socioambientales y fortalecer la apropiación social respecto a este cuerpo de agua.

Estos recorridos permitieron, además, generar pequeños grupos focales, activando el dialogo de saberes y el intercambio de percepciones sobre lo observado en campo.

***Fotografía 85. Recorridos por el territorio, diálogos focales***





***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

#### 8.9.4.1 Encuesta de histórico de eventos por inundación:

Esta herramienta metodológica ha sido diseñada con el fin de apoyar el proceso de documentar la memoria social de las comunidades ribereñas respecto al comportamiento histórico del cuerpo de agua. De esta forma, se obtuvo valiosa información sobre las zonas recurrentemente inundables, las características, frecuencia y niveles de afectación de las inundaciones; así como comprender el contexto de vulnerabilidad al que están expuestas las comunidades identificadas a lo largo del tramo de estudio. Esta información, además, es referencia y contraste para los demás componentes que integran este estudio y en contraste con la información existente y que ha sido documentada por las entidades encargadas de la gestión del riesgo en cada uno de los municipios que componen la ronda. (ver anexo social 6)

La información derivada de este ejercicio de encuesta ha sido procesada e integrada al análisis en el apartado Histórico de eventos por inundaciones, en este mismo informe y que suministra información recolectada en las diferentes zonas de riesgo identificadas y desde la perspectiva y experiencia de vecinos afectados por los eventos de riesgo y por otros liderazgos residentes en las comunidades consultadas.

#### 8.9.4.2 Entrevista semi-estructurada:

Las entrevistas semi-estructuradas constituyen una técnica central de las ciencias sociales, empleadas por este componente social, en tanto permiten recoger información cualitativa relevante sobre la relación histórica, social y productiva de los actores locales con el cuerpo de agua. A partir de un esquema fijo de preguntas abiertas se conversa con las personas identificadas como "agentes claves", para explorar y seguir trayectorias temáticas que permitan la recuperación de saberes locales y la comprensión de las dinámicas territoriales que inciden en la gestión del recurso hídrico. (ver anexo social 7)

#### 8.9.4.3 Cartografía Social:

La cartografía social es una metodología de investigación participativa comunitaria y etnográfica, propia del trabajo de campo, a partir de la cual, los actores construyen de manera colectiva representaciones espaciales del territorio que habitan; con el fin de identificar, analizar y describir las dinámicas sociales, culturales y de uso de las zonas asociadas a su entorno inmediato, en este caso el cauce permanente.

La cartografía social en el marco de la estrategia de participación social aplicada permitió a los grupos participantes construir conocimiento colectivo sobre su territorio, utilizando mapas, dibujos y relatos. Es un proceso de "re-existencia" donde la comunidad grafica su memoria, conflictos, relaciones y proyecciones futuras, yendo más allá de los mapas oficiales para visibilizar lo vivido (Corpoeducación).

La cartografía es un lenguaje de representación del espacio geográfico, una forma de abstracción de la realidad; este lenguaje se transmite a través de una forma particular de comunicación iconográfica, el mapa, lo que nos lleva a situarlo dentro de un proceso comunicativo; así como en el discurso hablado prima la voz de la palabra, en el mapa priman las imágenes, los signos y los símbolos. (Barragán-León, 2019)

Durante las primeras jornadas de socialización, se llevó a cabo un ejercicio *insitu* de cartografía social en cada uno de los municipios que comprenden la cuenca del río Negro, logrando el acopio de información relacionada con usos del suelo y del agua, zonas de ocupación y riesgo, sitios de importancia social, cultural o comunitaria, conflictos por el uso del territorio y el recurso hídrico y transformaciones históricas del cauce y del entorno, entre otros aspectos sociales y simbólicos con relación al cuerpo de agua. (ver anexo social 9).

### 8.9.5 Socialización y validación social

La estrategia de participación social contempló la realización de jornadas de socialización para cada uno de los municipios que conforman el área de estudio (El Retiro, Rionegro y Marinilla); mediante una metodología interactiva, que promueve la participación de todos los actores involucrados. Estos espacios permitieron recoger las percepciones, expectativas y valoraciones de las comunidades, las cuales han sido incorporadas de manera efectiva en la definición final de los límites y en la formulación de estrategias para el manejo ambiental de la ronda hídrica.

**Convocatoria**

El proceso de convocatoria se llevó a cabo en articulación con las oficinas de Medio Ambiente y Gestión de Riesgos en cada uno de los municipios y con el apoyo de las Juntas de Acción Comunal (JAC) y otros liderazgos presentes en el territorio. En coordinación con supervisora del convenio por parte de Cornare, fueron enviados oficios dirigidos a cada uno de los alcaldes previo a cada jornada de socialización y con copia a las dependencias corresponsables de este proceso. De igual forma, se emplearon diversos canales y medios para divulgar la invitación a lo largo de toda el área de influencia, tales como: llamadas telefónicas, envío de e-card a través de whatsapp, invitación a través de correo electrónico y voz a voz entre líderes y vecinos, entre otros. (ver Anexo social 12. Evidencias proceso de convocatoria socialización)

#### 8.9.5.1 Socialización N°1

Durante los días 4, 5 y 9 de febrero del 2026 se llevó a cabo la primera socialización sobre el acotamiento de la ronda hídrica en los municipios que integran el área de estudio y que tuvo por objetivo contextualizar a los diferentes actores sobre el alcance, fundamentos normativos y metodología a implementar por cada uno de los

componentes que integran este convenio; así como activar el intercambio de saberes y percepciones a través de la metodología de cartografía social.

***Fotografía 86. Socialización N°1 - Comunidades de Rionegro, El Retiro y Marinilla***





***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Fotografía 87. Marinilla, Ciudadela Artesanal - vía Belén - Rionegro, vereda Tablacito, 4 de febrero de 2026.***





***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 8.9.5.2 Socialización N°2

Durante la primera semana de marzo del 2026, se llevaron a cabo los siguientes cuatro encuentros de socialización, con el objetivo de compartir los hallazgos preliminares más relevantes sobre el acotamiento de la ronda hídrica del río Negro por cada uno de los componentes, contrastando el saber técnico con los conocimientos de los actores presentes en el territorio.

Estos encuentros, tenían a su vez, la intención de movilizar el dialogo de saberes para el análisis sobre los conflictos y usos del suelo previamente identificados, siendo posible comprender las causas e impactos generados por dichos conflictos; integrando las percepciones y aportes de las comunidades al proceso. (Ver anexo social 10).

***Fotografía 88. Socialización N°2 - Rionegro, El Retiro y Marinilla***





***El Retiro, sector don Diego - Rionegro, vereda Tablacito, 2 de marzo de 2026.***





***Rionegro, zona Centro, Asocomunal - Marinilla, vereda Belén, 5 de marzo de 2026.***

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 8.9.5.3 Socialización N°3

Se realizaron encuentros de socialización durante la semana del 5 al 11 de junio; esto con el objetivo de dar a conocer los resultados finales del estudio de delimitación de la ronda hídrica, garantizando que los diferentes actores institucionales, comunitarios y privados, conozcan los alcances técnicos, ambientales y sociales del proceso, así como su incidencia en la planificación, gestión y protección del patrimonio hídrico; fortaleciendo la transparencia y el acceso a la información.

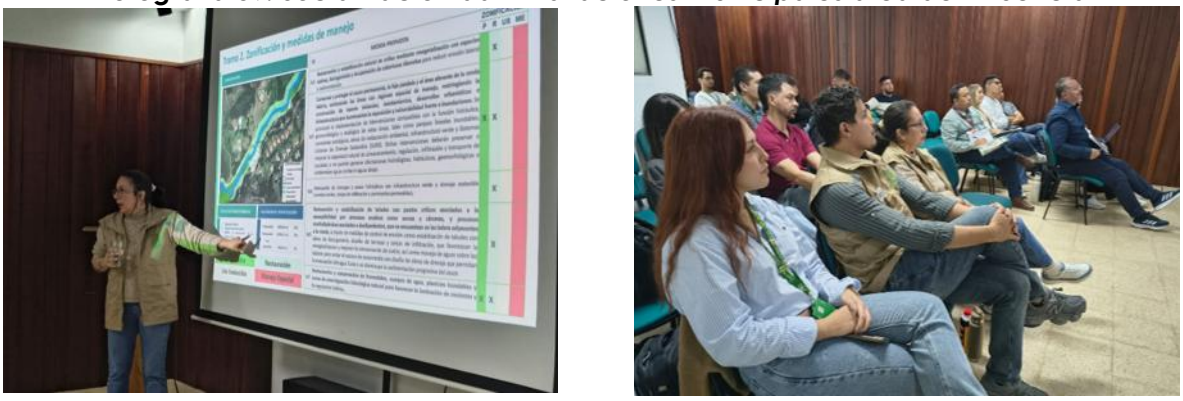
El punto de partida de cada uno de estos encuentros fue el reencuadre sobre los conceptos relacionados con la ronda hídrica; empleando para ello un video explicativo y ampliando en detalle el significado de cada uno de los elementos constituyentes.

Una vez efectuado este contexto, se presentó de manera general el área de estudio, sus características más relevantes y los criterios que se tuvieron en cuenta para el abordaje por tramos desde los diferentes componentes. De esta forma y según las comunidades o actores participantes, se amplió información de los diferentes tramos, detallando las categorías de zonificación y sus respectivas medidas de manejo. Al final de cada

encuentro, se promovió un espacio de diálogo para atender preguntas, observaciones y comentarios de los diferentes actores del territorio recoger las apreciaciones e inquietudes de los diferentes actores y a su vez, motivar acciones de protección, restauración, monitoreo y uso sostenible de las áreas asociadas a la ronda hídrica del río Negro.

En esta fase final del estudio, se intencionó un espacio con las alcaldías de los municipios de incidencia para presentar los insumos técnicos que servirán de soporte para la toma de decisiones en planificación y ordenamiento territorial, de manera que se fortalezca la coordinación interinstitucional para la protección y manejo integral de las medidas acordadas por la corporación ambiental.

***Fotografía 89. Socialización administraciones municipales área de influencia***



Rionegro, Sede CORNARE Valle de San Nicolás, 9 de junio de 2026.

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Fotografía 90. Socialización N°3 - Rionegro, El Retiro y Marinilla.***



*El Retiro, sector don Diego, 9 de junio de 2026*



*Marinilla, Ciudadela Artesanal – 10 de junio de 2026*



Rionegro, vereda Tablacito, 10 de junio de 2026



Rionegro Centro, 11 de junio de 2026

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 8.9.5.4 Conclusiones proceso de socialización

- Se realizaron en total, trece (13) jornadas de socialización entre los meses de febrero y junio de 2026, seis de estas en el municipio de Rionegro, (sector centro y corregimiento occidental), tres (3) en el municipio de El Retiro y tres (3) en el municipio de Marinilla. La última corresponde al espacio con las administraciones municipales de los municipios que comprenden el área de influencia de la ronda hídrica.
- Se contó con una participación total de ***270 asistentes***, entre organizaciones comunitarias, colectivos ambientales y entidades locales como secretarías de planeación, medio ambiente, desarrollo territorial y gestión del riesgo entre otros; además de representantes de los sectores comercial, industrial y vecinos, propietarios o usuarios del agua en zonas aledañas al río Negro. (ver anexo social 11).
- Algunos actores comunitarios reconocen y valoran la inclusión de grupos, liderazgos y colectivos por parte de CORNARE en los espacios de formulación de instrumentos y planes ambientales. Asimismo, destacan el acompañamiento brindado durante las jornadas de socialización, el cual ha favorecido la apertura de canales de interlocución para la recepción de inquietudes, observaciones y sugerencias relacionadas con el manejo de los entornos ambientales en las diferentes comunidades del territorio.
- De igual manera, se resalta el rigor técnico y académico del equipo perteneciente al grupo de investigación GLima, adscrito a la Universidad de Antioquia, aspecto que fortalece la confianza de los actores participantes y aporta legitimidad y solidez al proceso desarrollado.
- Se recomienda continuar con la socialización de los resultados en otros escenarios territoriales, de modo que puedan ser conocidos por más actores, propietarios y vecinos con incidencia directa sobre la ronda hídrica. Esto permitirá ampliar la

participación, recoger nuevas apreciaciones y fortalecer la apropiación social del proceso, facilitando la acogida e implementación de las medidas de manejo propuestas para cada uno de los tramos evaluados.

- En relación con la estrategia de recuperación de la conectividad ecológica, se sugiere que las instituciones competentes y sus aliados fortalezcan los compromisos de apoyo técnico y logístico para la provisión de especies nativas adecuadas para los ecosistemas asociados a las franjas paralelas del río Negro, contribuyendo así a los procesos de restauración y conservación ambiental del territorio.
- Las jornadas de socialización evidenciaron una disposición favorable de los actores institucionales y comunitarios para contribuir a la protección y el manejo integral de la ronda hídrica del río Negro, así como el reconocimiento de la importancia de mantener procesos participativos, transparentes y técnicamente sustentados que fortalezcan la gobernanza ambiental en el territorio. Los espacios de diálogo permitieron identificar preocupaciones compartidas frente al progresivo deterioro ambiental del río y de sus ecosistemas, asociado principalmente a las transformaciones del uso del suelo derivadas de la expansión urbanística, el desarrollo industrial y la extracción de materiales de construcción en algunos sectores de la cuenca.
- En dichos espacios, algunos representantes de acueductos comunitarios y otros actores rurales manifestaron su preocupación por la creciente presión que ejercen los desarrollos inmobiliarios sobre el territorio y sobre las fuentes, señalando los desafíos que esta dinámica representa para la conservación de las cuencas y la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento. Asimismo, se evidenció una mayor participación de actores rurales que urbanos, quienes demostraron un amplio conocimiento sobre las dinámicas del río Negro, reconociendo tanto las oportunidades como las limitaciones asociadas a la ocupación histórica de las llanuras de inundación y la permanencia de viviendas y actividades productivas en áreas con amenaza por inundación.
- De igual manera, los participantes expresaron su preocupación por las modificaciones observadas en el comportamiento de las manchas de inundación, particularmente en los sectores de Paimadó, Andalucía y sus alrededores, donde perciben cambios en la frecuencia, extensión y afectación de las crecientes. Estas percepciones constituyen un aporte valioso para el proceso de delimitación de la ronda hídrica, en tanto complementan la información técnica con el conocimiento local acumulado por las comunidades,

favoreciendo así, el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo en el entorno de la ronda hídrica.

## 9. COMPONENTE INTEGRADOR

Para el acotamiento de la ronda hídrica del río Negro, se sigue la metodología propuesta por la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia, en cumplimiento de lo dispuesto en el Decreto 2245 de 2017. A continuación, se describen las fases correspondientes a la delimitación del cauce permanente y definición del límite físico, para posteriormente, de acuerdo con la caracterización de este, definir las estrategias para el manejo ambiental de la ronda hídrica.

Por tanto, una vez identificados y analizados los diferentes componentes técnicos que conforman la ronda hídrica, se establece su delimitación física a partir de la envolvente resultante de la superposición de estos, tal como se presenta en la Figura 113. A partir de los lineamientos establecidos en la Guía, los criterios técnicos aplicables y las condiciones verificadas durante los recorridos de campo, se determinan los tres elementos constituyentes de la ronda hídrica, correspondientes a:

1. Cauce permanente
2. Faja paralela
3. Área de protección o conservación aferente

Se delimitó el cauce permanente teniendo como base:

i) En sistemas lóticos, el cauce permanente es el correspondiente a banca llena o el cauce natural activo, el cual tiene capacidad hidráulica para transitar el flujo de caudales asociados a la ocurrencia de eventos de crecientes propias de la dinámica hidrológica de un período intranual normal, es decir, los eventos producidos principalmente por el paso de la zona de convergencia intertropical. Para delimitar dicho cauce permanente se utilizan criterios asociados a la geomorfología y la dinámica hidrológico-hidráulica en las cuencas hidrográficas.

ii) En sistemas lénticos, se entiende como cauce permanente el límite del lecho frecuentemente ocupado por el agua, el cual es el mínimo para mantener el funcionamiento y resiliencia del ecosistema. Para fijarlo, se deben considerar criterios relacionados con la geomorfología (e.g. cubeta) y la hidrología (e.g. niveles máximos asociados a la dinámica hidrológica de un período intranual normal); en los casos que sea necesario, información adicional desde las evidencias en campo de la existencia de suelos hidromórficos y vegetación hidrofítica.

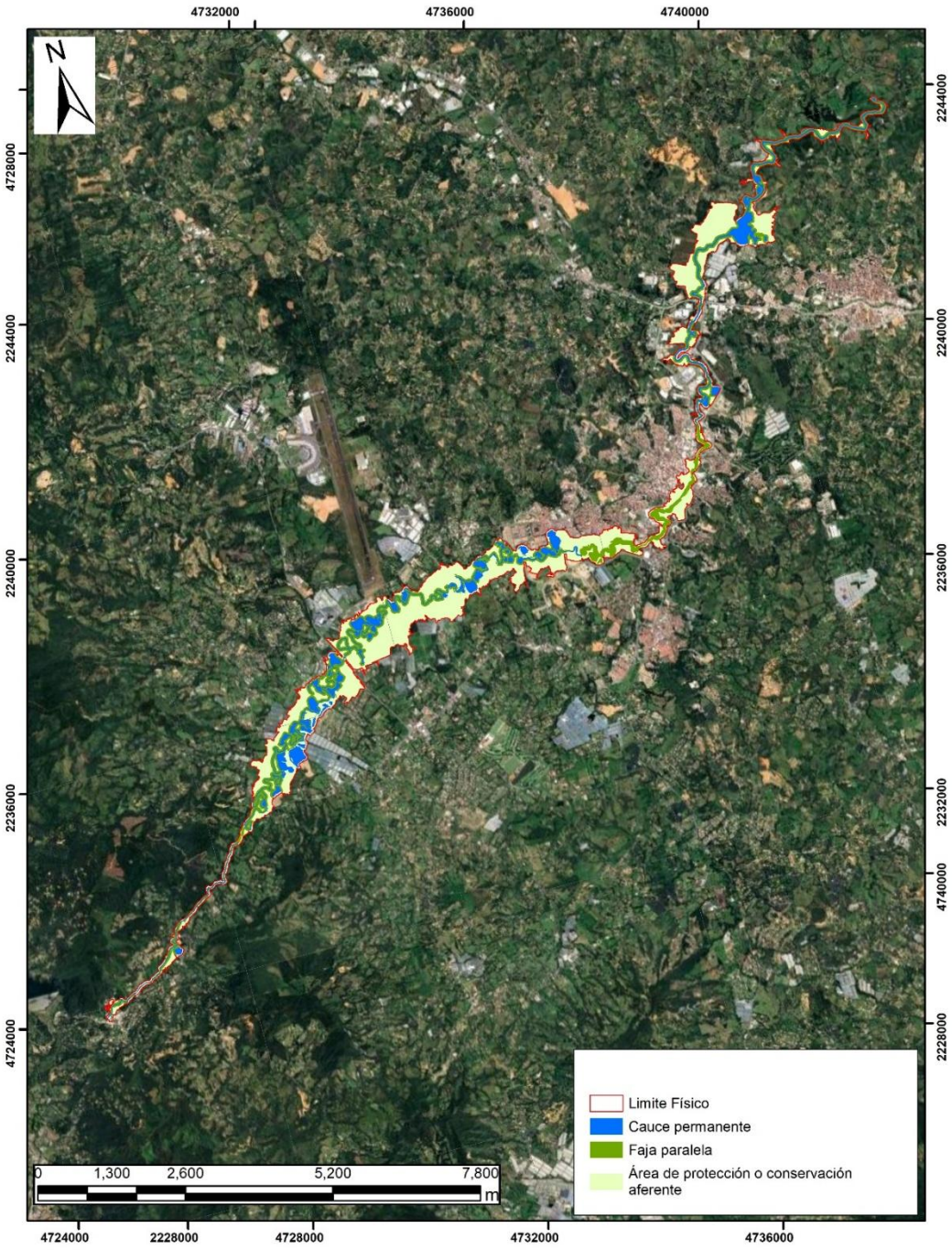
Se procede con la identificación y delimitación de los otros dos elementos constituyentes establecidos en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011:

i) La faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974, es decir: "*Una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho*".

El componente hidrológico (tanto para cuerpos de agua con modificaciones considerables en su morfología o los que no) es el criterio con base en el cual se define el primer elemento de la ronda hídrica, esto es, la faja paralela a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974. En los casos en que el componente hidrológico comprenda una extensión mayor a 30 metros, a partir del cauce permanente o de la línea de mareas máximas, "la faja paralela" será igual a 30 metros.

ii) Área de protección o conservación aferente: Será la extensión restante posterior a los 30 metros definidos por el componente hidrológico, además corresponderá con el área complementaria obtenida desde la envolvente que integra los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico).

***Figura 113. Envolventes de la ronda hídrica***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

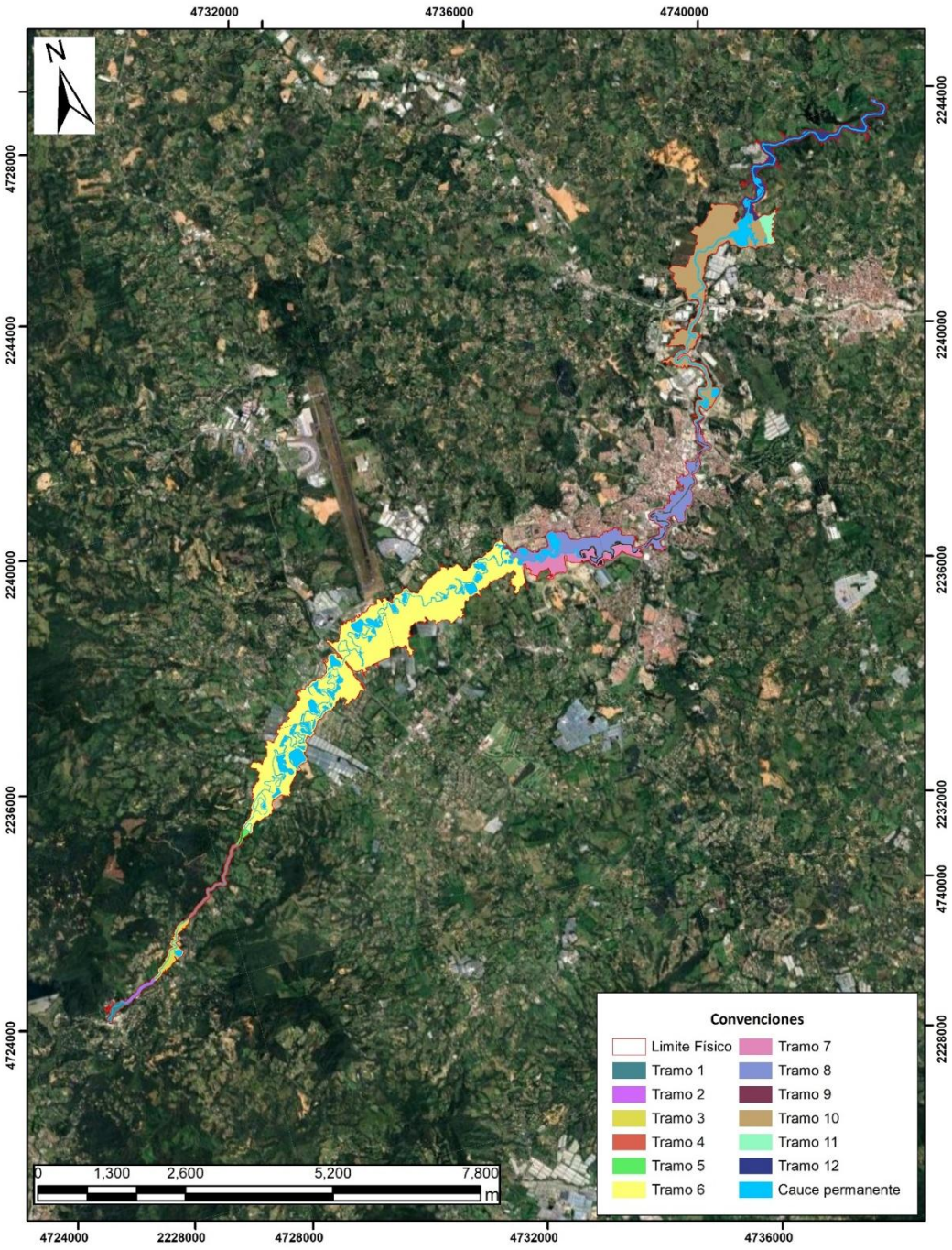
A partir del análisis integral del límite físico, se sectorizó el río Negro y su respectiva ronda hídrica en doce (12) tramos homogéneos de gestión (Figura 114). Esta subdivisión permitió agrupar los diferentes trayectos que presentan características físicas, ambientales y dinámicas territoriales similares, con el propósito de facilitar su análisis y orientar de manera más precisa la formulación de las respectivas medidas de manejo.

En el mismo sentido, se procedió con la zonificación ambiental de esta ronda hídrica resultante. Este proceso permitió orientar el manejo ambiental del territorio, principalmente, hacia un enfoque de recuperación de la funcionalidad ecosistémica y fortalecimiento de la resiliencia socioecológica, en consonancia con la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (Minambiente, 2012), la cual define las estrategias de manejo ambiental, partiendo del concepto de conservación, entendido el mismo como:

> *"Un concepto que trasciende la visión asociada exclusivamente a la preservación de la naturaleza; la conservación debe ser entendida y gestionada como una propiedad emergente, generada a partir del balance entre acciones de preservación, uso sostenible, generación de conocimiento y restauración de la biodiversidad, de manera que se mantenga o incremente la resiliencia de los sistemas socioecológicos y, con ella, el suministro de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano".*

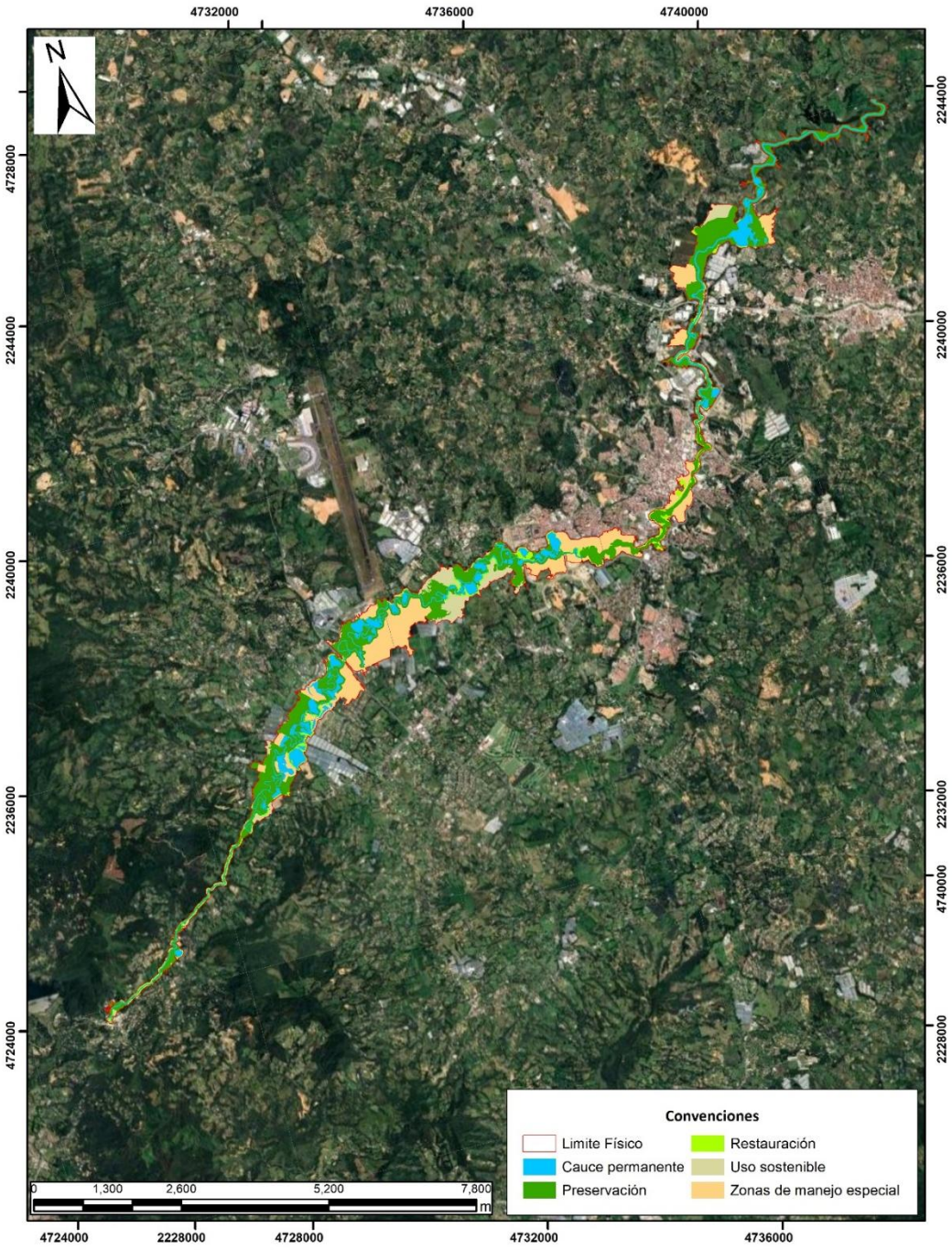
Bajo esta premisa y según el diagnóstico de cada tramo, las medidas de manejo se articularon en torno a las tres categorías que establece la Guía de Minambiente: Preservación, Restauración y Uso Sostenible, adicionando la categoría de Zonas de Manejo Especial para reglamentar sectores con presiones preexistentes o alto grado de intervención antrópica, garantizando un marco de adaptación y gestión del riesgo (Figura 115).

***Figura 114. Tramos de gestión para la ronda del río Negro***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

***Figura 115. Zonificación ambiental ronda del río Negro***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

### 9.1 Enfoque metodológico

Reconociendo las dinámicas sociales, culturales y económicas actuales del entorno asociado, se define un enfoque de análisis integral que consta de cinco (5) estrategias claves para su adecuado manejo, ver Figura 116.

***Figura 116. Enfoque metodológico para el manejo de la ronda***



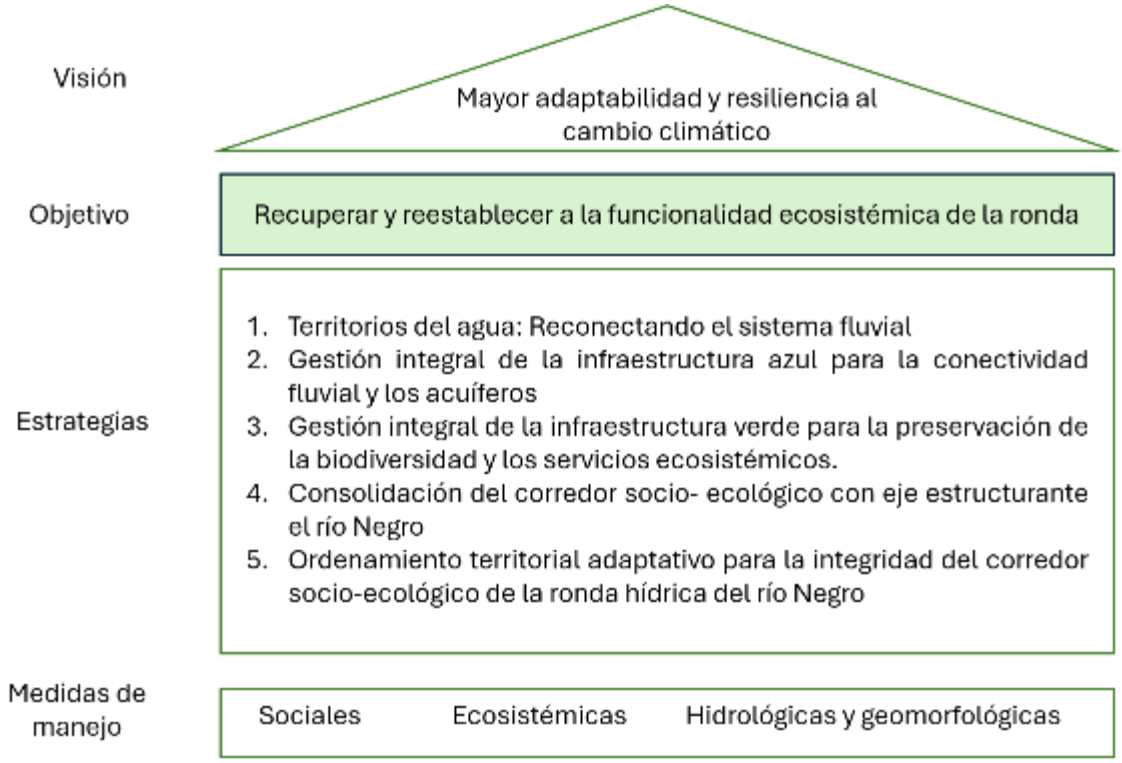

***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA.***

Como se observa en la figura previa, se determinan dos enfoques orientados hacia la infraestructura verde y azul, que requieren con urgencia un manejo para el restablecimiento, principalmente, de su conectividad, la cual se ha visto alterada por el alto impacto en la transformación de las coberturas vegetales naturales y el desarrollo de obras de infraestructura que rompen la conexión fluvial, a la vez que impermeabilizan el suelo e interrumpen la conexión con los acuíferos. Evidenciadas estas dinámicas, se

visibiliza la alternativa de generar un corredor socio ecológico en toda la ronda hídrica, bajo una orientación hacia el ordenamiento adaptativo del territorio que permita minimizar los impactos que hoy se tienen en el mismo y frenar la generación de nuevos focos de transformación negativa del entorno de la ronda.

A continuación, se presenta la visión y el objetivo de la Ronda Hídrica, cuya delimitación busca garantizar una mayor adaptabilidad y resiliencia al cambio climático y busca recuperar y restablecer la funcionalidad ecosistémica a través de cinco (5) estrategias que acogen las diferentes medidas propuestas para el manejo de las problemáticas identificadas, ver Figura 117.

***Figura 117. Esquema estratégico de la ronda***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA***

Por tanto, se presentan las medidas de manejo que se han compilado como parte de las estrategias para lograr consolidar un corredor socioecológico, alrededor del río Negro, garantizando diversos servicios ecosistémicos y una mayor adaptación y resiliencia al cambio climático.

### 9.1.1 Lineamientos Transversales al interior de la ronda hídrica:

- **T1:** Promover la transición progresiva hacia Sistemas de Drenaje Sostenible (SDS) e infraestructura verde (cunetas verdes, zanjas de infiltración, jardines de lluvia y pavimentos permeables). Se priorizarán procesos de retención, laminación y recarga del acuífero del río Negro, favoreciendo la conservación de superficies permeables y los patrones naturales de escurrimiento superficial

- **T2:** Identificar, recuperar y manejar sectores que presenten procesos de sedimentación, erosión, obstrucción, acumulación de residuos, pérdida de conectividad hidráulica o disminución de la capacidad funcional del sistema fluvial. Las actuaciones necesarias para tal fin deberán priorizar métodos de baja intervención y soluciones compatibles con la dinámica natural del cauce. El uso de maquinaria o intervenciones mecanizadas podrá evaluarse cuando resulte técnicamente necesario y deberá contar con los permisos o autorizaciones ambientales correspondientes.

- **T3:** Reconfigurar y repotenciar las obras y estructuras de protección que alteren el flujo natural del río, priorizando soluciones adaptativas y diseños compatibles con la dinámica fluvial, propiciar y garantizar la implementación de estructuras livianas y permeables.

- **T4:** Toda obra, intervención o medida estructural orientada a la reducción del riesgo de inundación deberá estar soportada por estudios técnicos que evalúen integralmente la dinámica fluvial e hidrológica del sistema, incluyendo análisis hidráulicos y geomorfológicos que permitan verificar que la actuación propuesta no genera incrementos en los niveles de inundación, alteraciones significativas en los patrones de flujo, procesos de erosión o sedimentación, ni transferencias del riesgo hacia sectores ubicados aguas arriba o aguas abajo. Asimismo, deberá demostrarse que la medida es compatible con el funcionamiento natural de la planicie de inundación y contribuye a mantener o mejorar las condiciones de resiliencia del sistema fluvial, toda intervención deberá solicitar el permiso y/o autorización por parte de la Corporación.

- **T5:** Fomentar la implementación de los instrumentos de gestión asociados a la conservación y protección del patrimonio natural.

- **T6:** Realizar el monitoreo de puntos críticos asociados a la susceptibilidad por procesos erosivos, como surcos y cárcavas, y procesos morfodinámicos, como deslizamientos, que se encuentran o se puedan generar en las zonas

adyacentes al cauce permanente, implementando, tanto medidas de control de erosión como estabilización de taludes con obras de bioingeniería, diseño de terrazas y zanjas de infiltración, que favorezcan la revegetalización y mejoren la conservación de suelos; así, como manejo de aguas para evitar el exceso de escorrentía, con diseño de obras de drenaje que permitan la evacuación del agua lluvia y se disminuya la sedimentación progresiva del cauce.

- **T7:** Propender que toda construcción, rehabilitación, mantenimiento y mejoramiento vial, previo a las intervenciones garantice la aplicación de lineamientos de infraestructura verde vial – LIVV, para restablecer la conectividad fluvial y ecológica, a través de técnicas apropiadas y teniendo en cuenta las condiciones del área de influencia, aplica solo para los actualmente vigentes en el Plan de Movilidad de los municipios, no se incentivarán nuevos proyectos viales por fuera de estos.

- **T8:** Consolidar macrorredes transversales a través de la consolidación de arreglos funcionales y diversos, en los diferentes proyectos alrededor de la ronda hídrica; garantizar diversidad en la cobertura vegetal natural asociada a la misma y diseños paisajísticos multifuncionales, con base en los resultados de estudios de microrredes ecológicas, como soporte a los permisos de aprovechamiento y uso de los recursos naturales.

- **T9:** Propender por la reconversión de pisos duros a blandos, en obras nuevas de remodelación y mejoramiento, y garantizar en los nuevos asentamientos la implementación de pisos permeables, a través de los permisos y autorizaciones que por ley se requieren.

- **T10:** Configurar, mediante procesos de co-diseño y co-creación, ecoparques y parques lineales inundables que incorporen estructuras livianas, materiales de bajo impacto y diseños paisajísticos urbanos con alta diversidad, promoviendo la utilización y siembra de especies nativas. Estas intervenciones deberán propender por conservar y, cuando sea posible, mejorar la capacidad natural de almacenamiento, regulación, infiltración y transporte de caudales, procurando mantener las condiciones de funcionamiento hidráulico y ambiental del entorno y prevenir afectaciones significativas de carácter hidrológico, hidráulico, geomorfológico o ambiental, tanto aguas arriba como aguas abajo. Asimismo, se busca favorecer la apropiación y el uso responsable de estos espacios por parte de las comunidades, de conformidad con las determinantes ambientales aplicables y previa

obtención de los conceptos, autorizaciones y permisos que, de acuerdo con la normativa vigente, resulten procedentes.

- **T11:** Promover la ampliación de los incentivos y exenciones tributarias para la conservación y restauración de coberturas vegetales naturales en predios con incidencia en la ronda hídrica.

- **T12:** Consolidar actividades ligadas al reconocimiento de los valores escénicos asociados al río.

- **T13:** Promover la creación de una red supramunicipal de aliados por la recuperación de la ronda hídrica.

- **T14:** Incorporar en las estrategias de educación ambiental un enfoque adaptativo frente al cambio climático, orientado en la restauración ecológica y la gestión del riesgo.

- **T15:** Incorporar el co-diseño y co-creación en las propuestas para la implementación de soluciones basadas en la naturaleza como una forma de apropiación por la ronda hídrica y su funcionalidad.

Teniendo en cuenta las características de las áreas definidas como Zonas de manejo especial, se ve necesario una medida transversal para esta tipología, tal como se define a continuación:

- **T16:** El municipio podrá realizar, cuando resulte procedente, y de acuerdo con los resultados de la delimitación de la ronda hídrica y de los estudios básicos de amenaza, los estudios de detalle, que permitan precisar las condiciones de riesgo y establecer las medidas estructurales y no estructurales requeridas para su reducción y manejo. Estas medidas podrán ser articuladas y desarrolladas mediante un plan integral para la reducción del riesgo asociado a la infraestructura, de acuerdo con las condiciones y necesidades identificadas.

Se prevé que la articulación armónica de estos lineamientos con los diferentes instrumentos de planificación territorial y ambiental, con incidencia en la ronda hídrica, permita concretar un corredor socioecológico continuo. Este esquema propenderá tanto por la seguridad y el bienestar de las comunidades asentadas en su área de influencia, como por la conservación efectiva de la biodiversidad, la mitigación del riesgo de inundación y la garantía en la prestación de los servicios ecosistémicos a escala regional.

### 9.1.2 Medidas de Preservación

La preservación se orienta a mantener la composición, estructura y función de la biodiversidad, conservar las coberturas naturales existentes y evitar la alteración, degradación o transformación de la ronda hídrica por actividades antrópicas (Minambiente, 2018). Esta categoría incluye áreas con coberturas boscosas, vegetación secundaria, zonas con alta sensibilidad ecosistémica y sectores asociados a la amenaza por avenidas torrenciales, inundaciones, erosión o movimientos en masa.

Para ello, se incorporan medidas de protección, regulación, ordenamiento, control y vigilancia dirigidas al mantenimiento de los atributos de la ronda hídrica y a asegurar que dichos sucesos no tengan incidencia sobre las comunidades, actividades económicas e infraestructura presente.

**Para la zona de preservación de la ronda del río Negro, se plantean las siguientes medidas:**

- **M1:** Restauración y estabilización natural de orillas mediante revegetalización con especies nativas, recuperación de coberturas ribereñas para reducir erosión lateral y sedimentación.

- **M2:** Recuperación de la conectividad hidráulica entre cauce, humedales y otros cuerpos de agua mediante reconexión de caños naturales, eliminación gradual de barreras.

- **M3:** Restaurar las coberturas vegetales naturales propias de vegetación de ribera, generación de arreglos florísticos funcionales y multipropósito, que garanticen la continuidad de los flujos y la conectividad ecológica.

- **M4:** Las intervenciones sobre árboles deberán limitarse a situaciones de emergencia, riesgo, manejo fitosanitario, control de especies invasoras, restauración ecológica u obras de interés público debidamente justificadas y deberán cumplir los permisos o autorizaciones ambientales correspondientes.

- **M5:** Se podrán implementar proyectos de parques lineales con diseños que aseguren las funcionalidades hidráulica, geomorfológica y ecosistémica de la ronda, así, como proyectos ecológicos de contemplación del paisaje, formación y educación ambiental. El desarrollo de estas actividades deberá ser diseñadas en función de la conservación de la ronda hídrica y serán objeto de evaluación y aprobación por parte de la Autoridad Ambiental.

- **M6:** No se permitirá la construcción de infraestructura residencial, comercial, de servicios ni equipamientos de salud, educación, bienestar social, cultural y/o deportivos, al interior de la zona de preservación de la ronda hídrica. Tampoco se permitirá la ampliación o mejoramiento de estas infraestructuras que implique nuevos desarrollos. El mejoramiento de las viviendas existentes se podrá realizar siempre y cuando esto no signifique el aumento del índice ocupación y construcción.

### 9.1.3 Medidas de Restauración

Se enfoca en restablecer parcial o totalmente la composición, estructura y función de la biodiversidad, en áreas de la ronda hídrica que hayan sido alteradas o degradadas que contribuyan a la conectividad ecológica. Como lo menciona el Plan Nacional de Restauración (Minambiente, 2015): "Considerar la ecología en las prácticas de la restauración es fundamental desde las fases iniciales de cualquier intervención, ya que es necesario entender los procesos que ocurren en los diferentes componentes del ecosistema, como las interacciones entre la biota (flora -fauna - microorganismos), la geomorfología, los suelos, la hidrología, y los procesos que giran alrededor del uso de la tierra (naturales y antrópicos), que en conjunto determinan el estado actual del ecosistema.

- **Restauración** esté dirigida hacia diferentes objetivos: la restauración ecológica para iniciar o acelerar procesos de restablecimiento de un área degradada, con relación a su función, estructura y composición.

- **Rehabilitación** para recuperar la productividad y/o los servicios del ecosistema en relación con los atributos funcionales o estructurales.

- **Recuperación** o reclamación para retornar la utilidad del ecosistema respecto a la prestación de servicios ambientales diferentes a los del ecosistema original, integrándolo ecológica y paisajísticamente a su entorno". En estos casos estarían, por ejemplo, áreas funcionales para la conectividad de relictos de bosques de galería o para la reconexión del corredor ripario a lo largo de tramos, segmentos o la cuenca hidrográfica.

**Para la zona de restauración de la ronda del río Negro, se plantean las siguientes medidas:**

- **M7:** La implementación o adecuación de infraestructura de servicios públicos, movilidad o espacio público podrá evaluarse únicamente cuando resulte necesaria, no exista una alternativa de localización ambientalmente más favorable y se demuestre que la intervención no impide alcanzar los objetivos de

restauración. Las obras deberán mantener la continuidad hidráulica, ecológica y geomorfológica del área.

- **M8:** No deberá autorizarse o implementarse la construcción de infraestructura residencial, comercial, de servicios ni equipamientos de salud, educación, bienestar social, cultural y/o deportivos. Tampoco se permitirá el mejoramiento de esta cuando implique ampliaciones o nuevos desarrollos.

- Todas las demás actividades permitidas en la zona de preservación.

### 9.1.4 Medidas de Uso sostenible:

Se permiten actividades que no afectan la funcionalidad de la ronda hídrica, es decir, que las actividades que allí se desarrollen no alteren los atributos actuales identificados en sus tres componentes físico-bióticos:

- Geoformas y procesos morfodinámicos asociados al flujo y almacenamiento temporal de agua y sedimentos, ajuste de la forma del cauce y sus patrones de alineamiento.
- Dinámica de los flujos de agua (y con ellos los de sedimentos y nutrientes) a lo largo de la red de drenaje de la cuenca hidrográfica.
- Papel de la vegetación de ribera en las condiciones microclimáticas y las condiciones de hábitat en los cuerpos de agua, corredor biológico, filtro de contaminantes que por escorrentía podrían llegar al cuerpo de agua, estabilidad de las orillas del cuerpo de agua, entre otras.

Considerando lo anterior, se debe propender por el desarrollo de los enfoques de adaptación y mitigación basados en ecosistemas. La adaptación basada en ecosistemas es un enfoque para aumentar y mantener la capacidad adaptativa y reducir el riesgo de degradación o colapso de los socio-ecosistemas al cambio ambiental (incluido el cambio climático) integrando el uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en una estrategia global de adaptación (Minambiente, 2012).

La mitigación basada en ecosistemas se fundamenta en la capacidad que tienen todos los ecosistemas, para detener o reducir las causas que amenazan la integridad estructural y funcional de los socio-ecosistemas, poniendo en riesgo la resiliencia de la biodiversidad, y por ende la provisión de los servicios derivados de esta (Minambiente, 2012).

Las áreas que no están catalogadas dentro de las anteriores estrategias pueden ser establecidas para usos sostenibles compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de las rondas hídricas. En esta estrategia se incluirán las áreas que se

encuentren en conflicto por usos de la tierra o grado de deterioro ambiental identificados tanto en la definición del límite funcional como la de servicios ecosistémicos, así como en la que se puedan desarrollar actividades económicas que sean compatibles con la funcionalidad de los tres componentes de la ronda hídrica.

Cuando se encuentra alguna actividad ya establecida y que pueda ser compatible con este uso, se deberán establecer las respectivas medidas a que haya lugar para que dicha actividad sea sostenible a través del tiempo y no interfiera en la funcionalidad de las rondas hídricas. Ejemplo de ello puede ser: reconversión de agricultura tradicional a agricultura ecológica o de buenas prácticas agrícolas, sistemas productivos como la permacultura, silvicultura o silvopastoreo; no utilización de agroquímicos lo cual evitará su aporte a la contaminación por escorrentía al cuerpo de agua; propender por la labranza mínima del suelo evitando la aceleración de procesos de erosión; generar sistemas productivos que favorezcan gradientes de vegetación similares a las observadas en la vegetación riparia existente.

En esta estrategia los condicionamientos de las actividades o intervenciones que permitan la prestación de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y culturales deberán enfocarse a que éstas no modifiquen los atributos de funcionalidad de las rondas hídricas.

**Para la zona de uso sostenible se define la siguiente medida de manejo ambiental:**

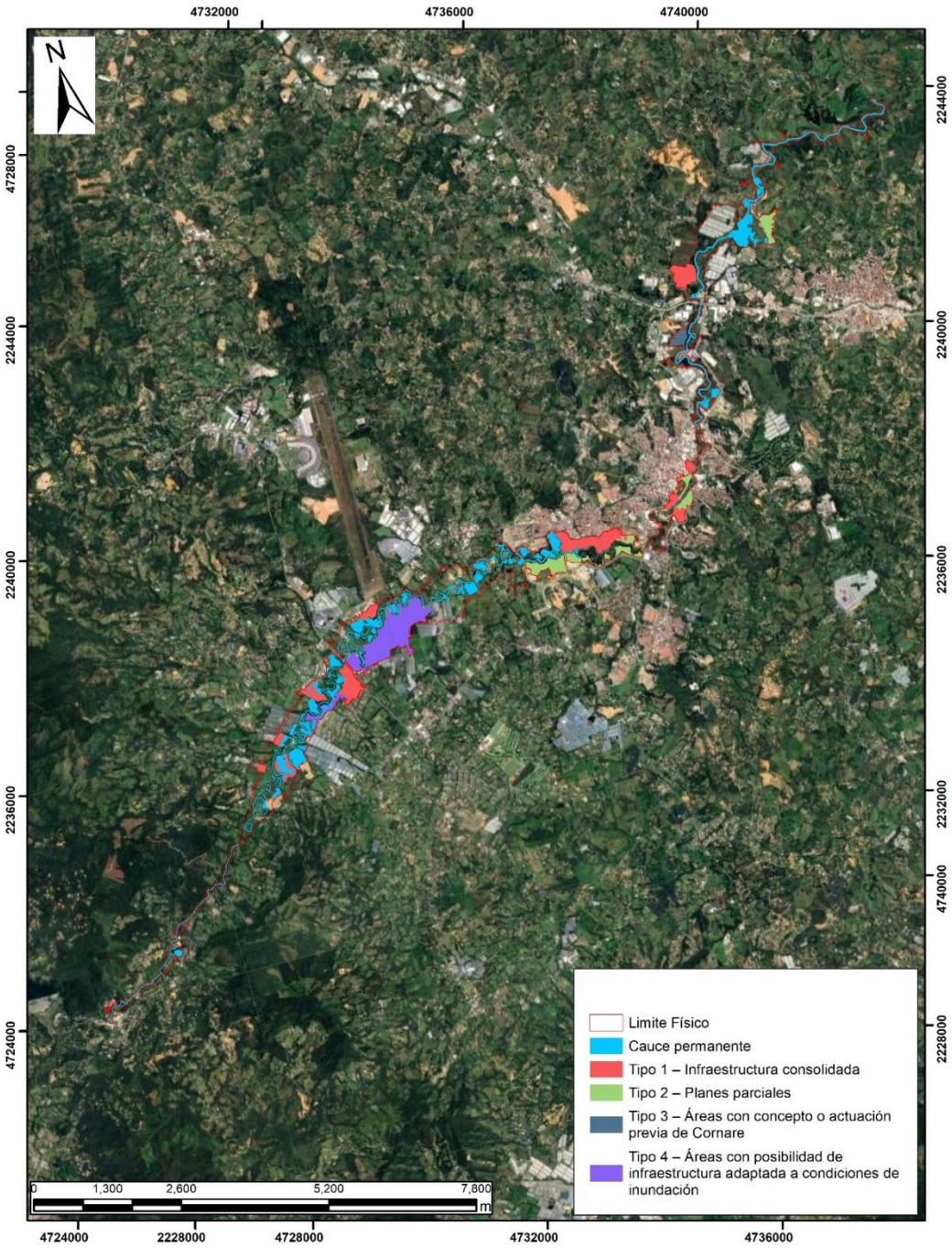
- **M9:** Promover la reconversión de sistemas agropecuarios hacia esquemas sostenibles, regenerativos, agroforestales o silvopastoriles que reduzcan la compactación, erosión, escorrentía superficial y aporte de contaminantes al sistema hídrico. Podrán implementarse cercas vivas, arreglos agroforestales y coberturas vegetales nativas o funcionales, respetando las restricciones correspondientes a la faja paralela y demás áreas sujetas a Preservación.

- Todas las demás actividades permitidas en la zona de preservación y restauración.

### 9.1.5 Zonas de Manejo Especial

Las Zonas de Manejo Especial corresponden a sectores localizados al interior de la ronda hídrica del río Negro que, debido a la existencia de hechos consolidados, decisiones previas de planificación, actuaciones administrativas anteriores o condiciones particulares del territorio, requieren un régimen diferenciado de manejo frente a las zonas de Preservación, Restauración y Uso Sostenible, ver Figura 118.

***Figura 118. Tipologías de zonas de manejo especial***




***Fuente. Elaboración propia Grupo de investigación GLIMA***

Su delimitación no implica la exclusión ni modificación del límite de la ronda hídrica. Estas áreas permanecen dentro de ella y su manejo deberá orientarse a la adaptación, reducción de la vulnerabilidad, mantenimiento de la funcionalidad hidrológica, hidráulica, geomorfológica y ecosistémica, y recuperación progresiva de las condiciones ambientales cuando ello sea técnica y territorialmente posible.

Quedan excluidas explícitamente de esta categoría las áreas que correspondan a cauces activos, zonas de movilidad fluvial, rutas preferenciales de flujo, áreas de almacenamiento crítico, humedales, sectores con procesos de erosión o socavación, o franjas que por sus condiciones ecosistémicas requieran preservación o restauración.

Para la ronda hídrica del río Negro se establecen cuatro tipos de Zonas de Manejo Especial:

#### 9.1.5.1 Zona de Manejo Especial Tipo 1 – Infraestructura consolidada

Corresponde a sectores urbanos, suburbanos o rurales donde existen edificaciones, vías, equipamientos, redes de servicios públicos, infraestructura productiva u otras ocupaciones consolidadas al interior de la ronda hídrica. En estas áreas las medidas de manejo deberán orientarse principalmente hacia la adaptación de la infraestructura existente, la reducción de la vulnerabilidad y el mejoramiento progresivo de las condiciones ambientales del entorno.

Se establecen los siguientes lineamientos:

- **M10:** Se podrán realizar actividades de mantenimiento, rehabilitación, reforzamiento y adecuación funcional, siempre que no impliquen incrementos significativos en la ocupación ni generen nuevas afectaciones sobre la dinámica del río.
- **M11:** Se deberá propender por la reconversión progresiva de superficies duras e impermeables hacia pisos blandos o permeables, cuando las condiciones técnicas y funcionales lo permitan.
- **M12:** Se deberá promover el incremento de jardines funcionales, paisajismo ecológico, arborización urbana y arreglos vegetales con especies preferiblemente nativas, orientados a mejorar la conectividad, generar microhábitats y favorecer la presencia de polinizadores y fauna asociada.
- **M13:** Se promoverá la implementación de Sistemas de Drenaje Sostenible, infraestructura verde, jardines de lluvia y demás soluciones basadas en la naturaleza (SbN) que permitan mejorar la infiltración y regulación de la escorrentía.

- **M14:** Los procesos de renovación o sustitución de infraestructura deberán aprovecharse como oportunidades para recuperar progresivamente áreas de la ronda y mejorar su funcionalidad ambiental.
- **M15:** No se deberán promover nuevos procesos de urbanización, parcelación o densificación que incrementen la ocupación y exposición dentro de la ronda hídrica.

#### 9.1.5.2 Zona de Manejo Especial Tipo 2 – Planes parciales

Corresponde a sectores de la ronda hídrica que se superponen con planes parciales concertados y adoptados.

El manejo de estas zonas deberá reconocer las decisiones administrativas y ambientales previamente adoptadas y, simultáneamente, propender por la incorporación de estrategias adaptativas frente a las nuevas condiciones identificadas mediante el acotamiento de la ronda hídrica.

Para estas zonas se establecen los siguientes lineamientos:

- **M16:** Revisar las condiciones establecidas durante los procesos de concertación ambiental de cada instrumento y su relación con la nueva delimitación de la ronda.
- **M17:** La nueva delimitación de la ronda hídrica no modifica por sí misma las decisiones previamente adoptadas; sin embargo, las actuaciones futuras deberán procurar incorporar criterios de adaptación compatibles con su funcionalidad.
- **M18:** En áreas pendientes de desarrollo deberá propender, cuando sea técnica y jurídicamente viable, por reorganizar espacios libres, zonas verdes y sistemas de drenaje con el fin de reducir la impermeabilización y mejorar la regulación hídrica.
- **M19:** Las modificaciones o nuevas actuaciones deberán analizar su compatibilidad con los objetivos y funciones de la ronda hídrica y estarán sujetas a los procedimientos y autorizaciones que correspondan.
- **M20:** Promover la implementación de criterios con enfoque adaptativo los tratamientos urbanísticos de Desarrollo, Redesarrollo, Renovación y Áreas de protección de la Infraestructura.

#### 9.1.5.3 Zona de Manejo Especial Tipo 3 – Áreas con concepto o actuación previa de Cornare

Corresponde a proyectos, predios o desarrollos que, con anterioridad al presente acotamiento, hayan sido objeto de conceptos, concertaciones, permisos, autorizaciones u otras actuaciones de Cornare, bajo las condiciones ambientales y delimitaciones vigentes para ese momento.

La nueva delimitación de la ronda hídrica no modifica ni deja sin efecto los conceptos o actuaciones previamente emitidos por Cornare; no obstante, cuando dichos proyectos queden total o parcialmente incluidos dentro de la nueva ronda, deberá promoverse la incorporación progresiva de medidas de adaptación acordes con las condiciones actualmente identificadas.

#### 9.1.5.4 Zona de Manejo Especial Tipo 4 – Áreas con posibilidad de infraestructura adaptada a condiciones de inundación

Corresponde exclusivamente a sectores localizados dentro **del componente hidrológico de la ronda hídrica**, en los cuales la modelación hidráulica determine condiciones de inundación de baja profundidad y velocidad que permitan evaluar técnicamente la implantación de infraestructura adaptada sin afectar la dinámica natural de inundación.

Para la identificación de las áreas potenciales de esta categoría, se considerarán los resultados de la modelación hidráulica, delimitando aquellas zonas en las que la profundidad del flujo sea inferior a 0,30 m y la velocidad del agua sea inferior a 0,5 m/s. Ambas condiciones deberán cumplirse simultáneamente para que un área sea clasificada dentro de esta categoría.

Dicha clasificación constituye únicamente un criterio de evaluación y no representa por sí misma autorización para construir o desarrollar infraestructura.

Se establecen los siguientes lineamientos:

- **M21:** La viabilidad de cualquier intervención deberá sustentarse en estudios que evalúen profundidades, velocidades, dirección del flujo, niveles de inundación, capacidad de almacenamiento y posibles efectos aguas arriba y aguas abajo.
- **M22:** Las intervenciones deberán conservar la topografía y la capacidad natural de almacenamiento del terreno.
- **M23:** No se permitirán rellenos, terraplenes, explanaciones, nivelaciones masivas ni movimientos de tierra con maquinaria pesada orientados a modificar las cotas naturales para sustraer áreas de la dinámica de inundación.

- **M24:** Se deberá evitar la generación de nuevas superficies impermeables, priorizando pisos blandos y materiales permeables
- **M25:** Cuando la intervención sea técnicamente viable, podrán evaluarse soluciones livianas, elevadas, palafíticas o desmontables que permitan el paso del flujo y mantengan la capacidad hidráulica de la zona.
- **M26:** Las cimentaciones, cerramientos y demás elementos estructurales no podrán generar barreras significativas al flujo, incrementos de velocidad, remansos, erosión, socavación ni transferencia del riesgo a predios vecinos.
- **M27:** Cuando dentro del mismo predio exista la posibilidad de localizar la infraestructura principal por fuera del área inundable, deberá priorizarse dicha alternativa.
- **M28:** Las áreas sometidas a inundación deberán destinarse preferentemente a zonas verdes, recreación pasiva, paisajismo, SDS, jardines funcionales o infraestructura complementaria compatible con la dinámica del agua.

## 9.2 Estrategias de manejo

Estas buscan a través de un conjunto de medidas asociadas a una línea específica definir la ruta a seguir para lograr recuperar y restablecer la funcionalidad ecosistémica de la Ronda sin desconocer las dinámicas inherentes al territorio, es así como se han definido 5 estrategias claves para dinamizar la transformación en el territorio denominado Ronda hídrica del río Negro.

### 9.2.1 Territorios del agua: Reconectando el sistema fluvial

| |
|---|
| **Objetivo:**<br><br>Promover el empoderamiento de las comunidades por el recurso hídrico y sus conexiones. |
| **Justificación:**<br><br>Los municipios asociados a la ronda hídrica del río Negro, El Retiro, Rionegro y Marinilla, experimentan una acelerada transformación territorial impulsada por la expansión de los centros poblados, la migración de población del Área Metropolitana del Valle de Aburrá en busca de entornos naturales, el auge del turismo y la consolidación de sectores productivos tradicionales como la floricultura. Esta dinámica ha detonado un crecimiento desbordado de proyectos residenciales, condominios y establecimientos de comercio y servicios que ejercen una alta presión antrópica sobre los recursos naturales. |

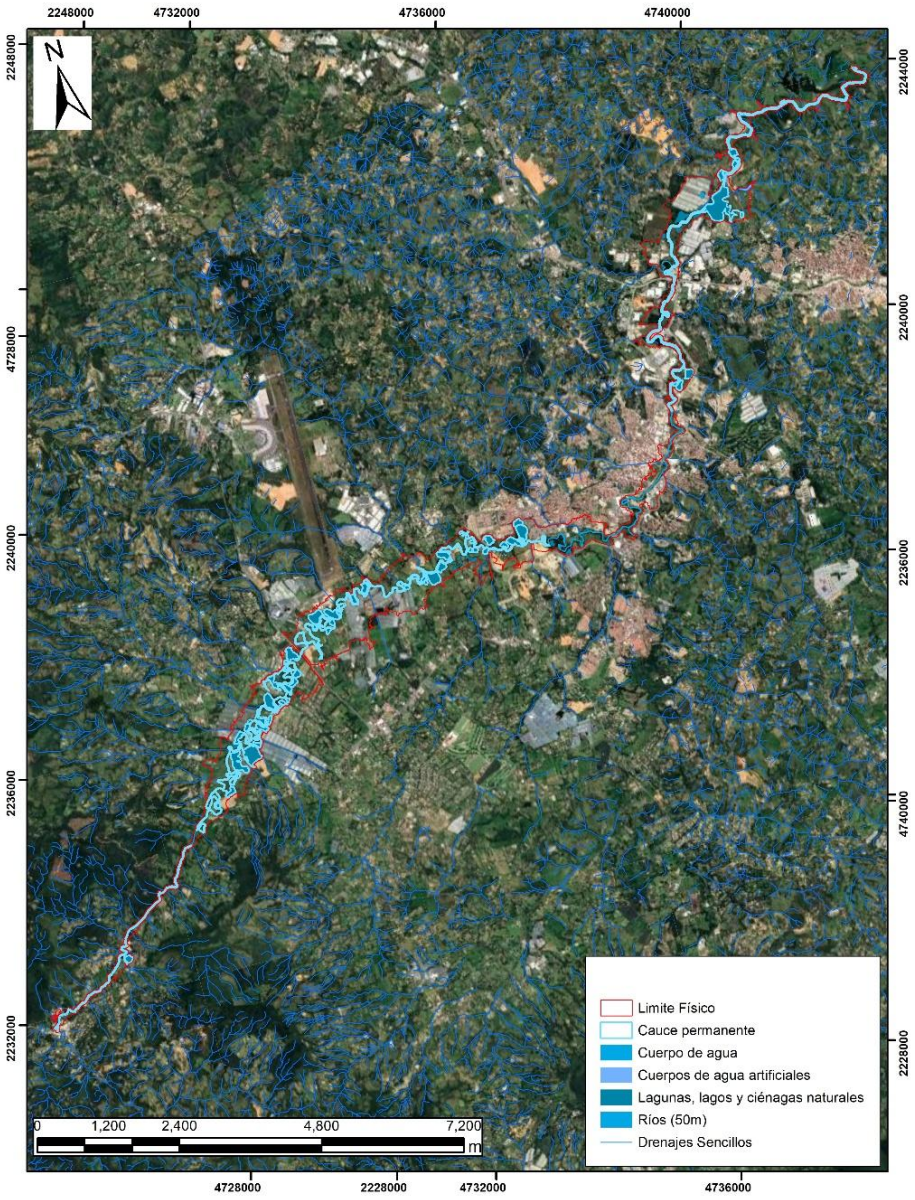
| |
|---|
| Como consecuencia directa, se evidencia la fragmentación y el aislamiento de las dinámicas no solo desde el punto de vista ecosistémico sino desde lo social, en algunos sectores la presión inmobiliaria ha cercado y privatizado el acceso al río, mientras que, en otros, la ronda hídrica se ha convertido en un espacio común degradado y carente de corresponsabilidad social.<br><br>Ante este escenario, la estrategia "Territorios del Agua" se justifica en la necesidad imperativa de recuperar el empoderamiento y la gobernanza de la comunidad sobre el río y su franja paralela. En este sentido, se busca propender por el fortalecimiento de los liderazgos que ejercen un rol activo respecto el cuidado y defensa del territorio y en temas ambientales como los Consejeros de Cuenca, Guardianes del Río o defensores del agua adscritos a los acueductos comunitarios , entre otros: además de actores institucionales y privados que fueron identificados durante el acotamiento de la ronda hídrica y que han manifestado de manera voluntaria su interés y disposición por articularse a este objetivo alrededor del río Negro. |
| **Medidas:**<br><br>**T10, T11, T12, T13, T14, T15** |

### 9.2.2 Gestión integral de la infraestructura azul para la conectividad fluvial y los acuíferos

| |
|---|
| **Objetivo:**<br><br>Preservar y restaurar la conectividad fluvial teniendo como base la relación agua superficial y agua subterránea |
| **Justificación:**<br><br>La intensificación de las actividades agropecuarias, la consolidación del sector floricultor y el vertiginoso desarrollo inmobiliario en las áreas aledañas al río actúan como motores de degradación de los sistemas hídricos. La expansión urbana y la densificación de la red vial han provocado una acelerada impermeabilización del suelo, lo que obstruye los procesos naturales de infiltración y recarga de acuíferos. Esta alteración, sumada a la contaminación por vertimientos y a la creación de barreras físicas artificiales (condominios, cultivos confinados, zonas industriales), están fracturando la conectividad ecológica y la interacción fisicoquímica entre el agua superficial y la subterránea. Al romperse esta continuidad del ciclo hidrológico, los ecosistemas pierden su capacidad de regulación térmica y amortiguación hidráulica, reduciendo drásticamente la funcionalidad y la oferta de servicios ecosistémicos vitales para el soporte de la biodiversidad y la seguridad hídrica. La ronda hídrica debe verse como la interacción de la infraestructura verde, la azul y su entorno, para poder gestionar acciones que garanticen su recuperación y el restablecimiento de los servicios ecosistémicos relacionados. |

**Servicios ecosistémicos:**

Oferta y hábitat para la fauna
Regulación microclimática
Regulación hídrica
Recarga de acuíferos



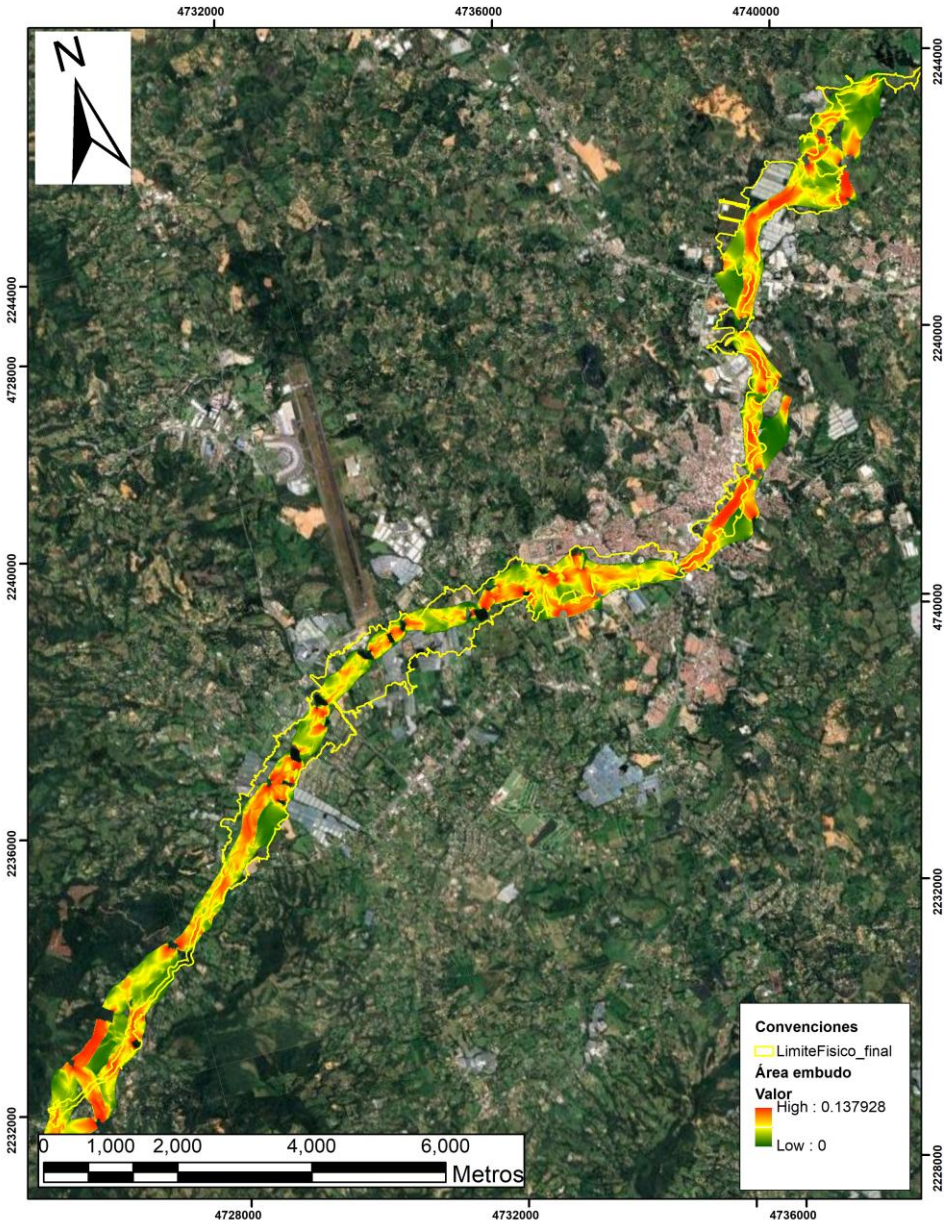
| |
|---|
| Dentro de la ronda hídrica se tiene una gran oferta territorial asociada a la infraestructura azul, en los 41 km para los cuales se ha delimitado la ronda hídrica, se tiene un cauce permanente con un área de 144.3 ha, la presencia de 9 humedales declarados, 120 cuerpos de agua entre naturales y artificiales, además de zonas de recarga de acuíferos, de allí la gran riqueza hídrica con la que cuenta el territorio desde El Retiro, pasando por Rionegro hasta Marinilla.<br><br>Si bien el recurso abunda, igualmente las presiones: los desarrollos inmobiliarios, las grandes obras de infraestructura, los cultivos confinados y un uso pecuario extensivo, generan una fuerte presión sobre el recurso, una alta compactación del suelo y la alta impermeabilización generan impactos negativos sobre la regulación hídrica y aumenta la vulnerabilidad aguas abajo.<br><br>De allí la necesidad de abordar la gestión integral de la infraestructura azul, con el fin de garantizar la funcionalidad y conectividad fluvial, tanto superficial como subterránea. |
| **Medidas de manejo:**<br><br>**M2, M18, M20, T1, T2, T3, T4, T9** |

### 9.2.3 Gestión integral de la conectividad ecológica para la preservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos

| |
|---|
| **Objetivo:**<br><br>Preservar y restaurar la conectividad ecológica para garantizar la prestación de servicios ecosistémicos. |
| **Justificación:**<br><br>Las problemáticas identificadas en el área aledaña al río Negro, expone el dinamismo y la alta intervención antrópica asociada al río, por tanto, la recuperación de la conectividad en el corredor ribereño no solo beneficia el tránsito de fauna silvestre, sino que restaura la integridad del ciclo hidrológico.<br><br>Al remover las barreras artificiales, reconvertir los suelos impermeabilizados y estimular sistemas productivos con un enfoque socioecológico, donde se contengan áreas que disminuyan la fricción del paisaje.<br><br>La restauración de coberturas vegetales naturales no sólo se convierte en oferta y refugio para la fauna, sino que también contribuye a la reducción de la velocidad de la escorrentía, mitigando el riesgo de inundaciones, mientras incrementa la infiltración hacia los acuíferos. la conectividad no es solo superficial también tiene efectos sobre la dinámica fluvial subterránea. |

**Servicios ecosistémicos:**

Oferta y hábitat para la fauna
Culturales y escénicos
Regulación hídrica
Recarga de acuíferos
Control de procesos erosivos.



Teniendo como base la métrica del paisaje en la ronda se presentan 635 elementos de conectividad, con 47 definidos como nodos, 397 enlaces y 191 fragmentos.

En un buffer de 100 m al rededor del cauce permanente el área cubierta por coberturas de Bosque y áreas seminaturales, específicamente bosques fragmentados y vegetación secundaria o en transición corresponde a un 6,6% con un área de 199 ha. Esto demuestra la baja representatividad de estas tipologías de coberturas terrestres y evidencia la alta transformación del paisaje a coberturas de territorios agrícolas o territorios artificializados.

Evaluada la matriz de paisaje en el software Graphab se encuentran valores críticos de conectividad con un PC (Probabilidad de Conectividad): 0.00002644 y un IIC (Índice Integral de Conectividad): 0.00005322, lo que hace referencia que sí bien hay algunos parches o fragmentos que permiten una oferta y hábitat, la matriz de resistencia para llegar de uno a otro, es extremadamente alta, lo que significa que no basta con restaurar y preservar los parches existentes, sino que es inminente la necesidad de reducir la fricción en la matriz de paisaje, es decir garantizar una permeabilidad, mejorando las condiciones actuales entre los parches existentes. Los valores de conectividad reflejan una alerta de las pérdidas tan altas de coberturas vegetales naturales.

En la figura se puede observar las áreas embudo o críticas (color rojo) para la conectividad ecológica es decir son áreas donde se deben promover acciones para garantizar la diversidad florística como se ha expuesto antes, con especies nativas, que generen una buena oferta para la fauna, y den permeabilidad a la matriz de paisaje, para los flujos genéticos.

**Medidas de manejo:**

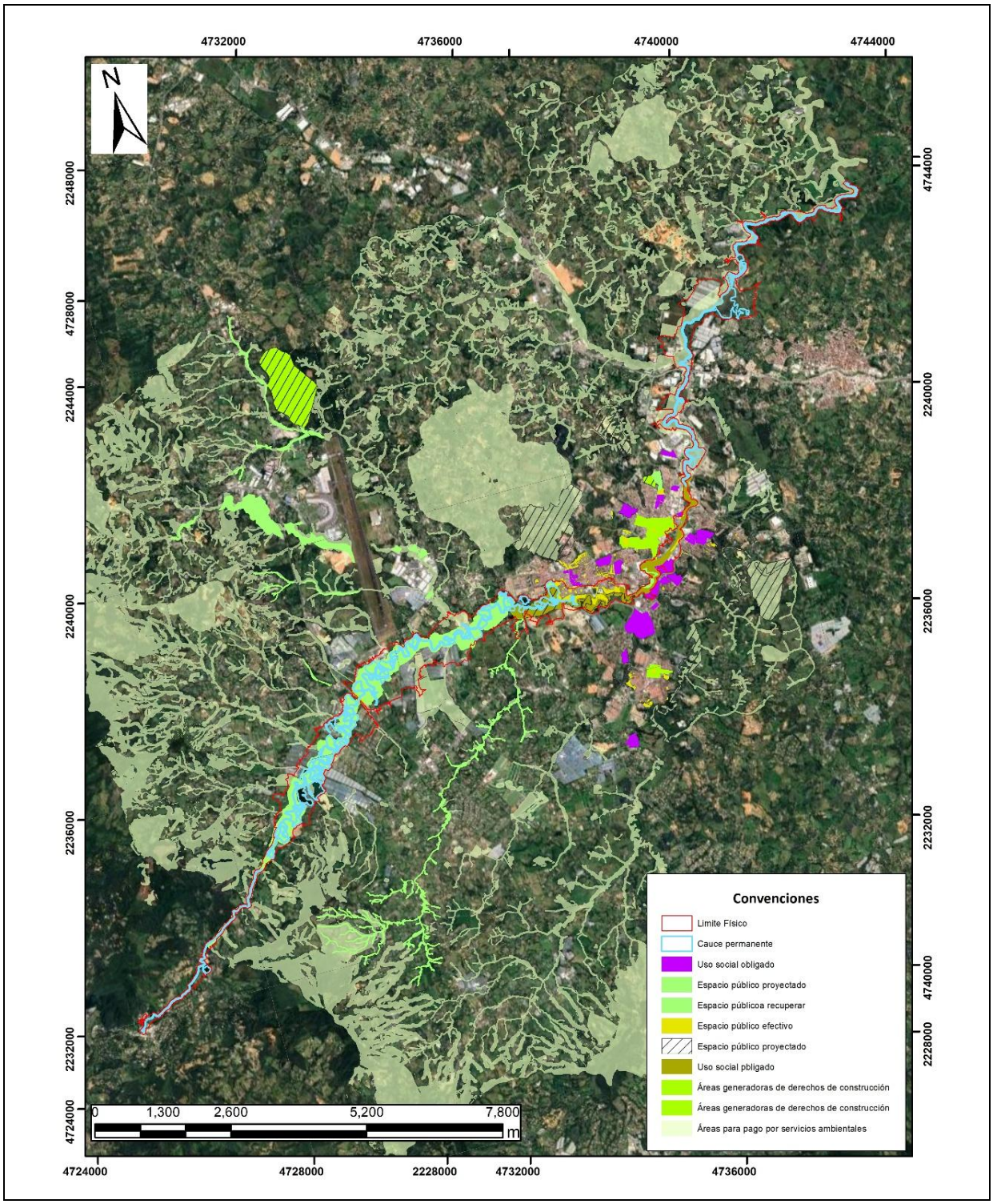
**M3, M4, M5, T5, T7, T8, T9, T11**

### 9.2.4 Consolidación del corredor socio- ecológico con eje estructurante el río Negro

**Objetivo:**

Consolidar un corredor socioecológico que garantice la apropiación ciudadana y la prestación de servicios ecosistémicos, a partir del modelo de ocupación de los municipios.

| |
|---|
| **Justificación:**<br><br>La acelerada urbanización, el desarrollo de infraestructura de transporte y la expansión de la frontera agropecuaria y floricultora en el área aledaña a la ronda hídrica han fragmentado severamente las coberturas vegetales nativas, transformando el paisaje continuo en parches aislados de bosque. Esta discontinuidad actúa como una barrera física que interrumpe los flujos genéticos, aumentando la vulnerabilidad de las poblaciones y ecosistemas.<br><br>Al degradarse la estructura del paisaje, se desestabilizan procesos ecológicos fundamentales y se compromete directamente la provisión de servicios ecosistémicos, tales como la polinización de cultivos, el control biológico de plagas, la dispersión de semillas y la regulación climática local.<br><br>En consecuencia, la gestión integral de la conectividad ecológica se justifica como una necesidad inaplazable para diseñar e implementar corredores socioecológicos donde los diferentes actores sean partícipes de la reconfiguración del paisaje natural, reconectando fragmentos boscosos, garantizando la continuidad del tejido natural, protegiendo la biodiversidad y asegurar el bienestar de las comunidades que dependen de sus servicios ambientales. |
| **Servicios ecosistémicos:**<br><br>Oferta y hábitat para la fauna<br>Culturales y escénicos<br>Regulación hídrica<br>Control de la erosión |


4732000
4736000
4740000
4744000
N
2248000
2244000
2240000
2236000
2232000
2228000
4724000
4728000
4744000
2240000
2236000
2232000
4740000
2228000
0
1,300
2,600
5,200
7,800
m
4724000
4728000
2228000
4732000
4736000
Convenciones
Limite Físico
Cauce permanente
Uso social obligado
Espacio público proyectado
Espacio públicoa recuperar
Espacio público efectivo
Espacio público proyectado
Uso social pbligado
Áreas generadoras de derechos de construcción
Áreas generadoras de derechos de construcción
Áreas para pago por servicios ambientales

La ronda en el municipio de El Retiro, vereda Don Diego, se encuentra según su Plan Básico de Ordenamiento Territorial bajo influencia de un corredor suburbano y se proyecta cerca de la ronda un parque lineal, ideal para recuperar el espacio del río para la apropiación de la comunidad, a través de su proyección como espacio público, esto dada la fuerte presión por establecimientos de comercio y servicios y los usos pecuarios.

En lo que corresponde al municipio de Rionegro, gran parte de la Ronda actualmente en las veredas Guayabito, Tablacito, El Tablazo, Tres Puertas, La Convención, Aeropuerto, Barro Blanco, y Chipre se tiene con el proyecto Parque Regional Río Negro, sumado a esto parte de la Ronda, veredas El Tablazo, Tres Puertas, La Convención, Aeropuerto, Barro Blanco, y Chipre, se definen en el Plan de Ordenamiento Territorial como Áreas Generadoras de Derechos de Construcción y parte de la Ronda que hace parte los Barrios El Provenir, Santa Ana, Cuatro Esquinas y Rionegro. Además, se tienen Áreas Generadoras de Derechos de Construcción en los Planes Parciales Chipre, La María II, La María I y Tranvía.

Para todas las veredas que tiene influencia en la ronda a excepción de Barro Blanco, Tres Puertas, Chipre y La Convención, se encuentran en polígonos con potencial Pago por Servicios Ambientales. Para el caso del municipio de Marinilla, se tiene que la Ronda se encuentra entre las veredas Belén, La Primavera, El Socorro y La Asunción, dentro de su Plan Básico de Ordenamiento Territorial, las áreas definidas como Ronda se encuentran en suelo rural, y parcialmente bajo la figura de suelo de protección, asociado a la red hídrica. Es decir, la Ronda del río Negro cuenta con un gran potencial para consolidar un corredor socioecológico.

Si se parte de los instrumentos de ordenamiento territorial, se puede evidenciar potenciales para materializar la ronda hídrica en el territorio, pues se observa que hay instrumentos de gestión que podrán viabilizar las medidas y estrategias de manejo que se han definido para la ronda hídrica del río Negro.

**Medidas de manejo:**

**M3, M5, M8, T10, T15**

### 9.2.5 Ordenamiento territorial adaptativo para la integridad del corredor socioecológico de la ronda hídrica del río Negro

**Objetivo:**

Incorporar un enfoque adaptativo en el ordenamiento territorial a través de acciones que garanticen la adaptación al cambio climático y la resiliencia frente a las dinámicas actuales

**Justificación:**

La ronda hídrica del Río Negro es un sistema dinámico e interconectado que, en un escenario óptimo, cumple funciones críticas de amortiguación hidráulica, filtración de contaminantes y recarga de acuíferos. Sin embargo, la ocupación histórica del territorio y los instrumentos tradicionales de planificación han aplicado normas urbanísticas que ignoran la geomorfología variable del río, sus llanuras de inundación y las dinámicas de los usos del suelo adyacentes. Esta rigidez normativa, sumada a la acelerada expansión inmobiliaria, la ejecución de macroproyectos viales y la consolidación de infraestructuras agropecuarias, ha fracturado la integridad de la ronda. Como consecuencia, se han acelerado los procesos morfodinámicos, las inundaciones urbanas y la pérdida de conectividad entre los cuerpos de agua lóticos, lénticos y los sistemas subterráneos.

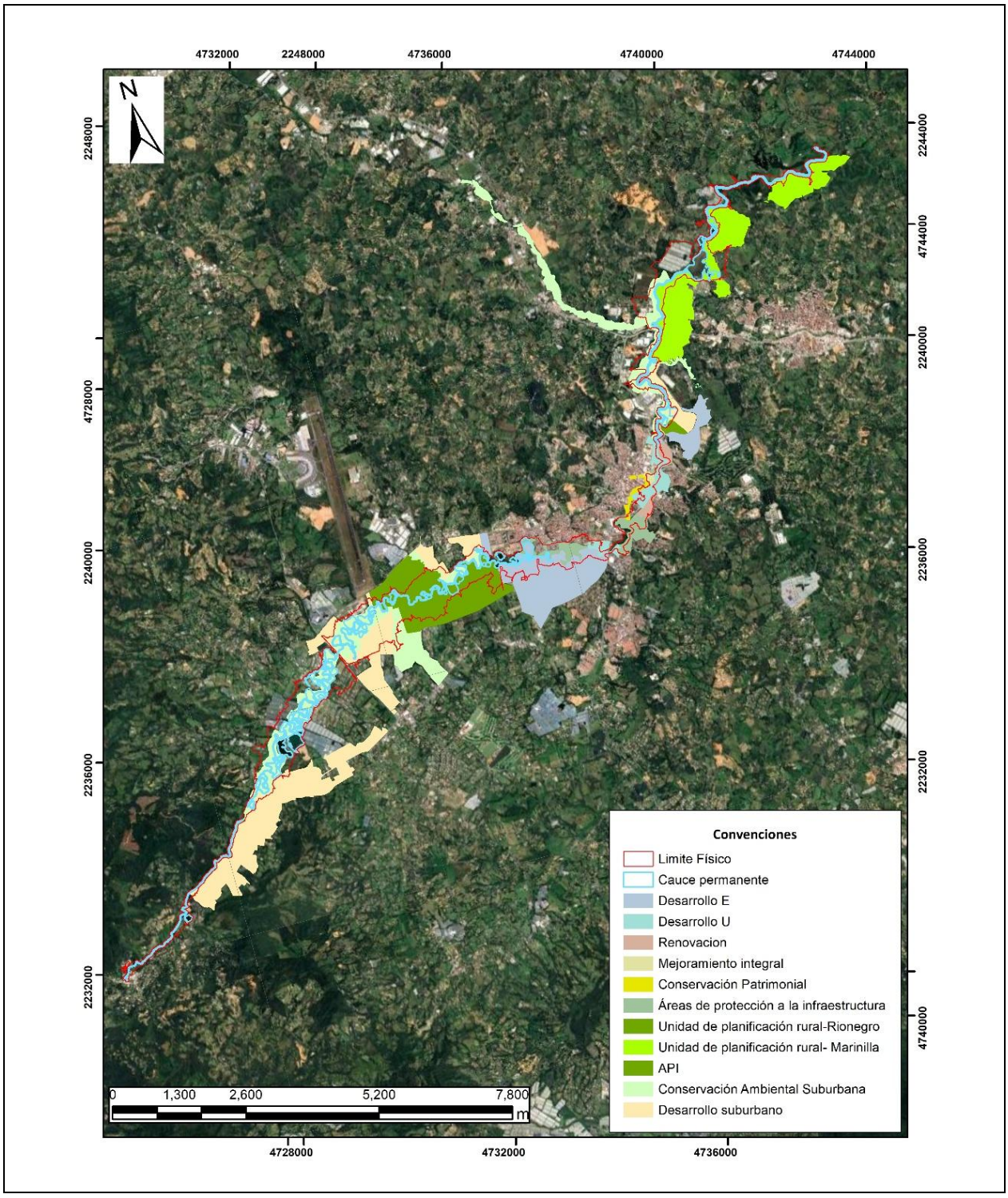
Esta línea estratégica se justifica en la necesidad imperativa de migrar hacia un ordenamiento territorial adaptativo, donde los tratamientos urbanísticos y los regímenes de ocupación del suelo (tanto en el ámbito urbano como rural) dejen de ser fijados bajo criterios puramente geométricos y pasen a determinarse según criterios eco-hidrológicos y de resiliencia climática. Esto implica condicionar las licencias de construcción, los índices de edificabilidad y las densidades a la capacidad real de absorción, infiltración y desborde del río en cada uno de sus tramos.

En este sentido, la aplicación de tratamientos de conservación en las áreas asociadas a la faja paralela, en conjunto con la exigencia de un bajo impacto por impermeabilización en la faja paralela y el área aferente, garantiza la integridad de la ronda. Así se asegura que el desarrollo socioeconómico al interior de la Ronda sea armónico con el espacio vital de los cuerpos de agua y sus dinámicas naturales. Al asegurar niveles óptimos de permeabilidad en el entorno del río, se maximiza el espacio disponible para el reverdecimiento y la renaturalización de aquellos entornos que hoy presentan superficies degradadas o que generan alta fricción en el paisaje.

El mayor desafío radica en los sectores que actualmente presentan usos consolidados y una alta densidad de infraestructura. Para este escenario específico, dichas zonas se definen como Zonas de Manejo Especial. Tal como se plantea en la Estrategia 4, la consolidación de un corredor socio ecológico no puede desconocer las realidades preexistentes del territorio; por el contrario, el enfoque adaptativo busca una solución sinérgica que equilibre el objetivo de preservar la funcionalidad ecosistémica e integre de manera sostenible las dinámicas socioeconómicas presentes en la ronda.

**Servicios ecosistémicos:**

Regulación hidrológica
Regulación microclimática
Escénicos y culturales
Hábitat y conservación de la biodiversidad.


4732000
2248000
4736000
4740000
4744000
2248000
2244000
4744000
2240000
4728000
2240000
2236000
2236000
2232000
2232000
4740000
N
Convenciones
Limite Físico
Cauce permanente
Desarrollo E
Desarrollo U
Renovacion
Mejoramiento integral
Conservación Patrimonial
Áreas de protección a la infraestructura
Unidad de planificación rural-Rionegro
Unidad de planificación rural- Marinilla
API
Conservación Ambiental Suburbana
Desarrollo suburbano
0
1,300
2,600
5,200
7,800
m
4728000
4732000
4736000

En la conservación de la funcionalidad ecosistémica, no basta con tener una oferta territorial acorde a los servicios ecosistémicos, garantizarla debe también tener unas oportunidades en el territorio, y algunas de estas las ofrecen instrumentos de ordenamiento territorial, aquellas áreas que requieren de instrumentos de planificación de segundo o tercer orden o planes maestros para su desarrollo, son una gran oportunidad para facilitar la materialización de los objetivos de la ronda en este caso la consolidación de un corredor socioecológico.

La Ronda hídrica del río Negro, en su discurrir, presenta influencia de suelo urbano, suburbano y rural, lo que lleva a tener una diversidad de tratamientos en todo su recorrido, como se dijo en la Estrategia 5, para el municipio de El Retiro se tiene un corredor Suburbano y si bien en el Acuerdo # 14 de 2013, se presentan unas obligaciones urbanísticas, entre ellas "*Obligaciones Tipo 2**: Están destinadas a la creación de suelo de protección para la conformación de la red ecológica, en una cuantía de un 20% del área del predio a desarrollar. Será reforestado con especies nativas, sin fines comerciales y para la protección ambiental.*

*Para los desarrollos de usos comerciales y de servicios, esta obligación se podrá contabilizar como una parte del área dedicada a la conservación o recuperación de la vegetación nativa de que trata el artículo 12 del Decreto Nacional 3600 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ...)*." dichas obligaciones se deben armonizar teniendo en cuenta los objetivos de la Ronda del río Negro y sus elementos constituyentes, como se ha venido exponiendo, desde un enfoque adaptativo y resiliente, para garantizar la regulación hídrica y la integridad ecológica.

El municipio de Rionegro, tiene influencia en la Ronda con suelo rural, suburbano y urbano, lo que lleva a una diversidad de tratamientos urbanísticos, desde Consolidación urbana, Desarrollo, Renovación, Áreas para la Protección de la Infraestructura, Mejoramiento Integral, igualmente se tienen Planes Parciales adoptados por desarrollar, en un alto porcentaje de la Ronda se tiene influencia de la figura Parque Regional del Río Negro y las Áreas Generadoras de Derechos de Construcción, instrumentos que se deben armonizar con la delimitación de la Ronda y los objetivos de esta. Las Áreas de la Ronda que no tienen presencia de estas dos figuras, tiene un área definida como de protección, áreas que se deben armonizar con la delimitación y los objetivos de la Ronda.

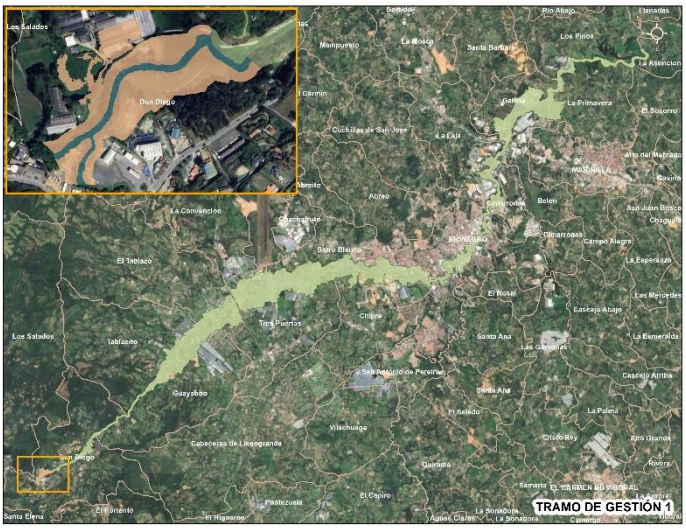
Para el caso del municipio de Marinilla, se tiene la influencia en el suelo rural, con presencia de suelos de protección, los cuales se deben armonizar con la Ronda, a partir de la formulación de las Unidades de Planificación Rural o su revisión y ajuste o la de instrumentos de primer orden es decir el Plan Básico de Ordenamiento territorial.

**Medidas de manejo:**

**M10-M28, T1, T2, T3, T4, T6, T7, T9, T10, T15, T16**

## 9.3 Descripción de tramos para la aplicación de las respectivas medidas de manejo

A continuación, se describen cada uno de los tramos para su gestión y aplicación de las medidas de manejo respectivas, generando la descripción de sus características principales, elementos constituyentes y zonificación ambiental.

<table>
<tr><th colspan="2">TRAMO DE GESTIÓN N° 1</th></tr>
<tr><td>
</td><td>Localización: Municipio de El Retiro, Vereda Don Diego, punto de referencia avícola EMAUS y Glorieta Don Diego.</td></tr>
<tr><th colspan="2">CARACTERÍSTICAS</th></tr>
<tr><td colspan="2">Servicios ecosistémicos:<br>• Regulación hídrica<br>• Control de la erosión<br>• Hábitat y conservación de la biodiversidad<br>Actividades productivas:<br>Concentración de actividades de comercio, además del equipamiento comunitario de la vereda Don Diego. Se observan usos por minería artesanal (material de construcción) y dependencia del agua para producción y abastecimiento. Predominio de ocupación rural dispersa, con presencia de fincas campesinas y actividad pecuaria (granja avícola Emaús).<br>Geomorfología e hidrología:<br>Río recto de montaña, valle intramontano ~400 m. Planos y llanuras de inundación, terrazas de acumulación. Infraestructura limita amortiguación de crecientes. Erosión lateral moderada y aporte progresivo de sedimentos.<br>Coberturas y usos del suelo:</td></tr>
</table>





Predominio de pastos limpios con barreras vivas Cobertura ribereña alterada con especies introducidas. Zonas verdes urbanas. Alto porcentaje de impermeabilización, lo que evidencia una alta transformación del territorio.



**TRAMO DE GESTIÓN N° 1**

**CARACTERÍSTICAS**

**Conectividad ecológica:**

No se identificaron elementos de conectividad ecológica relevantes, se tiene presencia de algunos fragmentos y enlaces que contribuyen a garantizar una menor resistencia en la matriz, sin embargo, hay un gran potencial para fortalecer y consolidar la conectividad ecológica, desde los principios de función social y ecológica de la propiedad.

**ZONIFICACIÓN**




**ELEMENTOS CONSTITUYENTES**




**Faja paralela:** 69.0% (29555.6 m²) en pastos limpios hasta el cauce. Urgente recuperación de vegetación ribereña.
**Área aferente:** 58.3% (30055.0 m²) en pastos. Fuerte tendencia a tejidos urbanos discontinuos y tierras degradadas.

**Áreas y porcentajes**

| | ZONIFICACIÓN | | | |
|---|---|---|---|---|
| ona | Preservación | Restauración | Uso sostenible | Zonas de manejo especial* |
| Área (m²) | 77222.7 | 11424.5 | 4650.6 | 1080.9 |
| % | 81.8 | 12.1 | 4.9% | 1.1 |

*Tipo 3 -Áreas con concepto o actuación previa de Cornare

**PROBLEMÁTICAS**

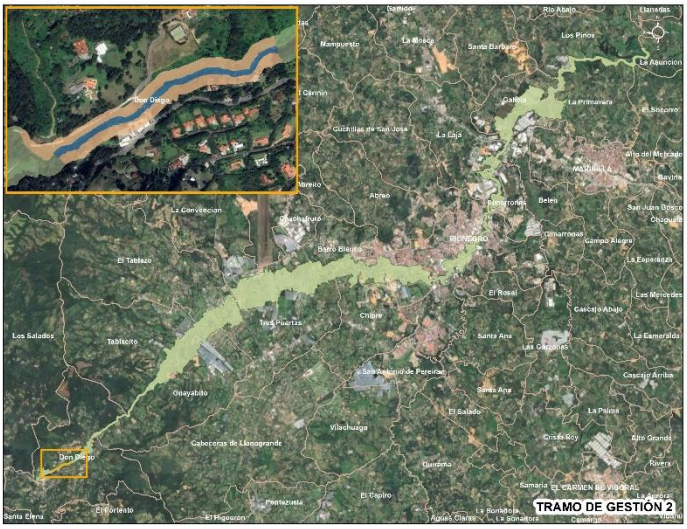
**Cauce permanente**

Erosión lateral moderada mayor carga de sedimentos, reducción de sección hidráulica y riesgo de desbordamiento.

**Faja paralela**

Sin problemáticas geomorfológicas relevantes. Infraestructura en margen derecha restringida por proximidad a faja paralela y zona de alta peligrosidad por inundación.

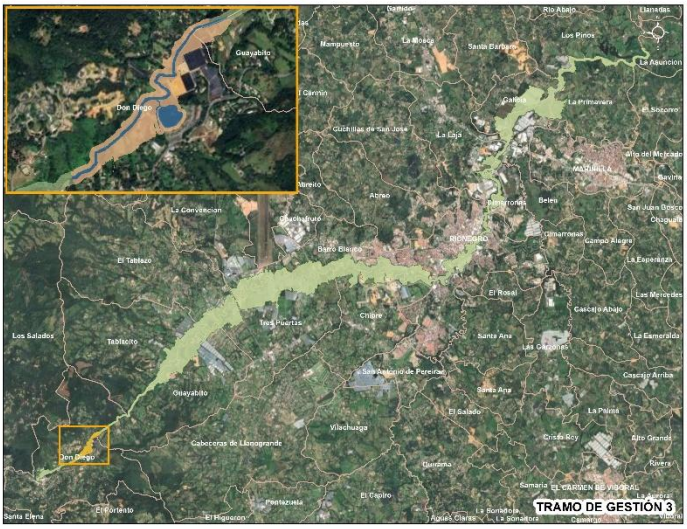
| | |
|---|---|
| **CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES** | **Área aferente** |
| Se presentan presiones sobre la ronda hídrica y el suelo rural por ocupación antrópica, actividades productivas y flujo vehicular. Adicionalmente, se evidencia pérdida de cobertura vegetal, afectación de ecosistemas asociados y una limitada apropiación comunitaria de acciones para la conservación y protección del corredor hídrico. | Intervenciones antrópicas (llenos, diques, canales) alteran drenaje natural e incrementan riesgo de inundación y movimientos en masa. |

| TRAMO DE GESTIÓN N° 2 | |
|---|---|
|  | **Localización:** Municipio de El Retiro, Vereda Don Diego, punto de referencia avícola EMAUS y Mall Puerto Maderos |

**CARACTERÍSTICAS**

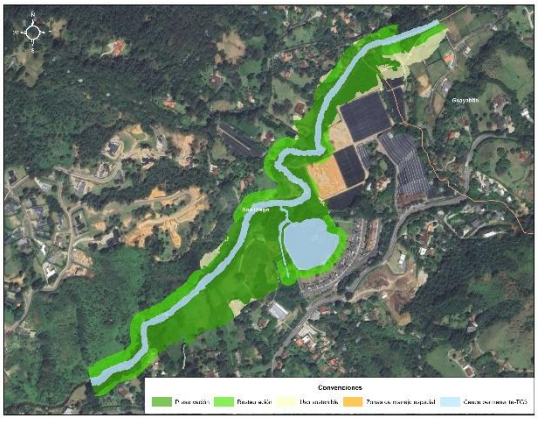
| | |
|---|---|
| **Servicios ecosistémicos:**<br>• Regulación hídrica<br>• Control de la erosión<br>• Hábitat y conservación de la biodiversidad. |  |
| **Actividades productivas:**<br>Concentración de fincas de recreo y áreas a la espera de su desarrollo urbanístico, con presencia de árboles aislados en su mayoría especies introducidas. |  |
| **Geomorfología e hidrología:**<br>Tramo recto con pendiente moderada a fuerte, planicies angostas o inexistentes e incisión moderada que reduce conectividad hidráulica lateral. Obras viales y canales alteran escorrentía y favorecen transporte de sedimentos. Socavación potencial en obras de protección y reducción de infiltración. | |
| **Coberturas y usos del suelo:**<br>Predominio de tierras degradadas o desnudas con presencia de cercas vivas, que por el tamaño de sus copas se mapean como bosques de galería o ripario y vegetación secundaria pero su estructura y composición no cumplen. | |

<table>
<tr><th colspan="2">TRAMO DE GESTIÓN N° 2</th></tr>
<tr><th>CARACTERÍSTICAS</th><th>ELEMENTOS CONSTITUYENTES</th></tr>
<tr><td>Conectividad ecológica:<br>La conectividad ecológica se ve interrumpida por la falta de elementos boscosos que garanticen oferta de alimento y hábitat para las diferentes especies y la matriz de fricción representa alta resistencia, lo que genera alta vulnerabilidad para las especies.</td><td rowspan="2"><br>Faja paralela:<br>Cobertura dominante son las Pastos limpios con un 34.8 % (5636.8 m$^2$) seguida de Tierras desnudas con 33.3% (5405.3m$^2$).<br>Área aferente:<br>Cobertura dominante en vegetación secundaria o transición con un 37.4 % (10441.8m$^2$) seguido de pastos limpios con un 14.4 % (4021.3 m$^2$).</td></tr>
<tr><td>ZONIFICACIÓN<br></td></tr>
<tr><th>Áreas y porcentajes</th><th>PROBLEMÁTICAS</th></tr>
<tr><td rowspan="2">
<table>
<tr><th></th><th colspan="4">ZONIFICACIÓN</th></tr>
<tr><th>Zona</th><th>Preservación</th><th>Restauración</th><th>Uso sostenible</th><th>Zonas de manejo especial</th></tr>
<tr><td>Área (m$^2$)</td><td>16866.9</td><td>26803.7</td><td>472.5</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>%</td><td>38.2</td><td>60.7</td><td>1.1</td><td>0.0</td></tr>
</table>
</td><td>Cauce permanente:<br>Incisión y erosión lateral con obras de protección inadecuadas generan confinamiento del flujo, pérdida de conectividad con planicie y riesgo de socavación.<br>Faja paralela:<br>Diques, canales y vías incrementan escorrentía y aportes de sedimentos; susceptibilidad a movimientos en masa, surcos y cárcavas.</td></tr>
<tr><th>CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES</th><th>Área aferente:</th></tr>
<tr><td>Evidencian procesos de ocupación de áreas cercanas a los cuerpos de agua y presión sobre el suelo rural derivados de actividades comerciales y productivas desarrolladas en el corredor aledaño al río, generando conflictos asociados al uso y transformación del territorio.</td><td>Intervenciones antrópicas (diques, explanaciones, vías) reducen infiltración y recarga; susceptibilidad a erosión concentrada, movimientos en masa y contaminación por sedimentos y descargas difusas.</td></tr>
</table>

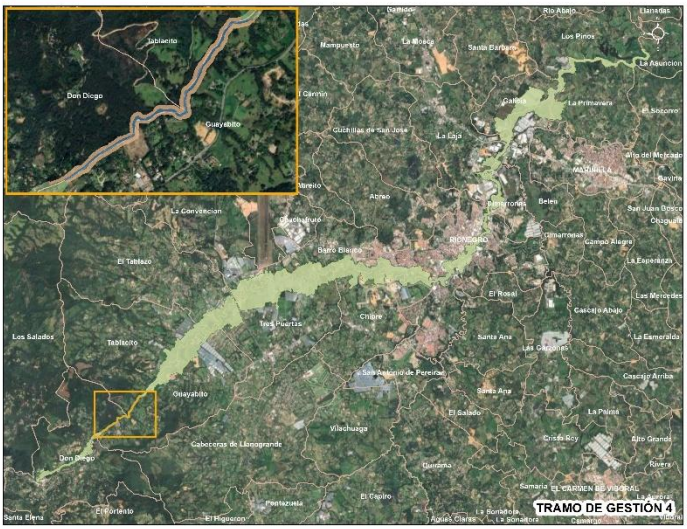
| TRAMO DE GESTIÓN N° 3 | |
|---|---|
|  | **Localización:** Municipio de El Retiro, Vereda Don Diego, punto de referencia, inicia alrededor de 350 m aguas abajo de Mall Puerto Maderos, hasta una porción de la vereda Guayabito del municipio de Rionegro, en el costado derecho del río |

**CARACTERÍSTICAS**

| | |
|---|---|
| **Servicios ecosistémicos:**<br>• Regulación hídrica<br>• Control de la erosión<br>• Hábitat y conservación de la biodiversidad |  |
| **Actividades productivas:**<br>Predominio de actividades agropecuarias que en la mayoría de los casos se da hasta el cauce permanente es decir sin proteger el recurso hídrico de los impactos de estas actividades. | |
| **Geomorfología e hidrología:**<br>Tramo recto de montaña con valle de ~400 m, planicies inundables con modificación antrópica moderada a fuerte (terraplenes, canales, diques). Erosión lateral activa en meandros y cuerpos mineros conectados al cauce. Diques y llenos reducen conectividad hidráulica y capacidad de amortiguación de crecientes. | |
| **Coberturas y usos del suelo:**<br>La alta transformación del paisaje ha llevado a que actualmente la cobertura predominante en este tramo sean los pastos limpios, tanto para áreas de condominios y parcelaciones como por el uso pecuario. | |

<table>
<tr><th colspan="2">TRAMO DE GESTIÓN N° 3</th></tr>
<tr><th>CARACTERÍSTICAS</th><th>ELEMENTOS CONSTITUYENTES</th></tr>
<tr><td>Conectividad ecológica:<br><br>Este tramo no es ajeno a la transformación de las coberturas vegetales naturales que han disminuido los índices de conectividad ecológica, por la fragmentación de los bosques y el aumento de la fricción en la matriz del paisaje.</td><td rowspan="2"><br><br>Faja paralela:<br><br>Predominio de bosques de galería y ripario con el 40.7 % (43707.6 m$^2$) seguido de Pastos limpios con el 27.7% (29772.4 m$^2$)<br><br>Área aferente:<br>Predominio de pastos limpios con el 42.8 % (36563.9 m$^2$) seguido de vegetación secundaria o en transición con el 13.7 % (11671.6 m$^2$)</td></tr>
<tr><td>ZONIFICACIÓN<br><br></td></tr>
<tr><th>Áreas y porcentajes</th><th>PROBLEMÁTICAS</th></tr>
<tr><td><table><tr><th></th><th colspan="4">ZONIFICACIÓN</th></tr><tr><th>Zona</th><th>Preservación</th><th>Restauración</th><th>Uso sostenible</th><th>Zonas de manejo especial</th></tr><tr><td>Área (m$^2$)</td><td>149905.3</td><td>31713.5</td><td>11325.5</td><td>0.0</td></tr><tr><td>%</td><td>77.7</td><td>16.4</td><td>5.9</td><td>0.0</td></tr></table></td><td>Cauce permanente:<br><br>Erosión lateral fuerte en meandros e incisión moderada; cuerpos de agua mineros conectados al cauce generan alta carga sedimentaria, migración lateral y riesgo de inundación.<br><br>Faja paralela:<br><br>Llenos, diques y excavaciones reducen conectividad hidráulica con la planicie; viviendas dentro de la faja incrementan exposición ante desbordamientos.</td></tr>
<tr><th>CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES</th><th>Área aferente:</th></tr>
<tr><td>Ocupación de áreas cercanas a los cuerpos de agua, a raíz del desarrollo de proyectos inmobiliarios; situación que ha derivado en intervenciones asociadas a movimientos de tierra, llenos antrópicos y levantamiento de jarillones, lo que genera alteraciones sobre la dinámica natural del río y sus áreas de protección.</td><td>Intervenciones antrópicas reducen retención e infiltración; susceptibilidad a movimientos en masa y riesgo de ampliación de mancha de inundación ante falla de obras de protección.</td></tr>
</table>

**TRAMO DE GESTIÓN N° 4**




**Localización:** Municipio de El Retiro, Vereda Don Diego, costado izquierdo del rio al finalizar el vivero Tierra Negra hasta adentrarse a la vereda Tablacito del municipio de Rionegro, por el costado derecho vereda Guayabito del municipio de Rionegro.

**CARACTERÍSTICAS**

**Servicios ecosistémicos:**

- Regulación hídrica
- Control de la erosión
- Hábitat y conservación de la biodiversidad

**Actividades productivas:**

En este tramo predomina la vivienda campestre y las plantaciones forestales, es un tramo donde se ha garantizado una pequeña faja arbolada alrededor del cauce.

**Geomorfología e hidrología:**

Tramo recto con pendientes moderadas a fuertes, planicies angostas o inexistentes y erosión lateral fuerte. Terraplenes y vías terciarias interrumpen flujo lateral, favorecen encharcamientos y aumentan escorrentía concentrada con aporte de sedimentos y erosión superficial.





**Coberturas y usos del suelo:**

Este tramo no es ajeno a las dinámicas de toda la ronda, a diferencia de otros se observa una leve protección de la vegetación alrededor del cauce, y esto se refleja en el predominio de bosque de galería y ripario.



**TRAMO DE GESTIÓN N° 4**

**CARACTERÍSTICAS**

**Conectividad ecológica:**

En este tramo se observa una disminución en la matriz de fricción, lo que favorece de alguna manera el movimiento y flujos en el área, además de contribuir con las funciones ecosistémicas en la ronda.

**ZONIFICACIÓN**




**ELEMENTOS CONSTITUYENTES**




**Faja paralela:**

Se tiene un 68.9 % (47786.3 $m^2$) con bosque de galería y ripario seguido de los pastos limpio con un 11.3 % (7837.7 $m^2$)

**Área aferente:**

Predomina el Bosque de galería y riparia con un 59.2 % (37082 $m^2$) seguido de los pastos limpios con un 16.5% (10324.0 $m^2$)

**Áreas y porcentajes**

| | ZONIFICACIÓN | | | |
|---|---|---|---|---|
| Zona | Preservación | Restauración | Uso sostenible | Zonas de manejo especial |
| Área ($m^2$) | 69573.3 | 62116.1 | 434.0 | 0.0 |
| % | 52.7% | 47.0% | 0.3% | 0.0 |

**PROBLEMÁTICAS**

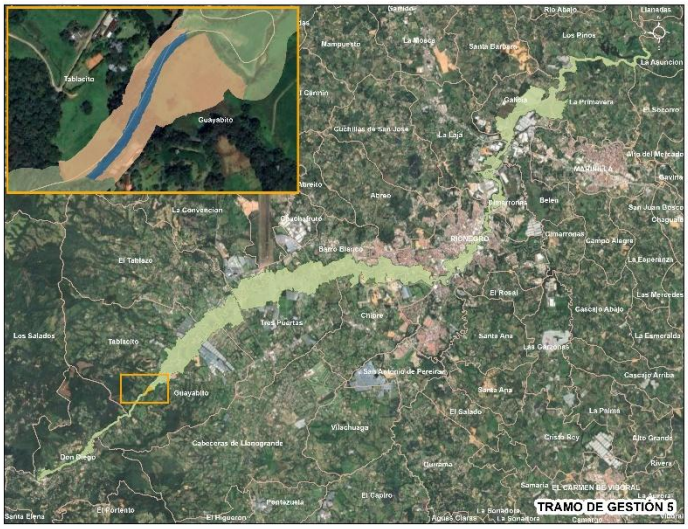
**Cauce permanente:**

Incisión moderada en tramos rectos y erosión lateral fuerte en meandros; dinámica diferenciada compromete estabilidad de márgenes y geometría del cauce.

**Faja paralela:**

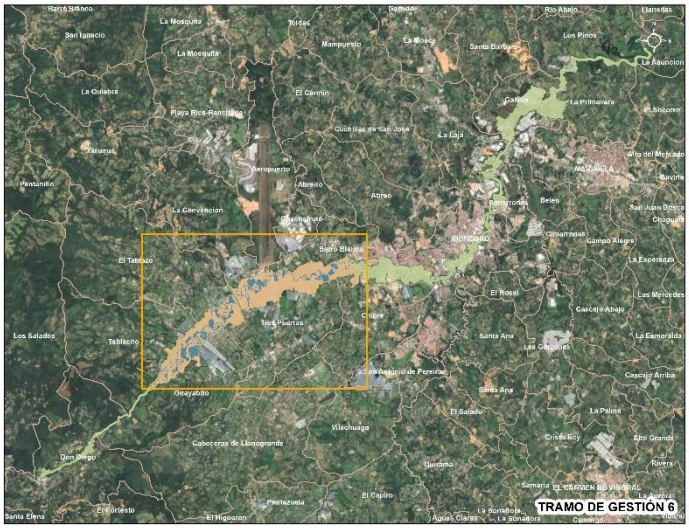
Llenos y vías terciarias interrumpen conectividad lateral; encharcamientos en zonas deprimidas y

| | |
|---|---|
| | vivienda dentro de la faja con exposición a desbordamiento. |
| **CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES** | **Área aferente:** |
| Crecimiento disperso de vivienda rural y suburbanización que han generado ocupación progresiva de áreas cercanas a los cuerpos de agua y mayor presión sobre la infraestructura vial rural y la prestación de servicios básicos. Asimismo, el tramo presenta una transformación gradual del paisaje rural y de las dinámicas tradicionales campesinas, asociada al cambio de uso del suelo y al incremento de parcelaciones y desarrollos residenciales de baja densidad. | Llenos, vías y cuerpos artificiales alteran drenaje natural; susceptibilidad a movimientos en masa, surcos y cárcavas en ambas márgenes incrementan escorrentía y aporte de sedimentos al cauce. |

| TRAMO DE GESTIÓN N° 5 | |
|---|---|
|  | **Localización:** Municipio de Rionegro vereda Tablacito por el costado izquierdo y vereda Guayabito costado Derecho, en el puente de la vía que conduce de Llano Grande hacia la vía Las Palmas. |

| CARACTERÍSTICAS | |
|---|---|
| **Servicios ecosistémicos:**<br><br>• Regulación hídrica<br>• Control de la erosión<br>• Hábitat y conservación de la biodiversidad |  |
| **Actividades productivas:**<br>Concentración de actividades pecuarias, se evidencian conflictos entre la conservación ambiental y el aprovechamiento productivo del territorio, particularmente por la presión ejercida sobre cuerpos de agua, zonas inundables y áreas de regulación hídrica. | |
| **Geomorfología e hidrología:**<br>Tramo recto de 400 m a la salida del cañón con planicies inundables de hasta 90 m, en general conservadas. Llenos e infraestructura en margen derecha, puente y explanaciones veredales en margen izquierda alteran conectividad hidráulica. Sedimentación local modifica geometría del canal y amenaza infraestructura vial. |  |
| **Coberturas y usos del suelo:**<br>Coherente con los usos del suelo evidenciados en el tramo, la cobertura predominante son los pastos limpios, con presencia de coberturas asociadas al río, pero donde dominan las especies introducidas y de uso forestal comercial, se observa también una alta presencia de vías. | |

<table>
<tr><th colspan="2">TRAMO DE GESTIÓN N° 5</th></tr>
<tr><th>CARACTERÍSTICAS</th><th>ELEMENTOS CONSTITUYENTES</th></tr>
<tr><td>Conectividad ecológica:<br>El predominio de pastos limpios, cobertura de alta fricción en la matriz hace que la conectividad ecológica se vea afectada evidenciando la necesidad de la recuperación y restauración de áreas para mejorarla.</td><td rowspan="2"><br>Faja paralela:<br>Predominio de pastos limpios con un 91.5 % (23027.3m$^2$) seguido del bosque de galería y ripario con un 8.0 % (2004.0 m$^2$)<br>Área aferente:<br>Predominan los pastos limpios con un 70.4 % (13072.9m$^2$), seguidos de red vial, ferroviaria terrenos asociados correspondientes al 9.4 % (1749.7 m$^2$)</td></tr>
<tr><th>ZONIFICACIÓN</th></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><th>Áreas y porcentajes</th><th>PROBLEMÁTICAS</th></tr>
<tr><td><table><tr><th></th><th colspan="4">ZONIFICACIÓN</th></tr><tr><th>Zona</th><th>Preservación</th><th>Restauración</th><th>Uso sostenible</th><th>Zonas de manejo especial</th></tr><tr><td>Área (m$^2$)</td><td>37314.4</td><td>6444.8</td><td></td><td></td></tr><tr><td>%</td><td>85.3</td><td>14.7</td><td></td><td></td></tr></table></td><td>Cauce permanente:<br>Erosión lateral moderada con riesgo de afectación a vía de acceso a Tablacito; sedimentación localizada y variaciones en ancho activo evidencian dinámica geomorfológica activa.<br>Faja paralela:<br>Canales artificiales menores sin alteraciones significativas sobre la dinámica hidrológica del sector.</td></tr>
<tr><th>CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES</th><th>Área aferente:</th></tr>
<tr><td>Procesos de transformación gradual del paisaje rural y de las dinámicas tradicionales campesinas, asociados principalmente al cambio de uso del suelo derivado de parcelaciones y nuevas formas de ocupación residencial dispersa, situación que ha incrementado la subdivisión predial y la presión sobre áreas ambientalmente estratégicas.</td><td>Llenos y vías terciarias alteran escorrentía natural; obras de drenaje vial concentran flujo superficial y modifican dinámica hidráulica en cauce y planicie adyacente.</td></tr>
</table>

| TRAMO DE GESTIÓN N° 6 | |
|---|---|
|  | **Localización:** Municipio de Rionegro, veredas costado izquierdo Tablacito, El Tablazo, La Convención, Aeropuerto, Barro Blanco; costado derecho Guayabito, Tres puertas, Chipre, zona del tramo sinuoso rural con humedales: El Tablazo, Zona E y Guadacanai, Margen derecha del rio y el humedal Madre Vieja |

**CARACTERÍSTICAS**

**Servicios ecosistémicos:**

- Regulación hídrica
- Control de la erosión
- Hábitat y conservación de la biodiversidad

**Actividades productivas:**

Área con una concentración de usos agrícolas asociados cultivos confinados, y una alta presión por parcelaciones y condominios.

**Geomorfología e hidrología:**

Tramo sinuoso con planicies inundables de hasta 800 m, fuertemente transformadas por llenos, diques, canales y excavaciones mineras abandonadas. Alta migración lateral incrementa carga sedimentaria e inestabilidad de márgenes. Desconexión parcial de humedales y caños reduce amortiguación hidráulica y aumenta riesgo de inundación.

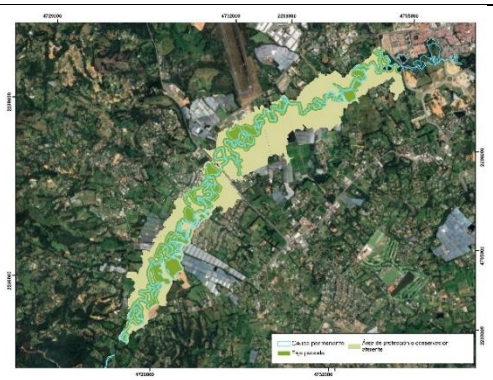
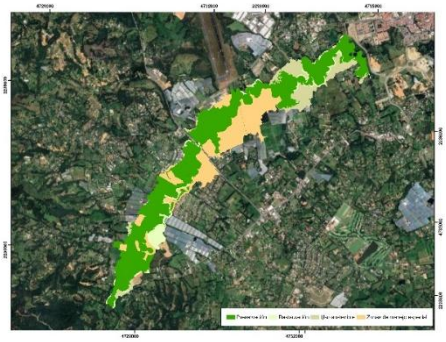
**Coberturas y usos del suelo:**

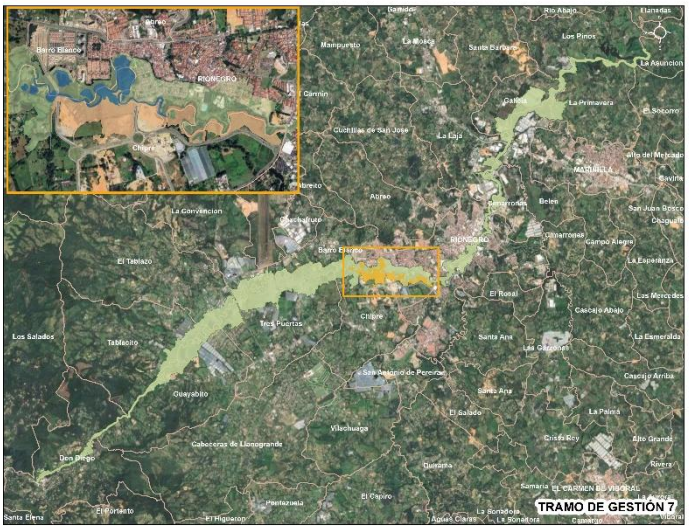
Los Pastos limpios siguen siendo las coberturas dominantes en este tramo seguidos de los cultivos confinados con predominio de floricultivos, la presencia de especies introducidas también es de resaltar.



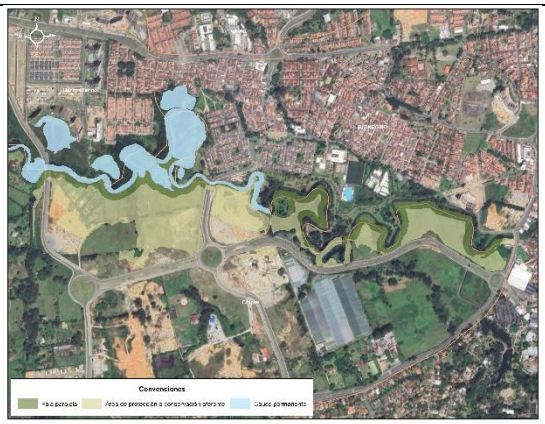
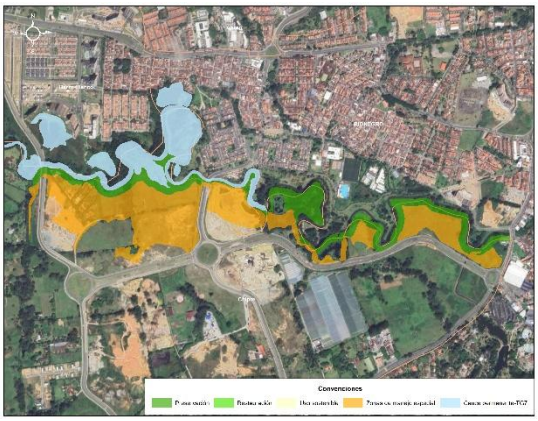




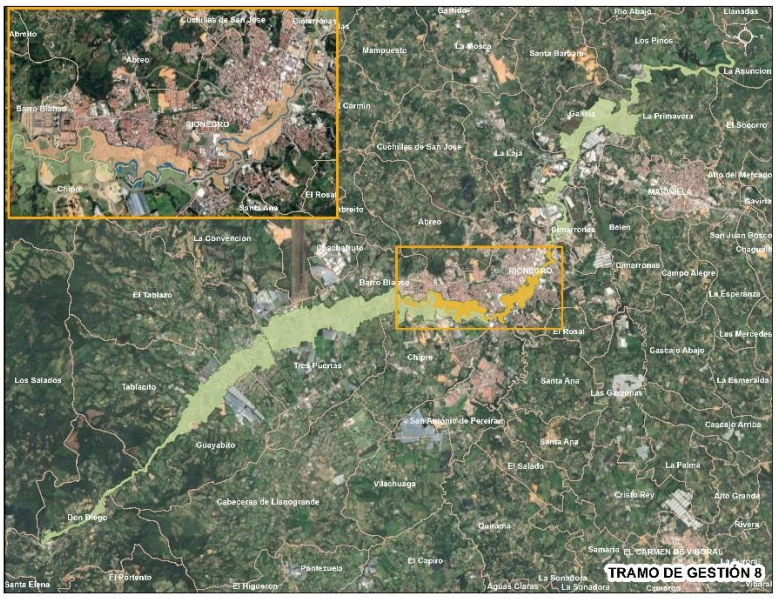
<table>
<tr><th colspan="2">TRAMO DE GESTIÓN N° 6</th></tr>
<tr><th>CARACTERÍSTICAS</th><th>ELEMENTOS CONSTITUYENTES</th></tr>
<tr><td>Conectividad ecológica:<br><br>Como se ha expuesto previamente hay una fuerte fricción en el paisaje si bien no hay una fuerte permeabilidad del suelo, sí lo hay para el movimiento de las especies y los flujos genéticos pues las infraestructuras de los cultivos confinados se convierten en barreras y limitan la oferta de hábitat.</td><td rowspan="2"><br><br>Faja paralela:<br><br>Predominan los Pastos limpios con 62.2 % (1098421.1 m$^2$), seguido de bosque de galería y ripario con 8.8 % (155498.4 m$^2$)<br><br>Área aferente:<br>Predominan las coberturas de pastos limpios con 49.3 % (1723393 m$^2$) seguido de cultivos confinados con un 21.0 % (732748.9 m$^2$))</td></tr>
<tr><td>ZONIFICACIÓN<br><br></td></tr>
<tr><th>Áreas y porcentajes</th><th>PROBLEMÁTICAS</th></tr>
<tr><td rowspan="2">
<table>
<tr><th></th><th colspan="4">ZONIFICACIÓN</th></tr>
<tr><th>Zona</th><th>Preservación</th><th>Restauración</th><th>Uso sostenible</th><th>Zonas de manejo especial</th></tr>
<tr><td>Área (m2)</td><td>3220896.4</td><td>183100.5</td><td>501633.8</td><td>532474.9*<br>827137.8**</td></tr>
<tr><td>%</td><td>61.2</td><td>3.5</td><td>9.5</td><td>10.1*<br>15.7*</td></tr>
</table>
*Tipo 1 -Infraestructura consolidada<br>** Tipo 4 -Áreas con posibilidad de infraestructura adaptada a condiciones de inundación</td><td>Cauce permanente:<br><br>Erosión lateral fuerte, estrangulamiento de meandros y cuerpos mineros conectados al cauce; humedales El Tablazo, Zona E y Guadacanai con conectividad parcialmente alterada e incremento de carga sedimentaria.<br><br>Faja paralela:<br><br>Llenos, terraplenes y diques reducen capacidad de amortiguación de crecientes e interrumpen flujos hacia humedales; infraestructura dentro de la faja con riesgo de inundación.</td></tr>
<tr><th>CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES</th><th>Área aferente:</th></tr>
<tr><td>Procesos de expansión suburbana y aumento de vivienda campestre que han incrementado la presión inmobiliaria, la valorización del suelo y la transformación acelerada de los usos rurales tradicionales. Estas dinámicas, asociadas en gran medida a la migración de población proveniente del Valle de Aburrá hacia el Oriente Antioqueño, han favorecido procesos de gentrificación rural y ocupación progresiva de áreas cercanas a los cuerpos de agua.</td><td>Intervenciones antrópicas extensas alteran regulación hídrica de la planicie; susceptibilidad a movimientos en masa, surcos y cárcavas incrementan sedimentos y riesgo de inundación durante crecientes.</td></tr>
</table>

| TRAMO DE GESTIÓN N° 7 | |
|---|---|
|  | **Localización:** Municipio de Rionegro, con presencia de suelo rural y expansión. Vereda Chipre, áreas de expansión de Chipre y La María. |

| CARACTERÍSTICAS | |
|---|---|
| **Servicios ecosistémicos:**<br>• Regulación hídrica<br>• Control de la erosión<br>• Hábitat y conservación de la biodiversidad |  |
| **Actividades productivas:**<br>Es un tramo donde predomina la presión inmobiliaria, son suelos de expansión del municipio de Rionegro, con presencia de equipamientos deportivos, y una red vial consolidada. |  |
| **Geomorfología e hidrología:**<br>Tramo sinuoso con planicies extensas y humedal Chipre integrado al cauce permanente. Expansión urbana sobre áreas inundables mediante llenos reduce conectividad hidráulica con el humedal, incrementa caudales pico, impermeabiliza el suelo y disminuye tiempos de concentración. | |
| **Coberturas y usos del suelo:**<br>En este tramo predominan las zonas verdes urbanas, y las tierras degradadas y desnudas, estas últimas áreas, a la espera de ser desarrolladas por proyectos inmobiliarios. |  |

<table>
<tr><th colspan="2">TRAMO DE GESTIÓN N° 7</th></tr>
<tr><th>CARACTERÍSTICAS</th><th>ELEMENTOS CONSTITUYENTES</th></tr>
<tr><td>Conectividad ecológica:<br>No se observan elementos de conectividad o con alto potencial para ello, dado la alta transformación de las coberturas vegetales, sin embargo, áreas aledañas al río poseen potencial para consolidar un corredor en articulación con la estructura ecológica principal y el sistema de espacio público.</td><td rowspan="2"><br>Faja paralela:<br>Se tiene un predominio de Zonas verdes urbanas con un 79.2 % (162817.37 m$^2$) seguida de Tierras desnudas y degradadas con un 13.5% (27677.3 m$^2$)<br>Área aferente:<br>Predominio de zonas verdes urbanas con un 84.2% (385580.2 m$^2$) seguido de Tierras desnudas y degradadas con un 10.7 % (48997.9m$^2$)</td></tr>
<tr><td>ZONIFICACIÓN<br></td></tr>
<tr><th>Áreas y porcentajes</th><th>PROBLEMÁTICAS</th></tr>
<tr><td><table><tr><th></th><th colspan="4">ZONIFICACIÓN</th></tr><tr><th>Zona</th><th>Preservación</th><th>Restauración</th><th>Uso sostenible</th><th>Zonas de manejo especial</th></tr><tr><td>Área (m$^2$)</td><td>221129.4</td><td></td><td></td><td>442778.7*</td></tr><tr><td>%</td><td>33.3</td><td></td><td></td><td>66.7*</td></tr></table>*Tipo 2 -Planes parciales</td><td>Cauce permanente:<br>Erosión lateral fuerte, migración activa del cauce y cuerpos mineros conectados; humedales Madre Vieja y Chipre con conectividad parcialmente alterada y riesgo sobre zonas de expansión urbana en la planicie.<br>Faja paralela:<br>Expansión urbana sobre planicie inundable mediante llenos, diques y terraplenes reduce amortiguación hídrica e incrementa riesgo de inundación en áreas urbanizadas y en desarrollo.</td></tr>
<tr><th>CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES</th><th>Área aferente:</th></tr>
<tr><td>Evidencia una rápida transformación del paisaje y una pérdida progresiva de las características rurales tradicionales del territorio; dinámicas que han generado presión sobre áreas ambientalmente estratégicas, particularmente sobre los ecosistemas asociados al río, debido a la adecuación de terrenos y al cambio de uso del suelo por el incremento de procesos de urbanización e infraestructura vial</td><td>Intervenciones antrópicas extensas alteran dinámica hidráulica y conectividad de la planicie; expansión urbana en zonas inundables y desconexión de cuerpos de agua generan degradación hidrológica y pérdida de funcionalidad ecosistémica.</td></tr>
</table>

**TRAMO DE GESTIÓN N° 8**




**Localización:** Inicia sobre la margen izquierda del rio, por la zona de los humedales de Lotus, el Llanito y Madre Vieja, luego del Ancón toma ambas márgenes por el casco urbano, tiene influencia por el costado izquierdo de los Barrios, El Porvenir, Belchite y El Centro, por el costado Derecho de los barrios El Faro, Santa Ana y Cuatro Esquinas

**CARACTERÍSTICAS**

**Servicios ecosistémicos:**

- Regulación hídrica
- Control de la erosión
- Hábitat y conservación de la biodiversidad

**Actividades productivas:**

Es un tramo predominantemente urbano con áreas residenciales, comercio y servicios, en todo su recorrido.

**Geomorfología e hidrología:**

Tramo de transición a zona rectificada urbana de Rionegro con planicies altamente intervenidas por llenos, diques y canales. Rectificación parcial y ocupación de faja paralela desconectan humedales urbanos, reducen amortiguación y aumentan susceptibilidad a inundaciones.





**Coberturas y usos del suelo:**

Es un tramo donde predomina el tejido urbano continuo, y se observan algunas zonas verdes urbanas asociadas al espacio público, el sistema de movilidad y el sistema hidrográfico.



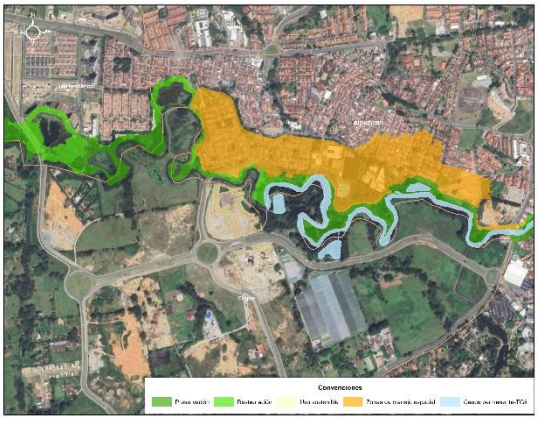
**TRAMO DE GESTIÓN N° 8**

**CARACTERÍSTICAS**

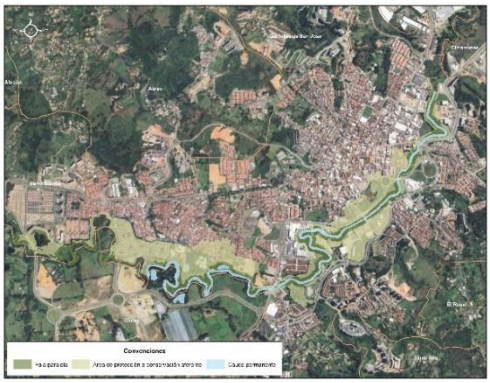
**Conectividad ecológica:**

Se observan áreas asociadas al río con alto potencial, para a través del manejo del paisaje urbano, garantizar una conectividad introduciendo especies nativas propias de la zona de vida, haciendo un recambio de aquellas especies introducidas.

**ZONIFICACIÓN**




**ELEMENTOS CONSTITUYENTES**




**Faja paralela:**

Predominio de zonas verdes urbanas asociada al río, con manejo silvicultural constante, con un área de 383621.85 $m^2$ correspondiente a un 75.9 %, seguido de tejido urbano continuo con 79438.8 equivalente a 15.7%.

**Área aferente:**

Predominan las coberturas terrestres asociadas al tejido urbano continuo con un 41.5 % (346271.4 $m^2$) seguid de zonas verdes urbanas con un 28.8 % (240435.7$m^2$)

**Áreas y porcentajes**

| | ZONIFICACIÓN | | | |
|---|---|---|---|---|
| Zona | Preservación | Restauración | Uso sostenible | Zonas de manejo especial |
| Área ($m^2$) | 585457.2 | 228483.8 | 22.3 | 411841.2* 115053.8** |
| % | 43.7 | 17.0 | 0.0 | 30.7* 8.6** |

*Tipo 1 -Infraestructura consolidada
**Tipo 2 -Planes parciales

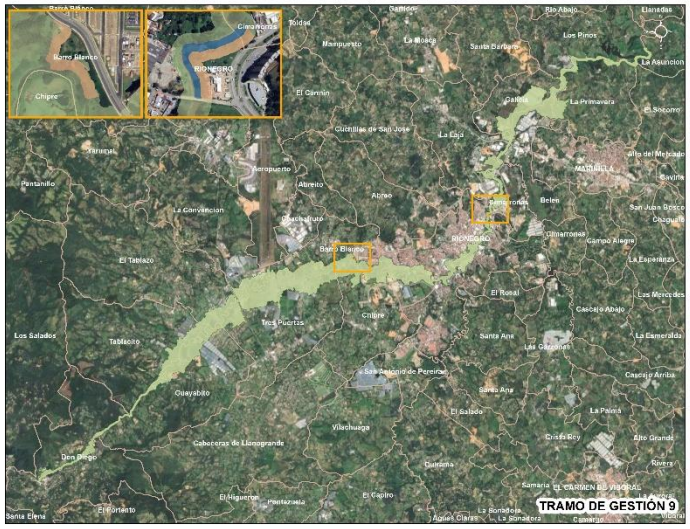
**PROBLEMÁTICAS**

**Cauce permanente:**

Erosión lateral fuerte, migración activa y cuerpos mineros conectados al cauce; rectificación urbana incrementa velocidad, reduce laminación y transfiere riesgo aguas abajo; humedales Lotus y El Llanito con conectividad parcialmente alterada.

| | |
|---|---|
| | **Faja paralela:**<br>Rectificación y ocupación urbana intensa de la faja reducen amortiguación de crecientes; susceptibilidad a movimientos en masa, socavación lateral y riesgo de obstrucción del drenaje pluvial urbano. |
| **CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES** | **Área aferente:** |
| Se evidencia una alta presión sobre el río y su entorno, derivada de la ocupación intensiva del suelo, la consolidación de infraestructura urbana y la reducción progresiva de áreas verdes y espacios naturales. Debido a que el tramo atraviesa la principal configuración urbanística del municipio, se presentan conflictos relacionados con la transformación acelerada del paisaje, la contaminación visual y el deterioro paisajístico del entorno ribereño | Intervenciones antrópicas y desconexión hidrológica degradan regulación hídrica de la planicie; impermeabilización urbana incrementa caudales pico, reduce tiempos de concentración y aumenta susceptibilidad a inundaciones. |

**TRAMO DE GESTIÓN N° 9**




**Localización:** Municipio de Rionegro, en áreas de expansión denominadas Barro Blanco y tranvía, respectivamente. Son dos pequeñas áreas: una antes de empezar el tramo 8 entre la vía y el humedal Lotus, y otro terminando el tramo 8 sobre la margen derecha del rio, sector Pinares Apartamentos

**CARACTERÍSTICAS**

**Servicios ecosistémicos:**

- Regulación hídrica
- • Control de la erosión
- • Hábitat y conservación de la biodiversidad

**Actividades productivas:**

Tramo rodeado de una fuerte presión urbanística con presencia de un sistema de movilidad de alta envergadura, con presencia de usos industriales, comerciales y residenciales.

**Geomorfología e hidrología:**

Sector inicial: plano de desborde angosto con cuerpo de agua conectado al cauce permanente y dique artificial que restringe la conectividad hidráulica. Sector final: planicie inundable confinada entre el cauce permanente y una terraza subreciente de 8-10 m de altura, con alteraciones en el drenaje superficial y redistribución de flujos hacia la planicie.





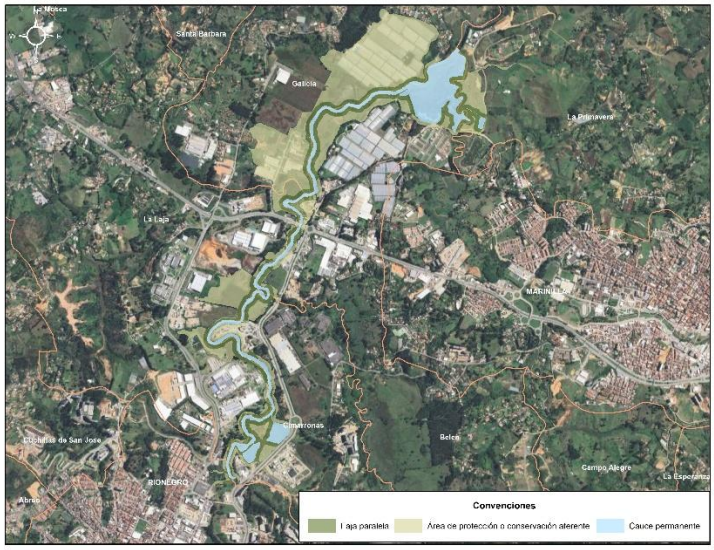
| | |
|---|---|
| **Coberturas y usos del suelo:**<br><br>Este tramo con predominio de zonas verdes urbanas y algunas de ellas asociadas al sistema de movilidad, como se expuso previamente con una fuerte presión urbanística |  |

**TRAMO DE GESTIÓN N° 9**

| CARACTERÍSTICAS | ELEMENTOS CONSTITUYENTES |
|---|---|
| **Conectividad ecológica:**<br><br>Teniendo en cuenta la presencia de una franja verde alrededor del río se tiene un buen potencial para generar elementos de conectividad en este tramo, garantizando una permeabilidad en la matriz del paisaje dada la alta presión sobre este. | <br><br><br>**Faja paralela:**<br><br>La cobertura predominante son las zonas verdes urbanas con 81.8% (18772.1 $m^2$) seguida de la cobertura ríos con 17.8 % (4088.6 $m^2$).<br><br>**Área aferente:**<br><br>La cobertura predominante son las zonas verdes urbanas con 85.4% (4758.0 $m^2$) seguida de la cobertura ríos con 11.9 % (660.3 $m^2$). |
| **ZONIFICACIÓN**<br><br><br> | |

<table>
<tr><th>Áreas y porcentajes</th><th>PROBLEMÁTICAS</th></tr>
<tr><td rowspan="4"><table>
<tr><td></td><td colspan="4">ZONIFICACIÓN</td></tr>
<tr><td>Zona</td><td>Preservación</td><td>Restauración</td><td>Uso sostenible</td><td>Zonas de manejo especial</td></tr>
<tr><td>Área (m$^2$)</td><td>22956.6</td><td>5571.8</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>%</td><td>80.5</td><td>19.5</td><td></td><td></td></tr>
</table></td><td>Cauce permanente:</td></tr>
<tr><td>Erosión lateral moderada a fuerte en Lotus y Pinares por dinámica meándrica activa; riesgo de inundación en áreas residenciales y potencial afectación de infraestructura urbana por migración del cauce.</td></tr>
<tr><td>Faja paralela:</td></tr>
<tr><td>Diques y explanaciones en Lotus alteran drenaje y conectividad hidráulica; Pinares sin problemáticas relevantes, aunque diques modifican distribución de flujos durante crecientes.</td></tr>
<tr><td>CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES</td><td>Área aferente:</td></tr>
<tr><td>Proyección de la consolidación de procesos de suburbanización y expansión residencial, principalmente mediante el desarrollo de parcelaciones y nuevas ocupaciones de baja densidad, situación que ha generado una transformación progresiva del paisaje rural y la pérdida de la vocación agrícola tradicional que históricamente caracterizaba este sector.</td><td>Explanaciones y llenos en Lotus alteran drenaje natural; susceptibilidad a movimientos en masa en Pinares incrementa inestabilidad e inundaciones en sectores urbanizados sobre terrazas fluviales.</td></tr>
</table>

**TRAMO DE GESTIÓN N° 10**




**Localización:** Municipio de Rionegro, entre las veredas al costado izquierdo La Laja y Galicia, en el costado derecho Cimarronas; en el municipio de Marinilla en el costado derecho con la vereda Belén y La Primavera. Es el tramo industrial desde Pinares Apartamentos, por ambas márgenes cruza la autopista y llega hasta el humedal RTVC.

**CARACTERÍSTICAS**

**Servicios ecosistémicos:**

- Regulación hídrica
- Control de la erosión
- Hábitat y conservación de la biodiversidad

**Actividades productivas:**

Es un tramo con una alta concentración de actividades industriales y con fuerte presión urbanística.

**Geomorfología e hidrología:**

Tramo sinuoso con planicies conservadas pero confinadas (máx. 200 m) y humedal RTVC en confluencia con Q. Marinilla como el de mayor extensión en la ronda. Llenos antrópicos aguas abajo de la autopista generan desconexión hidráulica, erosión lateral intensa y alta carga sedimentaria, incrementando riesgo de inundación en zona industrial adyacente.

**Coberturas y usos del suelo:**

El predominio de pastos limpios se debe a la presencia de estos en las zonas industriales y su







alrededor donde aún se observan usos pecuarios marginales.

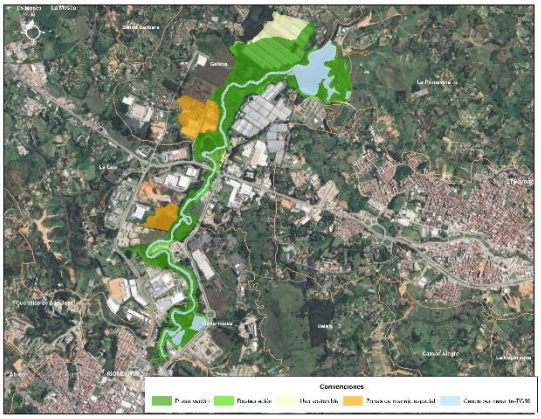
**TRAMO DE GESTIÓN N° 10**

**CARACTERÍSTICAS**

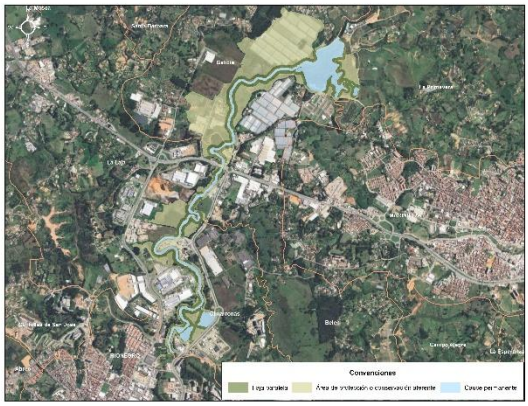
**Conectividad ecológica:**

Si bien hay una fuerte consolidación industrial se ha respetado de alguna manera zonas verdes asociadas al río que facilitan la consolidación de elementos de conectividad ecológica.

**ZONIFICACIÓN**




**ELEMENTOS CONSTITUYENTES**




**Faja paralela:**

Predominio de las zonas verdes urbanas con 51.6% (467631 $m^2$) seguido de los Pastos limpios 21.0% (190510.1 $m^2$).

**Área aferente:**

Predominan las zonas verdes urbanas con 20.2% (383119.3 $m^2$) seguido de pastos limpios con un 19.2% (363384.3 $m^2$).

**Áreas y porcentajes**

| | ZONIFICACIÓN | | | |
|---|---|---|---|---|
| Zona | Preservación | Restauración | Uso sostenible | Zonas de manejo especial |
| Área ($m^2$) | 2023085.6 | 104081.2 | 102701.1 | 151298.6*<br>5464.4**<br>118717.4*** |
| % | 80.8 | 4.2 | 4.1 | 6.0*<br>0.2**<br>4.7*** |

*Tipo 1 -Infraestructura consolidada
**Tipo 2 -Planes parciales
***Tipo 3 -Áreas con concepto o actuación previa de Cornare

**PROBLEMÁTICAS**

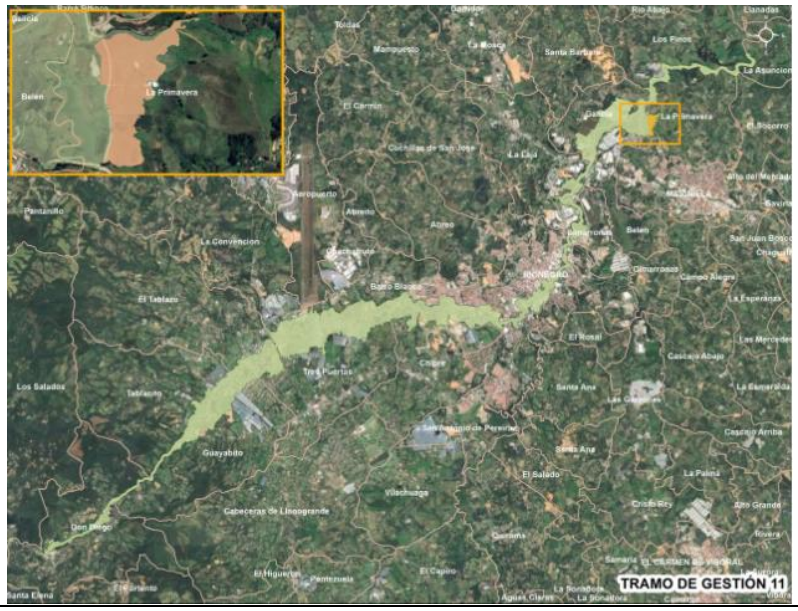
**Cauce permanente:**

Erosión lateral fuerte, cuerpos mineros conectados y estrangulamiento avanzado de meandro en confluencia con Q. Cimarrona; humedal RTVC con dinámica alterada e incremento de turbulencia, socavación y carga sedimentaria.

**Faja paralela:**

Llenos, diques y cuerpos artificiales desconectan humedal RTVC y reducen amortiguación de crecientes; surcos y cárcavas aportan sedimentos finos e incrementan susceptibilidad a inundaciones en zona industrial.

| CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES | Área aferente: |
|---|---|
| Predominan características rurales, el territorio representa un sector estratégico dentro de las dinámicas de desarrollo industrial, comercial y logístico de los municipios de Rionegro y Marinilla, situación que ha generado importantes transformaciones sobre el paisaje y las dinámicas tradicionales del territorio. Intervenciones sobre áreas rurales ambientalmente sensibles. | Mismas intervenciones antrópicas de la faja paralela alteran balance hídrico del humedal RTVC, reducen capacidad de regulación hídrica e incrementan riesgo de inundación industrial por desconexión hidrológica y aporte sedimentario. |

| TRAMO DE GESTIÓN N° 11 | |
|---|---|
|  | **Localización:** Municipio de Marinilla en la vereda la Primavera. Es la margen derecha del rio corresponde al plan parcial de Riojana en la cubeta de desborde del humedal RTVC. |

| CARACTERÍSTICAS | |
|---|---|
| **Servicios ecosistémicos:** |  |
| • Regulación hídrica<br>• Control de la erosión<br>• Hábitat y conservación de la biodiversidad | |
| **Actividades productivas:** |  |
| Áreas en pastos limpios asociados a áreas de expansión con proyección de desarrollos urbanísticos. | |
| **Geomorfología e hidrología:** |  |
| Sector correspondiente al plano de desborde del humedal RTVC, limitado por las quebradas La Cristalina y La Bolsa. Vías terciarias, llenos y terraplenes reducen conectividad hidráulica y alteran intercambio natural de flujos, incrementando riesgo de inundación sobre el humedal e infraestructura agrícola. | |
| **Coberturas y usos del suelo:** | |
| El predominio de pastos limpios no es el resultado de un uso pecuario, sino de áreas a la espera de la expansión y el desarrollo urbanístico. | |

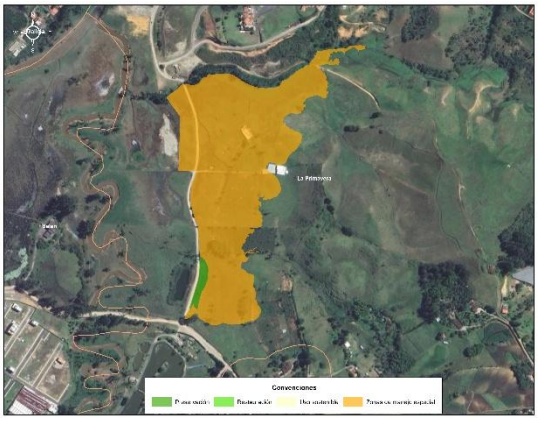
**TRAMO DE GESTIÓN N° 11**

**CARACTERÍSTICAS**

**Conectividad ecológica:**

Son áreas con alto potencial para consolidar elementos de conectividad ecológica, dado que, desde los diseños urbanísticos se pueden adoptar los criterios definidos en la Ronda.

**ZONIFICACIÓN**




**ELEMENTOS CONSTITUYENTES**




**Faja paralela:**

Predominan los pastos limpios con un 89.0% (2483.8 $m^2$) seguido de red vial, ferroviaria y terrenos asociados 11.0% (305.8 $m^2$)

**Área aferente:**

Predominio de los pastos 84.2 % (139421.0 $m^2$) seguida de cuerpos artificiales de agua 8.8% (14616.6 $m^2$)

**Áreas y porcentajes**

| | ZONIFICACIÓN | | | |
|---|---|---|---|---|
| Zona | Preservación | Restauración | Uso sostenible | Zonas de manejo especial |
| Área ($m^2$) | 2790.8 | | | 165710.7* |
| % | 1.7 | | | 98.3* |

*Tipo 2 -Planes parciales

**PROBLEMÁTICAS**

**Cauce permanente:**

No aplica

**Faja paralela:**

Vía terciaria interrumpe conectividad hidráulica del humedal RTVC; posible realce vial agravaría encharcamientos e inundaciones en humedal e invernaderos de margen izquierda.

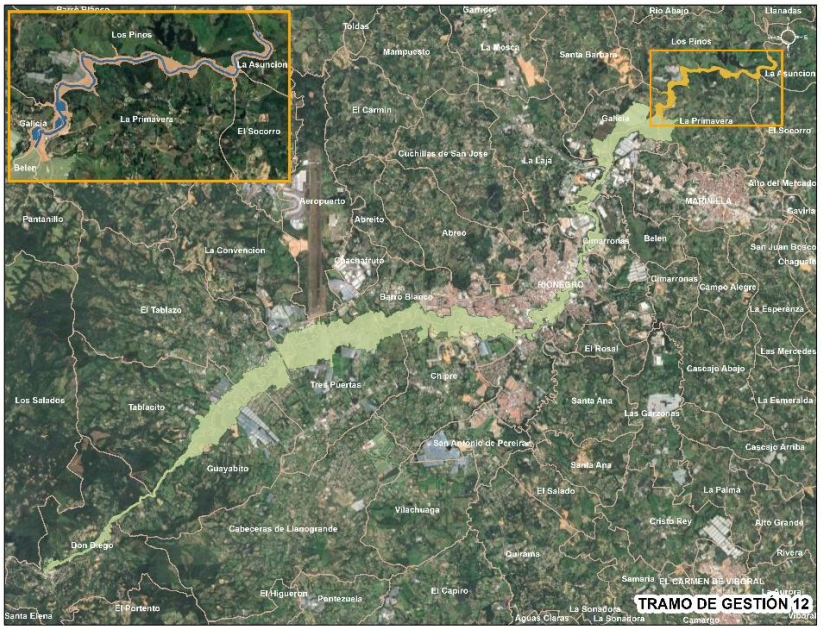
**CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES**

Se evidencian dinámicas aceleradas de expansión urbana y transformación antrópica que han generado una pérdida progresiva de las características rurales tradicionales del sector y una modificación significativa del paisaje asociado al río.

**Área aferente:**

Misma problemática de faja paralela: vía terciaria restringe intercambio hídrico con la planicie; riesgo de pérdida progresiva de conectividad e incremento de inundaciones ante eventual realce vial.

**TRAMO DE GESTIÓN N° 12**




**Localización:** Tramo en suelo rural de los municipios de Rionegro al costado izquierdo con influencia de las veredas Galicia y Los Pinos, y Marinilla al costado derecho con las veredas La Primavera, El Socorro y La Asunción, inicia a partir de RTVC por ambas márgenes (veredas el cerro, la quiebra, primavera y asunción). Incluye humedal de Galicia

**CARACTERÍSTICAS**

**Servicios ecosistémicos:**

- Regulación hídrica
- Control de la erosión
- Hábitat y conservación de la biodiversidad

**Actividades productivas:**

Este Tramo predominantemente agropecuario, una alta presencia de cultivos de flores y hortalizas tanto a cielo abierto como en estructuras confinadas.

**Geomorfología e hidrología:**

Tramo sinuoso con planicies conservadas de hasta 150 m y humedal Galicia conectado al cauce. Alto aporte sedimentario por erosión lateral, escorrentía en pastos y cárcavas en colinas adyacentes. Desconexión parcial del humedal y sedimentación progresiva incrementan susceptibilidad a inundaciones.





**Coberturas y usos del suelo:**

De allí el predominio de mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios, se observan procesos de producción tecnificada.



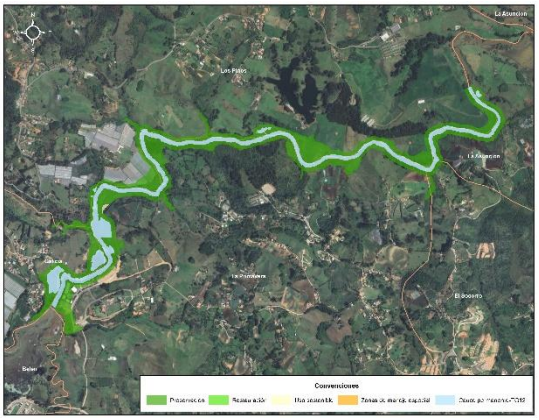
**TRAMO DE GESTIÓN N° 12**

**CARACTERÍSTICAS**

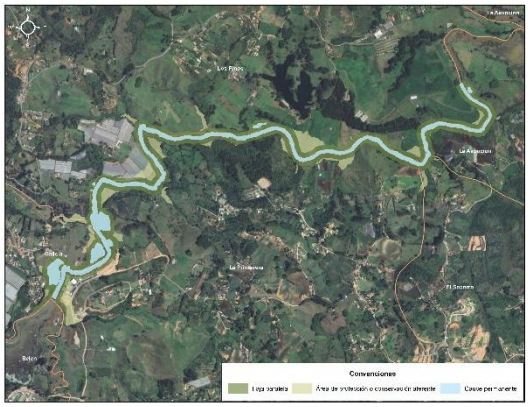
**Conectividad ecológica:**

En este tramo se refleja lo que ya se ha evidenciado en tramos previos, no hay un respeto por la cobertura vegetal natural asociada a las fuentes hídricas, sin embargo, dada la permeabilidad existente actualmente hay un alto potencial para recuperar la conectividad ecológica con arreglos florísticos típicos de la zona de vida.

**ZONIFICACIÓN**




**ELEMENTOS CONSTITUYENTES**




**Faja paralela:**

Predominan los Pastos limpios 64.3% (477581 $m^2$) seguidos de Mosaico de pastos y cultivos 8.9% (66227.57 $m^2$).

**Área aferente:**

Con predominio de las coberturas de Pastos limpios 64.3% (158526.3 $m^2$) seguidos de Bosque de galería y ripario con 6.5% (16141.5 $m^2$).

**Áreas y porcentajes**

| | ZONIFICACIÓN | | | |
|---|---|---|---|---|
| Zona | Preservación | Restauración | Uso sostenible | Zonas de manejo especial |
| Área ($m^2$) | 990341.0 | | | |
| % | 100 | | | |

**PROBLEMÁTICAS**

**Cauce permanente:**

Erosión lateral fuerte, migración activa y cuerpos mineros conectados al cauce; humedal Galicia con conectividad parcialmente alterada y alta carga sedimentaria por sinuosidad intensa.

| | |
|---|---|
| | **Faja paralela:** |
| | Modificaciones antrópicas puntuales (cuerpos artificiales y diques); aporte significativo de sedimentos por escorrentía en coberturas de pastos reduce sección hidráulica efectiva. |
| **CARÁCTERÍSTICAS SOCIALES** | **Área aferente:** |
| Se evidencian conflictos asociados a la presión ejercida sobre áreas de conservación, nacimientos de agua y ecosistemas estratégicos vinculados al río y derivados principalmente de actividades agropecuarias y de la expansión de floricultivos localizados en sectores cercanos al cauce permanente. | Llenos, terraplenes y vías alteran drenaje natural; movimientos en masa, surcos y cárcavas incrementan escorrentía y sedimentos, reduciendo capacidad hidráulica y aumentando riesgo de desbordamiento. |

## 10. REFERENCIAS

Acuerdo N.º 012 de 2024. (2024). Por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo Municipal de El Retiro 2024–2027 "El Retiro Somos Todos". Concejo Municipal de El Retiro.

Acuerdo N.º 04 de 2024. (2024). Por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo Municipal de Marinilla 2024–2027 "La Fuerza de la Gente". Concejo Municipal de Marinilla.

Alcaldía de Marinilla. Plan de desarrollo 2024 –2027 https://marinilla.gov.co

Alcaldía de Medellín, 2013. Convenio de asociación para desarrollar una propuesta de gestión integral de biodiversidad y servicios ecosistémicos en el municipio de Medellín.

Alcaldía de Medellín, 2013. Política para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE).

Alcaldía de Medellín, 2024. Plan Distrital de Silvicultura Urbana 2025-2036

Alcaldía de Rionegro. Análisis de situación de salud participativo. https://rionegro.gov.co

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015. Guía para el manejo del arbolado urbano en el valle de Aburrá.

Barragán-León, A. (2019). Cartografía social: lenguaje creativo para la investigación cualitativa. Sociedad y Economía, (36). Universidad del Valle. https://www.redalyc.org/journal/996/99660272008/html/

Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño. (2024). Claves de futuro y orientaciones estratégicas del Oriente Antioqueño.

Carvajal, Iván. Participación social en el contexto caribeño. Universidad de la Américas Ecuador.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (s.f.). Daño y pérdida de biodiversidad. https://www.cepal.org/es/temas/biodiversidad-desarrollo-sostenible/dano-perdida-biodiversidad

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD). (2015). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Municipio de El Retiro, Antioquia.

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD). (2017). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Municipio de Marinilla, Antioquia.

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD). (2023). Actualización del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Municipio de El Retiro, Antioquia.

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD). (2025). Actualización del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Municipio de Rionegro, Antioquia.

Consorcio POMCAS Oriente Antioqueño. (2017). Plan de ordenación de la cuenca del río Negro. Medellín, Colombia.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (2025). CITES species checklist. https://checklist.cites.org

CORNARE. (2016). Resolución 112-5304 de 2016, por medio de la cual se adopta el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) y los objetivos de calidad de las fuentes receptoras de vertimientos en los 26 municipios de la jurisdicción de CORNARE para el periodo 2016–2026.

CORNARE. (2025). Documento técnico: Acotamiento de la ronda hídrica – Tramo quebrada La Cimarrona, municipios de El Carmen de Viboral, Marinilla y Rionegro.

Corpoeducación. (2024). Cómo hacer un ejercicio de cartografía social en el ámbito educativo. https://corpoeducacion.org.co/2024/04/16/como-hacer-un-ejercicio-de-cartografia-social-en-el-ambito-educativo/

Cumple 50 años El Porvenir. https://diarioriente.com/altiplano/el-porvenir.html

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2024a). Ficha de caracterización territorial: El Retiro. Terridata. https://terridata.blob.core.windows.net/fichas/Ficha_05607.pdf

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2024b). Ficha de caracterización territorial: Marinilla. Terridata. https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/05440

Diario Oriente. (2017). El Oriente antioqueño pasó de 500 a más de 3.100 viviendas nuevas: ¿desarrollo insostenible?

Dirección Local de Salud. (2024). Análisis participativo de la situación de salud del municipio de El Retiro. Municipio de El Retiro, Antioquia.

El Barrio Las Playas de Rionegro. https://colombiamaspositiva.com/sin-categoria/el-barrio-las-playas-de-Rionegro.

El Porvenir el barrio que transformó a Rionegro. https://www.laprensaoriente.info/actualidad/el-porvenir-el-barrio-que-transformo-a-Rionegro/

Gobernación de Antioquia. (s.f.). Oriente antioqueño. https://antioquia.gov.co/oriente

Gutiérrez, A, Arango, C. (2023). Problemáticas en el desarrollo territorial del oriente antioqueño en 2019. Revista En –Contexto. 2 de mayo de 2023.

Holdridge, L. R. (1987). Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.

iNaturalist. (2025). iNaturalist Research-grade observations. https://www.inaturalist.org

Inundaciones. Movimiento Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. https://www.ifrc.org/es/nuestro-trabajo/desastres-clima-y-crisis/que-es-desastre/inundaciones

La Prensa Oriente. (2025). Transformaciones sociales y económicas en Rionegro y el Altiplano del Oriente.

MASBOSQUES. Conservar lo invisible: aprendizajes para proteger la naturaleza hoy.

MASBOSQUES. La Ecoesperanza es un Camino. Ser parte del ecosistema: un camino para el cuidado. Sin fecha.

MASBOSQUES. Una mirada ecosistémica para la gestión del riesgo y la prevención de inundaciones en temporada de lluvias.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012. Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE).

Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2018). Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia. Bogotá, Colombia: MADS.

Missouri Botanical Garden. (2025). Tropicos.org. https://tropicos.org

Municipio de Marinilla, Secretaría de Agricultura y Ambiente. (2022a). Plan de gestión ambiental municipal 2023–2034. Municipio de Marinilla, Antioquia.

Municipio de Marinilla. (2022b). Plan de educación ambiental municipal 2023–2033. Secretaría de Agricultura y Ambiente; Hábitat Total S.A.S.

Naciones Unidas. (s.f.). Cambio climático y biodiversidad. https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/biodiversity

Oficina para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2025). Plan Comunitario de Gestión del Riesgo de Desastres, barrio Las Playas. Rionegro, Antioquia.

ONU Hábitat. Sequías, tormentas e inundaciones: el agua y el cambio climático dominan la lista de desastres. Disponible en https://onu-habitat.org/index.php/sequias-tormentas-e-inundaciones-el-agua-y-el-cambio-climatico-dominan-la-lista-de-desastres

Pineda et al. Recortes espaciales que configuran el Oriente antioqueño: de la región a la superposición de territorialidades. Revista Territorios. Núm. 45, pp. 1-22, 202. Universidad El Rosario

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. (2021). Delimitación de la ronda hídrica de la quebrada La Mosca.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. (2021). Delimitación de la ronda hídrica de la quebrada La Pereira.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. (2022). Delimitación de la ronda hídrica de la quebrada La Agudelo.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. (2022). Delimitación de la ronda hídrica del río Pantanillo.

Ramírez, C. (2026, febrero 18). Entrevista semiestructurada a líder vereda Galicia. Comunicación personal.

Restrepo, A. (2026, marzo 26). Entrevista semiestructurada a propietario de granja avícola La Alborada. Comunicación personal.

Roca- Serval, et al. Resistencias hidrosociales y subjetividad ambiental: la defensa del agua en San Luis, Oriente de Antioquia1Ágora U.S.B. vol.25 no.2 Medellín jul./dic. 2025 Pub 01-Mar-2025

Secretaría de Medio Ambiente de Medellín. Manual de silvicultura urbana para Medellín–Gestión, Planeación y manejo de la infraestructura verde. Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín. Medellín, 2015. 395 páginas.

Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB Colombia). (2025). Registros de biodiversidad para los municipios de Rionegro y Marinilla, Antioquia. https://www.sibcolombia.net

Traslaviña Rodríguez. (2015). Transformaciones del uso del suelo y dinámicas de ocupación en el Oriente antioqueño.

Urbam EAFIT. (s.f.). Estudios territoriales del Valle de San Nicolás y Oriente antioqueño. Universidad EAFIT.

Usos del suelo. https://www.medellin.gov.co/giscatalogacion/srv/api/records/45fe3f84-ce3e-4325-860f-c60435b65e

Villarreal H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M., Umaña A. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 2ª edición. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 236 p. ISBN 8151-32-5.

# 11. ANEXOS

## 11.1 Anexos componente hidrológico

Anexo hidrológico 1. Parámetros modelo hidrológico.

Anexo hidrológico 2. Modelo hidrológico.

Anexo hidrológico 3. Modelo hidráulico.

Anexo hidrológico 4. Profundidades simuladas.

## 11.2 Anexos componente social

Anexo social 1. Hallazgos cartografía social.

Anexo social 2. Base de datos actores ronda hídrica río Negro.

Anexo social 3. Base de datos georreferenciada usos del suelo – social.

Anexo social 4. Fichas recopilación de antecedentes por municipios.

Anexo social 5. Listados participación recorridos territoriales.

Anexo social 6. Encuesta inundaciones comunidad río Negro.

Anexo social 7. Entrevistas semi-estructuradas.

Anexo social 8. Organización y análisis entrevistas.

Anexo social 9. Guía Cartografía Social.

Anexo social 10. Ejercicio comunitario conflictos socio ambientales.

Anexo social 11. Listados de participación Socialización 1 y 2 – Ronda hídrica río Negro.

Anexo social 12. Evidencias proceso de convocatoria socialización.

## 11.3 Anexos cartográficos

Anexo cartográfico 1. Geodatabase delimitación ronda hídrica río Negro.

Anexo cartográfico 2. Mapas.

Anexo cartográfico 3. Layer zonificación ambiental.

Anexo cartográfico 4. Shapefile medidas de manejo.