IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE ACOTAMIENTO DE LA RONDA HÍDRICA COMO MEDIDA DE PREVENCIÓN DE RIESGO DESASTRES, EN LAS ZONAS ALEDAÑAS A LAS FUENTES HÍDRICAS PRIORIZADAS EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, DEPARTAMENTO DE RISARALDA

CONVENIO 492 DE 2020

INFORME FINAL

Entidad Interesada:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA - CARDER
Entidad Ejecutora:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Director del Proyecto:
JAIME IGNACIO VÉLEZ UPEGUI

Medellín, 30 de noviembre de 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 29
1. LOCALIZACIÓN TRAMOS PRIORIZADOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LA RONDA HÍDRICA 32
1.1 QUEBRADA HATO VIEJO 33
1.2 QUEBRADA GRANDE 33
1.3 QUEBRADA LA LETICIA (CAIMALITO) 33
1.4 QUEBRADA EL CAUCHO (CUENCA BAJA Y ALTA) 34
1.5 QUEBRADA EL PIÑAL (CUENCA ALTA) 34
1.6 QUEBRADA CAUQUILLO 35
1.7 RÍO CESTILLAL 35
1.8 RÍO CONSOTÁ 36
1.9 QUEBRADA TINAJAS (CUENCA BAJA) 37
1.10 QUEBRADA LA DULCERA 37
1.11 QUEBRADA EL OSO 38
1.12 QUEBRADA EL CHOCHO 38
1.13 QUEBRADA EL PÚLPITO 39
1.14 QUEBRADA LA VÍBORA 39
1.15 RÍO OTÚN 40
2. MARCO METODOLÓGICO 41
2.1 FASE 0. ACCIONES PREVIAS 43
2.2 FASE 1. DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE O DE LA LÍNEA DE MAREAS MÁXIMAS 43
2.2.1 Criterios hidrológicos e hidráulicos 44
2.2.2 Criterios geomorfológicos 47
2.2.3 Definición cauce permanente 48
2.3 FASE 2. DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO Y DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LA RONDA HÍDRICA 48
2.3.1 Definición del límite físico de la ronda hídrica 48
2.3.2 Directrices para el manejo ambiental de las rondas hídricas 54
3. LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN DE DETALLE 62

3.1 EQUIPOS UTILIZADOS 62
3.2 PROCEDIMIENTOS DE VUELOS 64
3.2.1 Planificación 64
3.2.2 Evaluación de las fotografías aéreas 66
3.3 EVALUACIÓN DE LOS DATOS LIDAR 67
3.4 PROCESAMIENTO DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y LOS DATOS LiDAR 68
3.4.1 Aerotriangulación y corrección ortogonal 68
3.5 PROCESAMIENTO DE DATOS LiDAR 70
3.6 PRODUCTOS OBTENIDOS 71
3.6.1 Ortofotografía 71
3.6.2 Modelo Digital de Terreno (DTM) 72
3.6.3 Curvas de nivel 72
3.6.4 Restitución cartográfica (Geodatabase) 74
4. DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE 75
4.1 DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE A PARTIR DE CRITERIOS GEOMORFOLOGICOS 75
4.1.1 Unidad 1 76
4.1.2 Unidad 2 78
4.1.3 Unidad 3 81
4.1.4 Unidad 4 83
4.1.5 Unidad 5 86
4.1.6 Unidad 6 88
4.2 DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE A PARTIR DE CRITERIOS HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS 88
4.2.1 Modelación hidráulica 89
4.2.2 Definición hidrológica del cauce permanente (banca llena) 118
4.3 Definición cauce permanente 122
5. DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA 123
5.1 DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO 123
5.1.1 Contexto geológico y geomorfológico para la identificación y clasificación de las geoformas asociadas a la ronda hídrica a escala 1:25.000 123
5.1.2 Identificación y clasificación de las geoformas en los tramos priorizados a escala de detalle 1:1.000 125
5.1.3 Delimitación del componente geomorfológico 139

5.2 DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO 151
5.2.1 Revisión y análisis de información hidrometeorológica..... 153
5.2.2 Caracterización microcuencas 173
5.2.3 Modelación hidrológica..... 181
5.2.4 Modelación hidráulica TR 15 y 100 años..... 215
5.2.5 Delimitación del componente hidrológico 254
5.3 DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE ECOSISTÉMICO 269
5.3.1 Cálculo de parámetros 270
5.3.2 Delimitación Componente Ecosistémico por tramo 294
5.4 DELIMITACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA 325
6. DIRECTRICES PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LAS RONDAS HÍDRICAS ... 335
6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA RONDA HÍDRICA..... 335
6.2 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES 344
6.2.1 Objetivos..... 345
6.2.2 Referente conceptual y metodológico 345
6.2.3 Ruta metodológica para la caracterización de actores 347
6.2.4 Caracterización de actores sociales..... 350
6.2.5 Estrategia de participación 356
6.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS..... 359
6.3.1 Quebrada Hato Viejo..... 361
6.3.2 Quebrada Grande 364
6.3.3 Quebrada La Leticia (Caimalito)..... 368
6.3.4 Quebrada El Caucho (parte alta y baja) 374
6.3.5 Quebrada El Piñal (cuenca alta)..... 378
6.3.6 Quebrada Cauquillo 381
6.3.7 Río Cestillal (cuenca media)..... 384
6.3.8 Río Consotá..... 388
6.3.9 Quebrada Tinajas..... 394
6.3.10 Quebrada La Dulcera..... 398
6.3.11 Quebrada El Oso 402
6.3.12 Quebrada El Chocho..... 406
6.3.13 Quebrada El Púlpito 410

6.3.14 Quebrada La Víbora 412
6.3.15 Río Otún 415
6.4 ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LAS RONDAS HÍDRICAS 418
6.4.1 Zonas Homogéneas 418
6.4.2 Estrategias de Manejo Ambiental 429
6.5 PUNTOS CRÍTICOS POR INUNDACIÓN 477
7. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN 486
7.1 INDICADORES 486
7.2 RESULTADOS INDICADORES DE ESTADO 488
7.2.1 Quebrada Hato Viejo 488
7.2.2 Quebrada Grande 490
7.2.3 Quebrada La Leticia (Caimalito) 491
7.2.4 Quebrada El Caucho (parte alta y baja) 493
7.2.5 Quebrada El Piñal (cuenca alta) 495
7.2.6 Quebrada Cauquillo 496
7.2.7 Río Cestillal (cuenca media) 498
7.2.8 Río Consotá parte alta 500
7.2.9 Río Consotá parte baja 501
7.2.10 Quebrada Tinajas 503
7.2.11 Quebrada La Dulcera 505
7.2.12 Quebrada El Oso 506
7.2.13 Quebrada El Chocho 508
7.2.14 Quebrada El Púlpito 510
7.2.15 Quebrada La Víbora 511
7.2.16 Río Otún 513
BIBLIOGRAFÍA 515

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Periodos de retorno para la definición de la mancha de inundación asociada a la componente hidrológica 51
Tabla 2. Tipos, definición y servicios ecosistémicos..... 56
Tabla 3. Descripciones y cantidades de equipos utilizados en el Proyecto 63
Tabla 4. Cantidad de puntos según el tipo de retorno. 68
Tabla 5. Clasificación de los tramos priorizados de acuerdo a las características de su cauce permanente. 75
Tabla 6. Listado de estaciones con registros de precipitación cercanas a los tramos de estudio. 155
Tabla 7. Listado de estaciones con registros de temperatura cercanas a los tramos de estudio. 159
Tabla 8. Estaciones del IDEAM seleccionadas para la zona de estudio..... 161
Tabla 9. Rango de fechas en las que se divide cada serie de precipitación. 164
Tabla 10. Resultados de la prueba de Mann-Kendall 164
Tabla 11. Resultados de la prueba de Mann-Whitney 165
Tabla 12. Resultados prueba de Smirnoff-Kolmogorov 165
Tabla 13. Resultados prueba Z 166
Tabla 14. Resultados prueba T 166
Tabla 15. Resultados prueba F 166
Tabla 16. Resultados prueba Ansari -Bradley 167
Tabla 17. Estaciones con medición de caudales y nivel del IDEAM para el río Otún. 168
Tabla 18. Resultados pruebas de tendencia e igualdad en la distribución. 172
Tabla 19. Resultados pruebas de igualdad en la media. 172
Tabla 20. Resultados pruebas de igualdad en la varianza..... 172
Tabla 21. Parámetros morfométricos de las cuencas asociadas a los tramos de estudio. 175
Tabla 22. Tiempos de concentración de Kirpich. 182
Tabla 23. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada Hato Viejo. 185
Tabla 24. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada Grande. 187
Tabla 25. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada La Leticia (Caimalito). 189

Tabla 26. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada El Caucho (cuenca baja)..... 191

Tabla 27. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada El Caucho (cuenca alta)..... 193

Tabla 28. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada El Piñal. 195

Tabla 29. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés para la quebrada Cauquillo..... 197

Tabla 30. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés para el río Cestillal. 199

Tabla 31. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para la quebrada Tinajas cuenca baja..... 204

Tabla 32. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para el río Consotá, cuenca media alta..... 205

Tabla 33. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para la quebrada La Dulcera 207

Tabla 34. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés de la quebrada El Oso..... 208

Tabla 35. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para la quebrada El Púlpito 212

Tabla 36. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de la quebrada La Víbora. 213

Tabla 37. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés para el río Otún. 215

Tabla 38. Cobertura de la tierra y valor de la rugosidad 218

Tabla 39. Fuentes de información y procesamiento para modelación de la zona de vida de Holdridge (1987). 271

Tabla 40. Especies por zona de vida..... 281

Tabla 41. Distribución de especies las zonas de vida bh-T 285

Tabla 42. Distribución de especies las zonas de vida bh-PM y bmh-PM 286

Tabla 43. Unidades geomorfológicas por Subcuenca..... 289

Tabla 44. Valores de N..... 293

Tabla 45. Parámetros quebrada Hato Viejo..... 295

Tabla 46. Parámetros quebrada Grande 297

Tabla 47. Parámetros quebrada La Leticia..... 299

Tabla 48. Parámetros quebrada El Caucho 301
Tabla 49. Parámetros quebrada El Piñal 303
Tabla 50. Parámetros quebrada Cauquillo 305
Tabla 51. Parámetros río Cestillal 307
Tabla 52. Parámetros río Consotá 309
Tabla 53. Parámetros quebrada Tinajas 311
Tabla 54. Parámetros quebrada La Dulcera 313
Tabla 55. Parámetros quebrada El Oso 315
Tabla 56. Parámetros quebrada El Chocho 316
Tabla 57. Parámetros quebrada El Púlpito 319
Tabla 58. Parámetros quebrada La Víbora 321
Tabla 59. Parámetros río Otún 323
Tabla 60. Anchos promedios de los medios, máximos y mínimos de la ronda hídrica de los tramos priorizados 325
Tabla 61. Anchos medios, máximos y mínimos de los elementos que constituyen la ronda hídrica de los tramos priorizados 335
Tabla 62. Matriz de valoración de actores sociales 354
Tabla 63. Actores sociales priorizados para la participación 356
Tabla 64. Núcleos de participación taller historia ambiental y servicios ecosistémicos 358
Tabla 65. Núcleos de participación taller historia ambiental y servicios ecosistémicos 358
Tabla 66. Servicios ecosistémicos identificados en la quebrada Hato Viejo 363
Tabla 67. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada Grande 367
Tabla 68. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada La Leticia 372
Tabla 69. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada El Caucho (parte alta y baja) 376
Tabla 70. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Piñal (cuenca alta) 380
Tabla 71. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada Cauquillo 383
Tabla 72. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado del río Cestillal (cuenca media) 386

Tabla 73. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado del río Consotá 390

Tabla 74. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada Tinajas 396

Tabla 75. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada La Dulcera 401

Tabla 76. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada El Oso 404

Tabla 77. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Chocho 408

Tabla 78. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Púlpito 411

Tabla 79. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada Víbora 414

Tabla 80. Servicios ecosistémicos identificados tramo priorizado del río Otún 417

Tabla 81. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Hato Viejo según la clase de suelo definida en el POT de Pereira 2016..... 446

Tabla 82. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Grande según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016 447

Tabla 83. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada La Leticia según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016..... 449

Tabla 84. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada El Caucho según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016..... 452

Tabla 85. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada El Piñal (cuenca alta) según la clase de suelo definida en el POT de Pereira 2016 454

Tabla 86. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Cauquillo según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016..... 455

Tabla 87. Estrategia de manejo ambiental y medidas para el río Cestillal (cuenca alta) según la clase de suelo definida en el POT de Pereira 2016 457

Tabla 88. Estrategia de manejo ambiental y medidas para el río Consotá según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016..... 458

Tabla 89. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Tinajas según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016 462

Tabla 90. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Dulcera según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016 465

Tabla 91. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada El Oso según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016 468

Tabla 92. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada El Chocho según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016..... 471

Tabla 93. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Púlpito y La Víbora según la clase de suelo definida en el POT de Pereira 2016..... 473

Tabla 94. Estrategia de manejo ambiental y medidas para el río Otún según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016..... 474

Tabla 95. Puntos críticos de inundación identificados en la zona urbana. 477

Tabla 96. Indicadores de estado para el seguimiento y evaluación del impacto de la implementación de las medidas de manejo ambiental propuestas para las rondas hídricas. 486

Tabla 97. Indicadores para el tramo de la quebrada Hato Viejo 488

Tabla 98. Indicadores para el tramo de la quebrada Grande..... 490

Tabla 99. Indicadores para el tramo de la quebrada La Leticia..... 491

Tabla 100. Indicadores para el tramo de la quebrada El Caucho 493

Tabla 101. Indicadores para el tramo de la quebrada El Piñal..... 495

Tabla 102. Indicadores para el tramo de la quebrada Cauquillo..... 496

Tabla 103. Indicadores para el tramo del río Cestillal..... 498

Tabla 104. Indicadores para el tramo del río Consotá parte alta..... 500

Tabla 105. Indicadores para el tramo del río Consotá parte baja..... 502

Tabla 106. Indicadores para el tramo de la quebrada Tinajas 503

Tabla 107. Indicadores para el tramo de la quebrada La Dulcera..... 505

Tabla 108. Indicadores para el tramo de la quebrada El Oso..... 506

Tabla 109. Indicadores para el tramo de la quebrada El Chocho 508

Tabla 110. Indicadores para el tramo de la quebrada El Púlpito..... 510

Tabla 111. Indicadores para el tramo de la quebrada La Víbora 511

Tabla 112. Indicadores para el tramo del río Otún..... 513

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general de los tramos priorizados..... 32

Figura 2. Componentes físico-bióticas mínimas a ser consideradas para definir el límite físico de las rondas hídricas desde su funcionalidad..... 42

Figura 3. Fases y actividades para el acotamiento de la ronda hídrica y el establecimiento de las estrategias para su manejo ambiental..... 42

Figura 4. Ubicación madre vieja del río Consotá en la zona baja donde se utiliza el criterio de banca llena para definir el cauce permanente actual. 47

Figura 5. Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual al componente hidrológico (< 30 metros) y el resto es hasta el límite de la envolvente de los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico). 55

Figura 6. Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual al componente hidrológico (< 30 metros) y el resto es hasta el límite de la envolvente de los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico). 55

Figura 7. Ruta metodológica para la identificación de los servicios ecosistémicos de la ronda hídrica en los tramos priorizados. 59

Figura 8. Ruta metodológica para la definición de las estrategias de manejo ambiental de las rondas hídricas en los tramos priorizados. 61

Figura 9. Plan de vuelo GSD 10 cm de Pixel. 65

Figura 10. Fotografía aérea para los tramos priorizados en el Municipio de Pereira. ... 66

Figura 11. Nube de puntos LiDARío 67

Figura 12. Aerotriangulación de las fotografías aéreas de los tramos priorizados en el municipio de Pereira. 69

Figura 13. Resultado de la ortofoto de los tramos priorizados el municipio de Pereira. 69

Figura 14. Modelo digital de terreno 1m x 1m de los tramos priorizados en el Municipio de Pereira, objeto del Convenio 492 de 2020 70

Figura 15. Modelo digital de superficie 1m x 1m de los tramos priorizados en el Municipio de Pereira, objeto del Convenio 492 de 2020. 71

Figura 16. Ortofoto correspondiente a los tramos priorizados en el municipio de Pereira. 72

Figura 17. DTM con resolución de 1mx1m para los tramos priorizados en el Municipio de Pereira, objeto del Convenio 492 de 2020. 73

Figura 18. Curvas de nivel 1 m para los tramos priorizados en el Municipio de Pereira, objeto del Convenio 492 de 2020..... 73

Figura 19. Restitución cartográfica para los tramos priorizados en el municipio de Pereira. 74

Figura 20. Delimitación del cauce permanente geomorfológico del río Otún, mostrando el perfil A-A'. 77

Figura 21. Perfil topográfico (A-A'), del cauce permanente geomorfológico del río Otún. 77

Figura 22. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la quebrada El Chocho. 78

Figura 23. Delimitación del cauce permanente geomorfológico, mostrando el perfil B-B' de la quebrada La Víbora. 79

Figura 24. Perfil topográfico (B-B'), del cauce permanente geomorfológico de la quebrada La Víbora. 79

Figura 25. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la quebrada El Oso. 80

Figura 26. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de los afluentes de la quebrada El Caucho. 81

Figura 27. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la parte baja de la quebrada El Caucho. 82

Figura 28. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la parte baja del río Consotá. 83

Figura 29. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la parte alta del Río Consotá, mostrando el perfil C-C'. 84

Figura 30. Perfil topográfico (C-C'), del cauce permanente geomorfológico de la parte alta del río Consotá. 84

Figura 31. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la quebrada Tinajas, mostrando el perfil D-D'. 85

Figura 32. Perfil topográfico (D-D'), del cauce permanente geomorfológico de la quebrada Tinajas. 85

Figura 33. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la quebrada Grande, mostrando la no continuidad del cauce por acción antrópica. 86

Figura 34. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la quebrada Hato Viejo y El Piñal, mostrando la acción antrópica en las cabeceras de las mismas. 87

Figura 35. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la quebrada La Leticia y Grande, mostrando el paisaje colinado y las planicies en la desembocadura de los drenajes. 87

Figura 36. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes del río Cestillal. 88

Figura 37. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada Hato Viejo. 89

Figura 38. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada Hato Viejo. 90

Figura 39. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada Grande..... 91

Figura 40. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada Grande. 92

Figura 41. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada La Leticia (Caimalito). 93

Figura 42. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada La Leticia. 93

Figura 43. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Caucho (cuenca alta y baja). 94

Figura 44. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Piñal..... 99

Figura 45. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada El Piñal. 100

Figura 46. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada Cauquillo. 101

Figura 47. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada Cauquillo. 101

Figura 48. Delimitación del cauce permanente hidrológico del río Cestillal. 102

Figura 49. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente del río Cestillal. 103

Figura 50. Delimitación del cauce permanente preliminar del río Consotá (cuenca media). 104

Figura 51. Delimitación del cauce permanente hidrológico del río Consotá (cuenca media alta). 106

Figura 52. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada Tinajas. .. 107

Figura 53. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada Tinajas. 108

Figura 54. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada La Dulcera. 109

Figura 55. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada La Dulcera. 110

Figura 56. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Oso. ... 111

Figura 57. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada El Oso. 111

Figura 58. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Chocho. 112

Figura 59. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada El Chocho. 113

Figura 60. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Púlpito.114

Figura 61. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada El Púlpito. 115

Figura 62. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada La Víbora. 116

Figura 63. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada La Víbora. 116

Figura 64. Delimitación del cauce permanente hidrológico del río Otún..... 117

Figura 65. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente del río Otún. 118

Figura 66. Sección transversal en el km 4+130 de la quebrada Hato Viejo. 119

Figura 67. Sección transversal en el km 1+980 de la quebrada Hato Viejo. 119

Figura 68. Limitaciones en la topografía preliminar LiDAR en la cuenca baja de la quebrada El Caucho. 120

Figura 69. Sección transversal en el km 2+655 de la quebrada El Caucho (cuenca Baja). 121

Figura 70. Geomorfología de la zona de estudio a escala 1:25.000. 125

Figura 71. Unidades geomorfológicas del río Otún. 126

Figura 72. Unidades geomorfológicas de Ladera erosiva (Dle), Terraza de acumulación (Fta) y Cauce aluvial (Fca) del río Otún. 127

Figura 73. Unidades geomorfológicas. (A) quebrada El Chocho mostrando el Cauce aluvial (Fca) y Terraza de acumulación (Fta) y (B) Ladera erosiva (Dle), Ladera ondulada (Dlo) y Cauce aluvial (Fca) del río Otún. 128

Figura 74. Unidades geomorfológicas del río Consotá cuenca alta y de las quebradas El Chocho, La Víbora y El Púlpito. 129

Figura 75. Unidades geomorfológicas de la quebrada El Oso, Ladera erosiva (Dle), la flecha azul indica el eje de la quebrada y el sentido de su recorrido. 129
Figura 76. Unidades geomorfológicas de la quebrada La Dulcera. 130
Figura 77. Unidades geomorfológicas de la quebrada El Oso. 130
Figura 78. Afluente de El Caucho, mostrando el Cauce aluvial l (Fca). 131
Figura 79. Unidades geomorfológicas de la quebrada El Caucho y sus afluentes. 131
Figura 80. Unidades geomorfológicas del río Consotá cuenca baja. Plano o llanura de inundación (Fpi) y Cauce aluvial (Fca). 132
Figura 81. Unidades geomorfológicas de la cuenca baja del río Consotá. 133
Figura 82. Unidades geomorfológicas de la quebrada El Caucho cuenca baja. Plano o llanura de inundación (Fpi) y Cauce aluvial (Fca). 133
Figura 83. Unidades geomorfológicas de la cuenca baja de la quebrada El Caucho. 134
Figura 84. Unidades geomorfológicas de la cuenca alta del río Consotá. 135
Figura 85. Unidades geomorfológicas de la quebrada Tinajas..... 135
Figura 86. Canalización de la quebrada Tinajas Cauce aluvial (Fca), zona urbana de Pereira. 136
Figura 87. Unidades geomorfológicas de las quebradas Hato Viejo y El Piñal. 137
Figura 88. Unidades geomorfológicas de la quebrada Cauquillo. 137
Figura 89. Unidades geomorfológicas de las quebradas La Leticia y Grande. 138
Figura 90. Unidades geomorfológicas del río Cestillal. 139
Figura 91. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada Hato Viejo, mostrando dos (2) de los cuatro (4) segmentos. 140
Figura 92. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada Grande, mostrando el primer segmento. 141
Figura 93. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada Grande, mostrando el sexto segmento. 142
Figura 94. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada La Leticia, mostrando el segundo segmento. 143
Figura 95. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada El Caucho, mostrando la parte baja de la cuenca. 144
Figura 96. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada El Piñal. 145
Figura 97. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada Cauquillo, mostrando algunas geoformas aluviales. 146
Figura 98. Delimitación del componente geomorfológico del río Cestillal. 147

Figura 99. Delimitación del componente geomorfológico de la cuenca alta del río Consotá y sus afluentes, La Dulcera, El Chocho, El Púlpito y La Víbora. 148
Figura 100. Delimitación del componente geomorfológico de la cuenca alta del río Consotá y la quebrada Tinajas. 149
Figura 101. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada El Oso. .. 150
Figura 102. Delimitación del componente geomorfológico del río Otún. 151
Figura 103. Metodología empleada para estimar caudales máximos. 152
Figura 104. Estaciones de precipitación, temperatura, caudal y nivel en la zona de estudio. 154
Figura 105. Polígonos de Thiessen..... 161
Figura 106. Series mensuales de precipitación para el periodo de registro disponible de cada estación. 162
Figura 107. Curva de masa de precipitación para cada estación. 163
Figura 108. Diagramas de caja y bigotes series de precipitación. 163
Figura 109. Serie de caudales máximos estaciones del IDEAM del río Otún. 169
Figura 110. Curva de masa caudales..... 170
Figura 111. Diagramas de caja y bigotes caudal. 170
Figura 112. Metodología para la delimitación de subcuencas. 173
Figura 113. Metodología para la delimitación de subcuencas con Stream Burning. . 174
Figura 114. Cuencas aferentes a los tramos priorizados. 177
Figura 115. La línea punteada roja representa la media y las líneas verdes punteadas la desviación respecto a la media. 178
Figura 116. La línea punteada roja representa la media y las líneas verdes punteadas la desviación estándar para muestras de 15 años. 179
Figura 117. Curvas IDF estación Aeropuerto Matecaña. 180
Figura 118. Hietograma de diseño quebrada Hato Viejo. 184
Figura 119. Representación hidrológica en HMS de la quebrada Hato Viejo. 185
Figura 120. Hietograma de diseño quebrada Grande 186
Figura 121. Representación hidrológica en HMS de la quebrada Grande. 187
Figura 122. Hietograma de diseño quebrada La Leticia (Caimalito) 188
Figura 123. Representación hidrológica en HMS de la quebrada La Leticia (Caimalito). 189
Figura 124. Hietograma de diseño quebrada El Caucho (cuenca baja)..... 190

Figura 125. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Caucho (cuenca baja). 191
Figura 126. Hietograma de diseño quebrada El Caucho (Cuenca Alta). 192
Figura 127. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Caucho (Cuenca alta). 193
Figura 128. Hietograma de diseño quebrada El Piñal. 194
Figura 129. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Piñal..... 195
Figura 130. Hietograma de diseño quebrada Cauquillo..... 196
Figura 131. Representación hidrológica en HMS de la quebrada Cauquillo. 197
Figura 132. Hietograma de diseño del río Cestillal. 198
Figura 133. Representación hidrológica en HMS del río Cestillal 199
Figura 134. Representación hidrológica en HMS del río Consotá y sus afluentes.... 200
Figura 135. Hietograma de diseño del río Consotá cuenca media-baja. 201
Figura 136. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para el río Consotá cuenca media-baja 201
Figura 137. Representación hidrológica en HMS del río Consotá cuenca media-baja. 202
Figura 138. Hietograma de diseño quebrada Tinajas. 203
Figura 139. Representación hidrológica en HMS de la quebrada Tinajas. 203
Figura 140. Hietograma de diseño del río Consotá cuenca media alta..... 204
Figura 141. Representación hidrológica en HMS del río Consotá cuenca media-alta. 205
Figura 142. Hietograma de diseño quebrada La Dulcera. 206
Figura 143. Representación hidrológica en HMS de la quebrada La Dulcera..... 206
Figura 144. Hietograma de diseño quebrada El Oso..... 207
Figura 145. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Oso. 208
Figura 146. Hietograma de diseño quebrada El Chocho. 209
Figura 147. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para la quebrada El Chocho 209
Figura 148. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Chocho. 210
Figura 149. Hietograma de diseño quebrada Púlpito. 211
Figura 150. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Púlpito..... 211
Figura 151. Hietograma de diseño quebrada La Víbora. 212
Figura 152. Representación hidrológica en HMS de la quebrada La Víbora. 213

Figura 153. Hietograma de diseño río Otún 214
Figura 154. Representación hidrológica en HMS del río Otún. 214
Figura 155. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada Hato viejo. 216
Figura 156. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada Hato viejo. 216
Figura 157. Mapa de velocidades de la Componente hidrológico de la quebrada Grande. 217
Figura 158. Histograma de la distribución de anchos de la Componente hidrológico de la quebrada Grande. 218
Figura 159. Profundidad del flujo en la parte alta de la quebrada Grande. 220
Figura 160. Velocidad del flujo en la parte alta de la quebrada Grande. 220
Figura 161. Mapa de velocidades de la Componente hidrológico de la quebrada La Leticia. 221
Figura 162. Histograma de la distribución de anchos de la Componente hidrológico de la quebrada La Leticia..... 222
Figura 163. Componente hidrológico resultado de la modelación 2D en la parte baja de la quebrada La Leticia..... 223
Figura 164. Velocidad del flujo en la parte alta de la quebrada La Leticia. 224
Figura 165. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Caucho. 225
Figura 166. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Caucho. 226
Figura 167. Componente hidrológico resultado de la modelación 2D para la parte baja de la quebrada El Caucho..... 228
Figura 168. Velocidades componente hidrológico resultado de la modelación 2D en la parte baja de la quebrada El Caucho. 229
Figura 169. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Piñal. 230
Figura 170. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Piñal. 230
Figura 171. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada Cauquillo. 231
Figura 172. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada Cauquillo. 232

Figura 173. Mapa de velocidades del componente hidrológico del río Cestillal. 232
Figura 174. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico del río Cestillal. 233
Figura 175. Mapa de velocidades del componente hidrológico del río Consotá cuenca alta. 234
Figura 176. Mapa de velocidades del componente hidrológico del río Consotá cuenca baja. 234
Figura 177. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico del río Consotá cuenca alta. 235
Figura 178. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico del río Consotá cuenca baja. 235
Figura 179. Resultado de la modelación 2D para el río Consotá. 237
Figura 180. Velocidad del flujo en la parte media del río Consotá. 238
Figura 181. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada Tinajas. 239
Figura 182. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada Tinajas. 240
Figura 183. Resultado de la modelación 2D para la quebrada Tinajas. 241
Figura 184. Velocidad del flujo en la parte alta de la quebrada Tinajas. 242
Figura 185. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada La Dulcera. 243
Figura 186. Histograma de la distribución de anchos de la Componente hidrológico de la quebrada La Dulcera. 244
Figura 187. Resultado de la modelación 2D en la desembocadura de la quebrada La Dulcera en el río Consotá. 245
Figura 188. Velocidad del flujo en la parte alta de la zona de confluencia entre la quebrada La Dulcera y el río Consotá. 246
Figura 189. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Oso. 247
Figura 190. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Oso. 248
Figura 191. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Chocho. 249
Figura 192. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Chocho. 249

Figura 193. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Púlpito. 250

Figura 194. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Púlpito. 251

Figura 195. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada La Víbora. 252

Figura 196. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada La Víbora. 252

Figura 197. Mapa de velocidades del componente hidrológico del río Otún. 253

Figura 198. Componente hidrológico de la ronda hídrica de la quebrada Hato Viejo. 254

Figura 199. Componente hidrológico de la ronda hídrica de la quebrada Grande. ... 255

Figura 200. Componente hidrológico de la quebrada La Leticia. 256

Figura 201. Componente hidrológico de la quebrada El Caucho. 257

Figura 202. Componente hidrológico de la quebrada El Piñal. 258

Figura 203. Componente hidrológico de la quebrada Cauquillo. 259

Figura 204. Componente hidrológico del río Cestillal. 260

Figura 205. Componente hidrológico del río Consotá cuenca alta. 261

Figura 206. Componente hidrológico del río Consotá cuenca baja. 262

Figura 207. Componente hidrológico de la quebrada Tinajas..... 263

Figura 208. Componente hidrológico de la quebrada La Dulcera. 264

Figura 209. Componente hidrológico de la quebrada El Oso. 265

Figura 210. Componente hidrológico de la quebrada El Chocho. 266

Figura 211. Componente hidrológico de la quebrada El Púlpito. 267

Figura 212. Componente hidrológico de la quebrada La Víbora..... 268

Figura 213. Componente hidrológico del río Otún. 269

Figura 214. Diagrama para la clasificación de zonas de vida de Holdridge. 271

Figura 215. Posición faja basal 272

Figura 216. Distribución espacial de la biotemperatura (°C)..... 273

Figura 217. Distribución espacial de la Precipitación (mm) 274

Figura 218. Distribución espacial de la ETP (mm)..... 275

Figura 219. Relación de evapotranspiración potencial R= ETP/P 276

Figura 220. Distribución espacial de las zonas de vida en los tramos de interés para el acotamiento de la ronda hídrica. 277

Figura 221. Vegetación riparia con dominancia de guadua 279
Figura 222. Unidades geomorfológicas cuencas de los ríos Otún y La Vieja. 288
Figura 223. Subcuencas utilizadas para el cálculo de Dd. 289
Figura 224. Densidad de drenaje por Unidad Geomorfológica 292
Figura 225. Áreas Acumuladas 293
Figura 226. Áreas Acumuladas 294
Figura 227. Delimitación del componente ecosistémico Quebrada Hato Viejo 295
Figura 228. Dinámica del componente ecosistémico Quebrada Hato Viejo 296
Figura 229. Delimitación del componente ecosistémico Quebrada Grande 297
Figura 230. Dinámica del componente ecosistémico Quebrada Grande 298
Figura 231. Delimitación del componente ecosistémico Quebrada Leticia 299
Figura 232. Dinámica del componente ecosistémico Quebrada Leticia 300
Figura 233. Delimitación del componente ecosistémico Quebrada El Caucho 301
Figura 234. Dinámica del componente ecosistémico Quebrada El Caucho 302
Figura 235. Delimitación componente ecosistémico de la quebrada El Piñal 303
Figura 236. Dinámica del componente ecosistémico quebrada El Piñal 304
Figura 237. Delimitación del componente ecosistémico quebrada Cauquillo 305
Figura 238. Dinámica del componente ecosistémico quebrada Cauquillo 306
Figura 239. Componente Ecosistémico río Cestillal 307
Figura 240. Dinámica Componente Ecosistémico río Cestilla 308
Figura 241. Componente Ecosistémico río Consotá 309
Figura 242. Dinámica Componente Ecosistémico río Consotá 310
Figura 243. Componente Ecosistémico Quebrada Tinajas 311
Figura 244. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada Tinajas 312
Figura 245. Componente Ecosistémico Quebrada La Dulcera 313
Figura 246. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada La Dulcera 314
Figura 247. Componente Ecosistémico quebrada El Oso 315
Figura 248. Dinámica Componente Ecosistémico Quebrada El Oso 316
Figura 249. Componente Ecosistémico quebrada El Chocho 317
Figura 250. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada El Chocho 318
Figura 251. Componente Ecosistémico quebrada El Púlpito 319
Figura 252. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada El Púlpito 320
Figura 253. Componente Ecosistémico quebrada La Víbora 321

Figura 254. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada La Víbora 322
Figura 255. Componente Ecosistémico río Otún 323
Figura 256. Dinámica Componente Ecosistémico río Otún 324
Figura 257. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Hato Viejo 327
Figura 258. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Grande 327
Figura 259. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada La Leticia (Caimalito) 328
Figura 260. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Caucho (cuenca baja y alta) 328
Figura 261. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Piñal 329
Figura 262. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Cauquillo 329
Figura 263. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado del río Cestillal 330
Figura 264. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado del río Consotá (parte alta). 330
Figura 265. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado del río Consotá (parte baja). 331
Figura 266. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Tinajas 331
Figura 267. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada La Dulcera 332
Figura 268. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Oso 332
Figura 269. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Chocho 333
Figura 270. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Púlpito 333
Figura 271. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada La Víbora 334
Figura 272. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado del río Otún 334

Figura 273. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada Hato Viejo 336
Figura 274. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada Grande .. 337
Figura 275. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada La Leticia (sector Caimalito)..... 337
Figura 276. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Caucho 338
Figura 277. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Piñal (cuenca alta) 338
Figura 278. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada Cauquillo 339
Figura 279. Elementos constituyentes de la ronda hídrica del río Cestillal 339
Figura 280. Elementos constituyentes de la ronda hídrica del río Consotá (cuenca alta) 340
Figura 281. Elementos constituyentes de la ronda hídrica del río Consotá (cuenca baja) 340
Figura 282. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada Tinajas .. 341
Figura 283. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada La Dulcera 341
Figura 284. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Oso ... 342
Figura 285. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Chocho 342
Figura 286. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Púlpito 343
Figura 287. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada La Víbora 343
Figura 288. Elementos constituyentes de la ronda hídrica del río Otún..... 344
Figura 289. Actores sociales identificados según tipo 353
Figura 290. Actores identificados según ámbito de acción..... 353
Figura 291. Actores identificados según carácter..... 354
Figura 292. Mapa de actores sociales..... 356
Figura 293. Sector industrial y logístico aledaño a la quebrada Hato Viejo. 362
Figura 294. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Hato Viejo 364
Figura 295. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Grande 368

Figura 296. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada La Leticia 371
Figura 297. Cultivos de plátano y papaya, quebrada El Caucho 374
Figura 298. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Caucho (parte alta y media)..... 378
Figura 299. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Piñal (cuenca alta) 381
Figura 300. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Cauquillo 384
Figura 301. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Cestillal 388
Figura 302. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado del río Consotá (cuenca alta) 393
Figura 303. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado del río Consotá (cuenca baja) 394
Figura 304. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Tinajas 398
Figura 305. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada La Dulcera 400
Figura 306. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Oso 403
Figura 307. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Chocho 407
Figura 308. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Púlpito 412
Figura 309. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Víbora 413
Figura 310. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado en el río Otún 416
Figura 311. Zonas homogéneas de la quebrada Hato Viejo..... 421
Figura 312. Zonas homogéneas de la quebrada Grande 421
Figura 313. Zonas homogéneas de la quebrada La Leticia (sector Caimalito) 422
Figura 314. Zonas homogéneas de la quebrada El Caucho..... 422
Figura 315. Zonas homogéneas de la quebrada El Piñal (cuenca alta)..... 423
Figura 316. Zonas homogéneas de la quebrada Cauquillo 423

Figura 317. Zonas homogéneas del río Cestillal 424
Figura 318. Zonas homogéneas del río Consotá (parte alta) 424
Figura 319. Zonas homogéneas del río Consotá (parte baja) 425
Figura 320. Zonas homogéneas de la quebrada Tinajas..... 425
Figura 321. Zonas homogéneas de la quebrada La Dulcera..... 426
Figura 322. Zonas homogéneas de la quebrada El Oso 426
Figura 323. Zonas homogéneas de la quebrada El Chocho..... 427
Figura 324. Zonas homogéneas de la quebrada El Púlpito 427
Figura 325. Zonas homogéneas de la quebrada La Víbora..... 428
Figura 326. Zonas homogéneas del río Otún 428
Figura 327. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Hato Viejo 438
Figura 328. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Grande..... 438
Figura 329. Estrategias de manejo ambiental, quebrada La Leticia (sector Caimalito) 439
Figura 330. Estrategias de manejo ambiental, quebrada El Caucho 439
Figura 331. Estrategias de manejo ambiental, quebrada El Piñal 440
Figura 332. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Cauquillo..... 440
Figura 333. Estrategias de manejo ambiental, río Cestillal..... 441
Figura 334. Estrategias de manejo ambiental, río Consotá (cuenca baja)..... 441
Figura 335. Estrategias de manejo ambiental, río Consotá (cuenca alta)..... 442
Figura 336. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Tinajas 442
Figura 337. Estrategias de manejo ambiental, quebrada La Dulcera 443
Figura 338. Estrategias de manejo ambiental, quebrada El Oso..... 443
Figura 339. Estrategias de manejo ambiental, quebrada El Chocho 444
Figura 340. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Púlpito..... 444
Figura 341. Estrategias de manejo ambiental, quebrada La Víbora 445
Figura 342. Estrategias de manejo ambiental, río Otún 445
Figura 343. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada Hato Viejo... 489
Figura 344. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada Grande 491
Figura 345. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada La Leticia 493
Figura 346. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Caucho... 494
Figura 347. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Piñal 496
Figura 348. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada Cauquillo 498

Figura 349. Indicadores de estado de la ronda hídrica del río Cestillal..... 499
Figura 350. Indicadores de estado de la ronda hídrica del río Consotá parte alta 501
Figura 351. Indicadores de estado de la ronda hídrica del río Consotá parte baja ... 503
Figura 352. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada Tinajas..... 504
Figura 353. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada La Dulcera .. 506
Figura 354. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Oso..... 508
Figura 355. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Chocho ... 509
Figura 356. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Púlpito 511
Figura 357. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada La Víbora 513
Figura 358. Indicadores de estado de la ronda hídrica del río Otún 514

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Aeronave Cessna U-206-G, matrícula HK2899 62

Foto 2. Equipos aerotransportados 63

Foto 3. Vista del río Consotá desde la calle 65 con carrera 25 barrio Brisas del Consotá (Pereira). 245

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Coeficientes de Manning

Anexo 2. Obras Hidráulicas Levantadas en Campo

Anexo 3. Guía de la Entrevista con Actores Comunitarios

Anexo 4. ModelosHidraulicos1D

Anexo 5. Información Estaciones del Ideam

Anexo 6. Hec-HMS

Anexo 7. ModelosHcos15_100 años

Anexo 8. Solicitud de información

Anexo 9. Entrevistas semiestructuradas

Anexo 10. Estrategia de participación

Anexo 11. Memorias taller Servicios Ecosistémicos

Anexo 12. Memorias taller Estrategias de Manejo

Anexo 13. Coberturas de la Tierra

Anexo 14. Información cartográfica

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) a través de la Dirección Gestión Integral del Recurso Hídrico y con el acompañamiento técnico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, realizó la construcción de una guía metodológica en el marco del Contrato Interadministrativo 377 de 2012, que incluyó los criterios para definir los rondas hídricas de los cuerpos de agua, con el fin de establecer las medidas de protección y conservación que requiere la faja paralela a estos cuerpos que se refiere el literal d) del Decreto Ley 2811 de 1974 y el área de protección o conservación aferente que conforman la ronda hídrica. Después de un proceso de socialización y ajustes a la "Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia", se reglamenta las el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas mediante el Decreto 2245 de diciembre de 2017 y se adopta la Guía a través de la Resolución 0957 de 2018. La ley en mención entrega a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y los Establecimientos Públicos Ambientales, la competencia del acotamiento de la ronda hídrica.

Si bien, en 2011 se define la competencia de las Autoridades Ambientales con respecto al acotamiento de las rondas hídricas, desde 2007 la Carder fija los lineamientos para demarcar las áreas forestales protectoras de los nacimientos y corrientes de agua ubicados en suelos rurales y suburbanos destinados a usos agrícolas, pecuarios, forestales y de acuicultura mediante la Resolución 061, con el fin de proteger el recurso hídrico asociado a estas fajas paralelas. Esta norma se complementa más adelante con la Resolución 944 de 2008, donde se reglamenta el manejo y aprovechamiento sostenible de los bosques naturales y plantaciones protectoras – productoras y protectoras de guadua, cañabrava y bambú y se establecen los términos de referencia para los planes de manejo respectivos.

Mas adelante, y dentro del contexto del ordenamiento ambiental del territorio, la Carder expide el Acuerdo número 028 del 17 de junio de 2011, por la cual se fijan los lineamientos para orientar el desarrollo de las áreas urbanas, de expansión urbana y de desarrollo restringido en el suelo rural. Esta norma tiene como objeto trazar directrices para garantizar que en los nuevos desarrollos urbanos se involucre el componente ambiental. En esta norma se define el ancho de los retiros a los cauces permanentes a partir de la forma del cauce, su pendiente y los niveles máximos de inundación para caudales de periodo de retorno de 100 años. Se establece también los usos permitidos dentro de las zonas de retiros. En el Acuerdo 020 de 2013 se adiciona, precisa y ajusta algunas disposiciones establecidas en el 028.

En los que respecta a los determinantes ambientales para la elaboración de los planes de ordenamiento territorial municipal, la Carder los actualiza y adopta mediante la Resolución 1723 de diciembre de 2017, en la cual se incluye la ronda hídrica en el determinante 8, constituidos por los elementos del espacio público, donde la ronda hídrica se constituye como un elemento natural del espacio público.

Los actos administrativos antes descritos no hacen referencia directamente a la ronda hídrica, tal como la define el Decreto 2245 de diciembre de 2017, si se relaciona con la misma, ya que tanto las áreas forestales protectoras de los nacimientos y corrientes de agua como los retiros están dentro de la ronda hídrica, razón por la cual y dado lo establecido en la norma nacional, la Carder deberá analizar, actualizar y articular estos acuerdos y resoluciones según la nueva normatividad (Ley 1450 de 2011, Decreto 2245 de diciembre de 2017 y Resolución 0957 de 2018) y los resultados obtenidos en el presente estudio, teniendo en cuenta que la ronda hídrica es un determinante ambiental dentro del ordenamiento territorial.

Por otra parte, y en cumplimiento a lo establecido en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011, la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder) inicia en 2018 la priorización de las corrientes superficiales que requieren el acotamiento de la ronda hídrica, teniendo como soporte el documento técnico: “Priorización para el acotamiento de rondas hídricas en el departamento de Risaralda”, que fue adoptado mediante la Resolución 1510 de 2018. En este documento se define el orden de prioridad para la implementación del acotamiento de la ronda hídrica establecido para las microcuencas y franjas hidrográficas del departamento. Mas adelante, en 2020, se hace el análisis de las microcuencas con prioridad alta y muy alta con el fin de determinar los tramos a los cuales se levantará información de detalle para el acotamiento de sus rondas hídrica, quedando priorizadas 15 tramos de corrientes que discurren por suelo urbano, rural y de expansión urbana del municipio de Pereira.

Con el fin de realizar el acotamiento de la ronda hídrica en los tramos priorizado, la Carder y la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, suscribieron el Convenio Interadministrativo número 492 de 2020, que tiene como objeto: “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros entre la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder) y la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, para la implementación del proceso de acotamiento de la ronda hídrica como medida de prevención de riesgo de desastre, en las zonas aledañas a las fuentes hídricas priorizadas en el municipio de Pereira, departamento de Risaralda”.

Dando cumplimiento a lo suscrito en el Convenio 492 de 2020, se hace entrega a la Corporación del informe final, que siguiendo lo establecido en la Guía Técnica de Criterios

para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, se estructura de la siguiente manera:

- Capítulo 1. Localización de los tramos priorizados. Se describe la localización de los tramos priorizados en el contexto local del municipio de Pereira.
- Capítulo 2. Marco metodológico. Contiene una síntesis de la metodología a seguir, la cual se detalla en la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en 2018. Se hace énfasis en la metodología utilizada para la delimitación del cauce permanente y el componente hidrológico, dada las herramientas utilizadas en la modelación hidráulica.
- Capítulo 3. Levantamiento de información de detalle. Se describe brevemente los equipos, procedimientos y los productos de la información de detalle. Estos últimos corresponden a: la ortofotografía, el Modelo Digital de Elevación, el Modelo Digital de Superficie, las curvas de nivel y la restitución cartográfica. Estos productos se entregan en medio digital.
- Capítulo 4. Delimitación del cauce permanente. Se presentan los resultados obtenidos para la delimitación final del cauce permanente de los tramos priorizados.
- Capítulo 5. Definición del límite físico de la ronda hídrica. En este capítulo se presentan los resultados finales obtenidos en la delimitación física de la ronda hídrica y cada uno de los componentes que la conforman, identificando puntos críticos por su grado de intervención o condiciones geomorfológicas e hidráulicas.
- Capítulo 6. Directrices para el manejo ambiental de la ronda hídrica. En este capítulo se hace la identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica, actores sociales y de los servicios ecosistémicos, para continuar con la definición de las estrategias de manejo ambiental y formulación de medidas o acciones para su manejo con el objetivo de recuperar o mantener la funcionalidad de la ronda hídrica. Como insumo para la definición de las estrategias de manejo ambiental se definen las zonas homogéneas teniendo en cuenta las características geomorfológicas, los componentes de la ronda hídrica y las coberturas de la tierra (usos del suelo).

Capítulo 7. Seguimiento y evaluación. Se hace una propuesta de indicadores de estado que permitirán hacer seguimiento a la ronda hídrica, en términos la evolución en el tiempo de dichos indicadores.

1. LOCALIZACIÓN TRAMOS PRIORIZADOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LA RONDA HÍDRICA

Los tramos priorizados para el acotamiento de la ronda hídrica corresponden a las siguientes corrientes: quebradas El Piñal (cuenca alta), Hato Viejo, Grande, Cauquillo, El Caucho (cuenca baja), Tinajas (cuenca baja), La Dulcera, El Oso, El Chocho, Púlpito, La Víbora y La Leticia y los ríos Cestillal (cuenca media), Otún (urbano) y Consotá (cuenca media - baja). Estos tramos seleccionados se localizan en suelo rural, urbano y de expansión urbana del municipio de Pereira, departamento de Risaralda, en las cuencas hidrográficas de los ríos Otún y La Vieja (Figura 1).

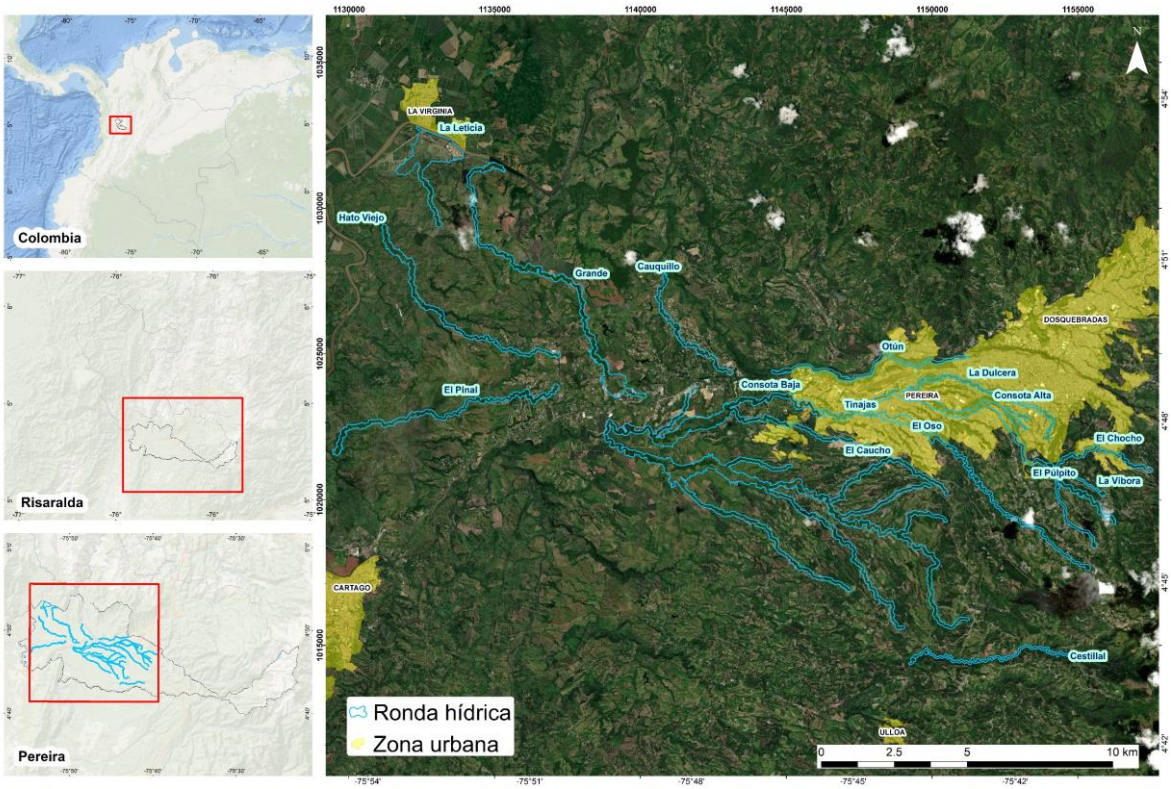


Figura 1. Localización general de los tramos priorizados

A continuación, se hace una descripción de la localización de cada uno de los tramos en el contexto de la clasificación de los suelos del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Pereira de 2016 y su división político administrativa, y la Sectorización Hidrográfica del departamento de Risaralda (CARDER, 2015).

1.1 QUEBRADA HATO VIEJO

El tramo de la quebrada Hato Viejo priorizado para el acotamiento de la ronda hídrica corresponde a la cuenca alta - media de la misma, y según la sectorización hidrográfica de Risaralda se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río Otún y otros directos al Cauca (2613), Subcuenca quebrada Hato Viejo (26130001) y microcuenca denominada Franja Hidrográfica quebrada Hato Viejo (cuenca alta - media) (2613000101) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Hato Viejo se localiza en suelo rural, en las veredas Puerto Caldas, Azufral y Cerritos (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Según el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Otún, la cobertura de la tierra predominante en la ronda hídrica es bosque de galería y ripario (CARDER et al., 2016).

1.2 QUEBRADA GRANDE

La quebrada Grande, según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río Otún y otros directos al Cauca (2613) y corresponde a la microcuenca Franja Hidrográfica quebrada Hato Viejo (cuenca alta - media) (2613000003) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Grande se localiza en suelo rural, en las veredas La Paz y Azufral del corregimiento de Caimalito (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Según el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Otún, la cobertura de la tierra predominante en la ronda hídrica es bosque de galería y ripario (CARDER et al., 2016).

1.3 QUEBRADA LA LETICIA (CAIMALITO)

La quebrada La Leticia, según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río Otún y otros directos al Cauca (2613) y corresponde a la microcuenca denominada Franja Hidrográfica quebrada La Leticia (2613000002) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica de la quebrada La Leticia se localiza en suelo rural, urbano y de expansión urbano del corregimiento de Caimalito. En el suelo rural, en la vereda Azufral (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Según el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Otún, las coberturas de la tierra predominantes en la ronda hídrica son: bosque de galería y ripario y tejido urbano continuo (CARDER et al., 2016).

1.4 QUEBRADA EL CAUCHO (CUENCA BAJA Y ALTA)

El tramo de la quebrada El Caucho, conocida por la comunidad como el Gaucho, priorizado para el acotamiento de la ronda hídrica corresponde a la cuenca baja y alta de la misma, y según la sectorización hidrográfica de Risaralda se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Cuenca Hidrográfica río Consotá (261202), Subcuenca quebrada El Caucho (26120202), y a la microcuenca denominada Franjas Hidrográfica quebrada El Caucho (cuenca baja) (md) (2612020203) y quebrada El Caucho (cuenca baja) (mi) (2612020202) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica de la quebrada El Caucho (cuenca alta y baja) se localiza en suelo rural del municipio de Pereira, en las veredas Los Planes, Tres Puertas, Frascate, El Brillante, Morelia, Calle Larga, El Retiro, La Bamba, Santa Teresa, El Cóngolo y San Joaquín del corregimiento de Morelia, La Selva del Corregimiento Estrella - La Palmilla; El Estanquillo, La Uno, Altagracia, Jazmín, Filobonito y Cañaveral del corregimiento de Altagracia (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Por otro lado, según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, a lo largo de la ronda hídrica de la quebrada El Caucho se presentan diferentes usos, destacándose los de protección, pastoreo intensivo y pastoreo semintensivo. En la zonificación ambiental predominan las categorías de: áreas de importancia ambiental, corredores suburbanos y áreas de recuperación para el uso múltiple (CVC et al., 2016).

1.5 QUEBRADA EL PIÑAL (CUENCA ALTA)

El tramo de la quebrada El Piñal priorizado para el acotamiento de la ronda hídrica corresponde a la cuenca alta de la misma, y según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Subcuenca quebrada El Piñal (26120002) y en la microcuenca quebrada El Piñal (cuenca alta) (2612000201) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica del tramo de la quebrada El Piñal en estudio se localiza en suelo rural en las veredas: Puerto Caldas y Cerritos (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Por otro lado, según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río La Vieja, a lo largo de la ronda hídrica de la quebrada El Piñal se presentan diferentes usos, predominando los de protección y sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería. En la zonificación ambiental predominan las categorías de áreas agroforestales, corredores suburbanos y áreas agrícolas (CVC et al., 2016).

1.6 QUEBRADA CAUQUILLO

La quebrada Cauquillo, según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río Otún y otros directos al Cauca (2613), Cuenca Hidrográfica río Otún (26130100) y a la microcuenca denominada Franja Hidrográfica quebrada Cauquillo (2613010027) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica del tramo de la quebrada Cauquillo en estudio, se localiza en suelo rural en las veredas: Quimbayita y La Paz (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Con respecto a las coberturas de la tierra presentes en la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Cauquillo, predominan el bosque de galería y ripario y el tejido urbano discontinuo.

1.7 RÍO CESTILLAL

El tramo del río Cestillal priorizado para el acotamiento de la ronda hídrica corresponde a la cuenca media del mismo, y según la sectorización hidrográfica de Risaralda se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Subcuenca quebrada Cestillal (26120001). Finalmente, lo conforman las Franjas Hidrográfica río Cestillal (cuenca Media) (md) (2612000104) y río Cestillal (cuenca media) (mi) (2612000105) (CARDER, 2015).

El tramo del río Cestillal en estudio se localiza en suelo rural en las veredas Guadualito, Jazmín, Altagracia y Alegrías del corregimiento de Altagracia, y en las veredas La Linda, Pérez Bajo y Pérez Alto del corregimiento de Arabia (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, en la ronda hídrica predomina el uso de protección que, en su mayoría corresponden a coberturas de la tierra en bosques y áreas seminaturales. En la

zonificación ambiental se incluye: áreas de amenazas naturales, áreas de importancia ambiental y áreas de recuperación para el uso múltiple (CVC et al., 2016).

1.8 RÍO CONSOTÁ

El tramo del río Consotá priorizado para el acotamiento de la ronda hídrica corresponde a la cuenca media del mismo, y según la sectorización hidrográfica de Risaralda se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Cuenca Hidrográfica río Consotá (261202) y a la microcuenca Franja Hidrográfica río Consotá (cuenca media) (2612020011) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica del tramo del río Consotá en estudio se localiza en diferentes clases de suelo: urbano, de expansión urbano y rural.

En el suelo urbano, la ronda hídrica se encuentra en los barrios La Unidad, Las Gaviotas, Tulcán I, La Florida, La Laguna, Boston, Bosques de La Salle, Santa Catalina III, Providencia, Ciudad Palermo, Venecia y La Platanera de la comuna Boston, Caracol La Curva 4* y Rocío Alto *3 de la comuna El Rocío; Poblado I, Poblado II, Rocío Bajo, Villa del Prado, Balcones de Villa del Prado y Hamburgo de la comuna El Poblado; La Dulcera de la Comuna San Nicolás; Arco Iris y Andalucía de la comuna El Jardín; Dorado II, Las Pirámides, Villa Andrea, Normandía, Los Nogales y La Independencia I de la Comuna Consotá; Brisas del Consotá, La Playita, San Fernando y Cuba de la comuna Cuba; Cañaveral, Cañaveral II, Bosques de Cantabria, Senderos de Unicentro, Rincón de Unicentro, La Villa, Los Colores, Reserva de La Villa, Alegrías de La Villa, Colores de La Villa, Rivera Campestre y La Italia de la Comuna Olímpica (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

En el suelo rural, la ronda hídrica se localiza en las veredas San Joaquín, Los Planes del corregimiento de Morelia, Belmonte Bajo, Galicia Alta, Esperanza Galicia y Estación Villegas del corregimiento de Cerritos. Por otra parte, los centros poblados de Esperanza Galicia y Estación Villegas se localizan al interior de la ronda hídrica (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, en la ronda hídrica del tramo priorizado del río Consotá, se presentan varios usos del suelo, siendo los de mayor extensión los de: protección, sistemas combinados de agricultura y forestería, pasto semintensivo y residencial. Por su parte, en

la zonificación ambiental se define la mayor parte de su extensión para áreas urbanas (ZU) y corredores suburbanos (CS) (CVC et al., 2016).

1.9 QUEBRADA TINAJAS (CUENCA BAJA)

El tramo de la quebrada Tinajas en estudio, que tiene como nombre común El Oso, según la sectorización hidrográfica de Risaralda se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Subcuenca quebrada Tinajas (26120201), y corresponde a las microcuencas: quebrada Tinajas (cuenca baja) (mi) (2612020103) y quebrada Tinajas (cuenca baja) (md) (2612020104) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica de esta quebrada se encuentra en suelo urbano del municipio de Pereira, en los barrios Alameda, La Floresta, El Acuario, La Acuarela, La Habana, Los Prados, Santafé, Sauces II, Sauces III, Sauces IV, Terranova, Cuba, Villa del Bosque, Guadalupe y Villa Elisa de la comuna El Oso; El Crucero, La Isla, Los Cisnes y Rafael Uribe III de la comuna San Joaquín; Barberos, Rafael Uribe I y La Independencia I de la comuna Cuba; y Los Corales de la comuna Olímpica (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, a lo largo de la ronda hídrica se presentan uso residencial y sistemas combinados de ganadería y forestería. En la zonificación ambiental del POMCA, toda la ronda hídrica está dentro de la categoría de zonas urbanas excepto una pequeña área que se encuentra en la categoría de uso múltiple de minería (CVC et al., 2016).

1.10 QUEBRADA LA DULCERA

La quebrada La Dulcera, según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Cuenca Hidrográfica río Consotá (261202) y a la microcuenca Franja Hidrográfica quebrada La Dulcera (2612020013) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada La Dulcera se localiza en suelo urbano del municipio de Pereira, en los barrios Los Álamos, Pinares de San Martín y Los Ángeles de la comuna Universidad; Travesuras La Churria, Vasconia, Verona, Los Almendros, Lorena I, Providencia, El Vergel y Los Profesionales de la comuna Boston; San Martín de Loba, San Nicolás, Las Antillas, Brisas de Las Américas y Villa Mery de la comuna San Nicolás; Los Arrayanes, Jardín I, Niza I, Niza II, Mayorca, Jardín Vélez y Vélez, Maraya, Caminos de Maraya y Alcázar de Maraya de la comuna El Jardín; El Plumón, Plumón Bajo, Nueva Esperanza y La Hacienda de la Comuna Ferrocarril; Conjunto Residencial Tisú y

Maraya de la comuna Batallón; y Cuba de la comuna del mismo nombre (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, a lo largo de la ronda hídrica del tramo priorizado de La Dulcera predominan los usos: residencial y de protección. En la zonificación ambiental del POMCA, toda la ronda hídrica está dentro de la categoría de zonas urbanas excepto una pequeña área que se encuentra en la categoría de uso múltiple de minería (CVC et al., 2016).

1.11 QUEBRADA EL OSO

La quebrada El Oso, que conforma la microcuenca del mismo nombre (2612020102), según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Subcuenca quebrada Tinajas (26120201) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica de la quebrada El Oso se localiza principalmente en suelo rural, en las veredas Yarumito, Huertas, Naranjito, El Guayabo, Monte Largo, Tribunas Córcega y Altamira del corregimiento Tribunas Córcega. Parte de la ronda hídrica se encuentra en suelo de expansión urbana de cabecera del corregimiento de Tribunas Córcega y suelo suburbano del mismo corregimiento. Cerca de la confluencia con la quebrada Tinajas, la cual es reconocida por la comunidad como El Oso, la ronda hídrica ocupa suelo urbano dentro de la comuna El Oso (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Por otra parte, y según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, los usos predominantes en la ronda hídrica de la quebrada El Oso, son protección, sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería, sistemas combinados de ganadería y forestería y residencial. En la zonificación ambiental se encuentra en las categorías de manejo de CP corredores suburbanos y zonas urbanas (CVC et al., 2016). Por otro lado, el POT del municipio de Pereira incluye una extensión importante de la ronda hídrica como suelo de protección (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

1.12 QUEBRADA EL CHOCHO

La quebrada El Chocho, según la sectorización hidrográfica de Risaralda se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona

Hidrográfica Río La Vieja (2612), Cuenca Hidrográfica río Consotá (261202) y a la microcuenca Franja Hidrográfica quebrada El Chocho (2612020010) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica de la quebrada El Chocho se localiza en suelos rural, urbano y de expansión urbana del municipio de Pereira. En el suelo rural se encuentra en las veredas El Chocho, Mundo Nuevo y Mundo Nuevo-La Bella del corregimiento La Bella. En suelo urbano recorre los barrios de Remanso, Las Brisas y Ciudadela Tokio *2 de la comuna Villa Santana (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Por otra parte, y según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, los usos predominantes en la ronda hídrica de la quebrada El Chocho, son: protección, sistemas combinados de ganadería y forestería, cultivos transitorios intensivos y pastoreo intensivo. En la zonificación ambiental, la mayor extensión de la ronda hídrica se destina para áreas urbanas (ZU) y Áreas de Importancia Ambiental (AIA) (CVC et al., 2016).

1.13 QUEBRADA EL PÚLPITO

La quebrada El Púlpito, según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Cuenca Hidrográfica río Consotá (261202) y a la microcuenca Franja Hidrográfica quebrada El Púlpito (2612020009) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Púlpito se localiza en suelo rural en las veredas Tribunas de Consotá, Yarumito y Huertas del corregimiento Tribunas Córcega (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Por otra parte, y según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, los usos predominantes en la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Chocho, son: protección y pastoreo intensivo y semintensivo. En la zonificación ambiental, la mayor extensión de la ronda hídrica se destina para áreas de recuperación para uso múltiple (ZU) y Áreas de Importancia Ambiental (AIA) (CVC et al., 2016).

1.14 QUEBRADA LA VÍBORA

La quebrada La Víbora, según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona

Hidrográfica Río La Vieja (2612), Cuenca Hidrográfica río Consotá (261202) y a la microcuenca Franja Hidrográfica quebrada La Víbora (2612020008) (CARDER, 2015).

La ronda hídrica la quebrada La Víbora se localiza en suelo rural, en las veredas Mundo Nuevo, Mundo Nuevo La Bella del corregimiento La Bella (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016).

Por otra parte, y según los usos actuales identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja, los usos predominantes en la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada La Víbora, son protección y pastoreo intensivo y semintensivo. En la zonificación ambiental, la mayor extensión de la ronda hídrica se destina para áreas de recuperación para uso múltiple (ZU) y Áreas de Importancia Ambiental (AIA) (CVC et al., 2016).

1.15 RÍO OTÚN

El tramo del río Otún priorizado para el acotamiento de la ronda hídrica en el presente estudio corresponde al tramo urbano 2 (2613010025) que, según la sectorización hidrográfica de Risaralda, se encuentra en el Área Hidrográfica Caribe (2), Zona Hidrográfica Magdalena Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río Otún y otros directos al Cauca (2613), Cuenca Hidrográfica río Otún (26130100) y a las microcuencas denominadas Franjas Hidrográficas: río Otún (tramo urbano 2) (md) (2613010025) y río Otún (tramo urbano 2) (mi) (2613010023) (CARDER, 2015).

El tramo del río Otún priorizado se localiza en suelos urbano, de expansión urbana y rural. En el suelo urbano recorre los barrios Jorge Eliecer Gaitán, El Triunfo y Las Palmas de la comuna Río Otún; José Hilario López II, Nacederos, Simón Bolívar de la comuna Ferrocarril. En el suelo rural se localiza en las veredas: Llano grande del corregimiento de Combia Alta; Crucero y La Siria del corregimiento de Combia Baja.

Por otro lado, y según las coberturas de la tierra identificados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Otún, la cobertura de la tierra predominante en la ronda hídrica del tramo priorizado es: bosque de galería y ripario (CARDER et al., 2016).

2. MARCO METODOLÓGICO

Es importante resaltar que el marco metodológico para la delimitación de la ronda hídrica, se soporta en el reconocimiento de que "*el funcionamiento del sistema fluvial requiere de continuidad longitudinal y conectividad vertical y lateral entre el cauce y la ribera, y que ésta sea bañada de agua, de sedimentos y de nutrientes durante los eventos de inundaciones*" (Minambiente, 2018, p34). En consecuencia, la ronda hídrica se define como: "*zonas o franjas de terreno aledañas a los cuerpos de agua, que tienen como fin permitir el normal funcionamiento de las dinámicas geomorfológicas, hidrológico-hidráulicas, y ecosistémicas propias de dichos cuerpos de agua*",

Dado lo anterior, el marco metodológico considera en primer lugar la perspectiva funcional para definir el límite físico de la ronda hídrica, dentro del cual se definirán las estrategias para el manejo ambiental pertinentes considerando las condiciones actuales del estado de su funcionalidad y los servicios ambientales que éstas proveen (Minambiente, 2018).

Para la delimitación física se tiene en cuenta tres (3) aspectos físico-bióticos relacionados con el entendimiento de la dinámica natural del cuerpo de agua: el geomorfológico, el hidrológico y el ecosistémico, como se representa en la Figura 2. La ronda hídrica, así definida, "*se convierte en el espacio necesario para que puedan darse sin restricciones las funciones: geomorfológicas, hidrológico-hidráulicas y ecosistémicas. Por ello, la ronda hídrica puede variar ampliamente entre sectores, dependiendo de la dinámica particular del cuerpo de agua y de las condiciones geomorfológicas de su entorno*" (Minambiente, 2018, p34).

La guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en 2018, define para el acotamiento de la ronda hídrica y el establecimiento de las estrategias para el manejo ambiental, un marco metodológico que comprenden varias fases: acciones previas, delimitación del cauce permanente o de la línea de mareas máximas, definición del límite físico y de estrategias para el manejo ambiental, tal como se observa en la Figura 3 (Minambiente, 2018). Cada una de estas fases comprende una serie de actividades, que se describen brevemente a continuación.

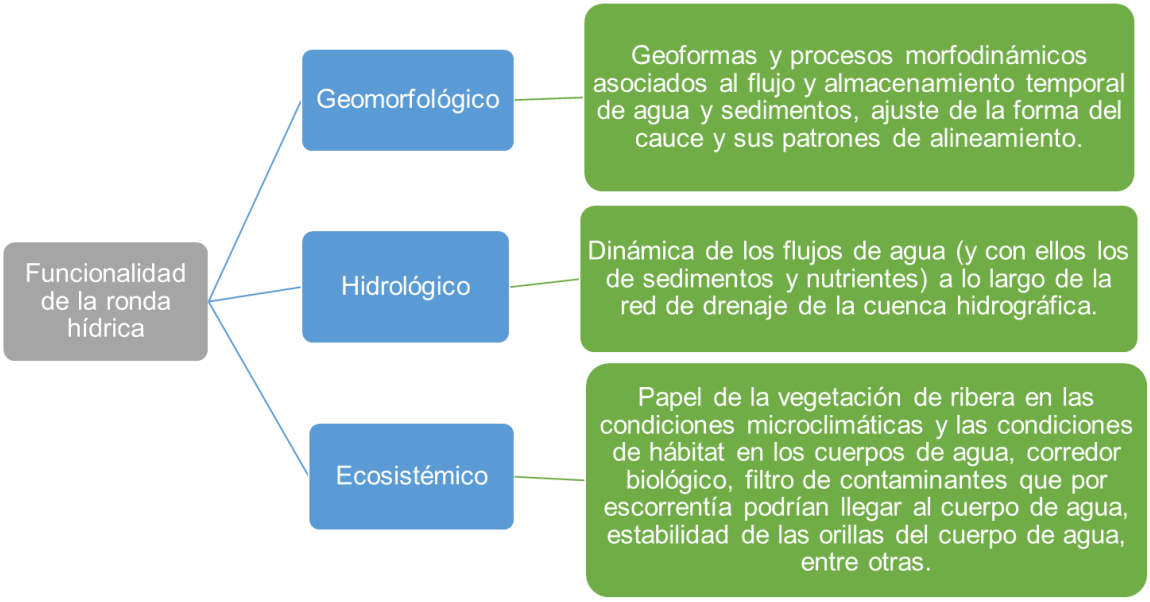


Figura 2. Componentes físico-bióticas mínimas a ser consideradas para definir el límite físico de las rondas hídricas desde su funcionalidad. Tomado de la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (Minambiente, 2018, p34).

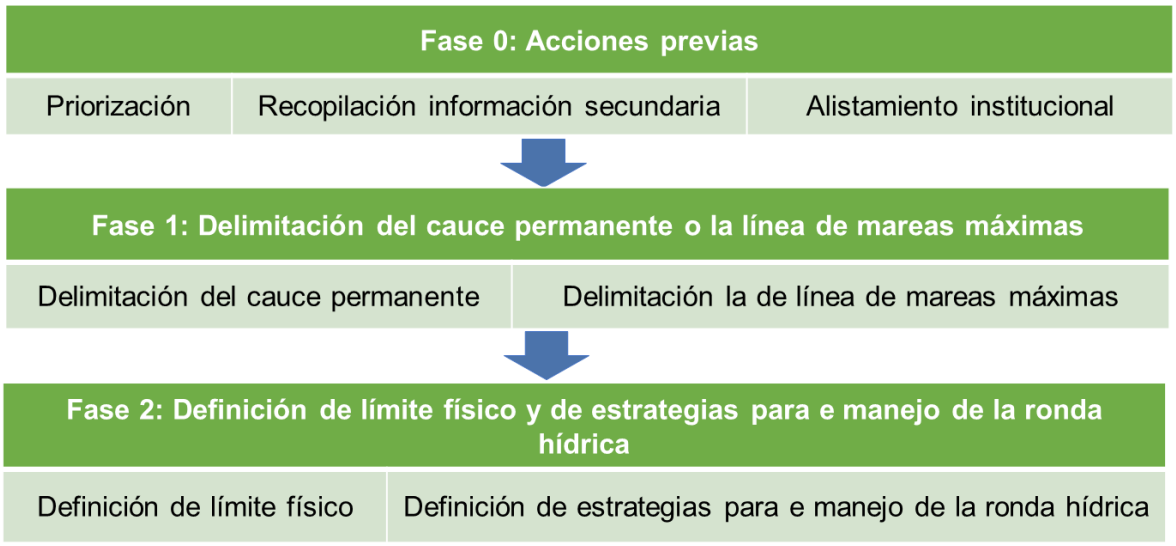


Figura 3. Fases y actividades para el acotamiento de la ronda hídrica y el establecimiento de las estrategias para su manejo ambiental. Tomado de la guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (Minambiente, 2018, p35).

2.1 FASE 0. ACCIONES PREVIAS

Dentro de esta fase, la CARDER adelantó la priorización de las corrientes superficiales que requieren el acotamiento de la ronda hídrica desde 2018, teniendo como soporte el documento técnico: "*Priorización para el acotamiento de rondas hídricas en el departamento de Risaralda*", que fue adoptado mediante la Resolución 1510 de 2018. En este documento se definió el orden de prioridad para la implementación del acotamiento de la ronda hídrica establecido para las microcuencas y franjas hidrográficas del departamento. Mas adelante, en 2020, se hizo el análisis de las microcuencas con prioridad alta y muy alta con el fin de determinar los tramos a los cuales se le hará el acotamiento de la ronda hídrica, lo cual está consignado en el estudio: "*Documento base de soporte para el direccionamiento de acotamiento de rondas hídricas y toma de ortofotos en el municipio de Pereira*" (Vélez, Álzate, y Franco, 2020), donde se prioriza el municipio de Pereira con 26 franjas hidrográficas en la categoría de alta y muy alta.

Luego, se realizó un análisis con algunos mapas temáticos del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Pereira, que permitió un segundo filtro de priorización donde se seleccionaron 28 franjas hidrográficas que suman 22.830,18 ha, las cuales se encuentran en sectores con mayor presión ambiental y social, donde se debe actuar con prontitud para dar lineamientos claros en cuanto a la conservación del recurso hídrico (Vélez, Álzate, y Franco, 2020). De estas franjas hidrográficas, se seleccionaron para el acotamiento de la ronda hídrica, objeto del Convenio 492 de 2020, las siguientes quebradas: El Piñal (cuenca alta), Hato Viejo, Grande, Cauquillo, El Caucho (cuenca baja), Tinajas (cuenca baja), La Dulcera, El Oso, El Chocho, Púlpito, La Víbora y Leticia; y los ríos: Cestillal (cuenca media), Otún (urbano) y Consotá (cuenca media - baja).

2.2 FASE 1. DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE O DE LA LÍNEA DE MAREAS MÁXIMAS

El cauce permanente constituye una cicatriz visible en el terreno, dentro de la cual fluye la corriente de agua con sus sedimentos durante la mayor parte del tiempo. Su principal descriptor es su ancho. Para su delimitación, siguiendo la metodología propuesta en la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia, se utilizaron criterios asociados a la dinámica hidrológico-hidráulica y la geomorfología de las cuencas hidrográficas de las corrientes en estudio.

A continuación, se describe el proceso metodológico que se utilizó, en el cual se realizó las siguientes actividades: modelación hidráulica unidimensional, análisis de banca llena,

delimitación cauce actual (geomorfológico) y delimitación del cauce permanente. Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4.

2.2.1 Criterios hidrológicos e hidráulicos

Desde la dinámica hidrológica e hidráulica de los tramos priorizados se delimitó el cauce permanente, dando como resultado un acercamiento al área ocupada por los cuerpos de agua lóticos en el periodo intranual normal, basado en la información primaria levantada en campo, correspondiente al ortofotomosaico y modelo digital de elevación.

El modelo digital de elevación fue importante en la delimitación del cauce permanente porque permitió ver las cicatrices del terreno y extraer la topografía transversal a los ejes de los cauces, es decir, la misma dinámica hídrica de los cauces va generando cambios en la pendiente de las bancas del cauce y cambios en la vegetación que demarcan el límite del cauce permanente. Lo anterior, se da siguiendo los lineamientos de banca llena.

El cauce permanente se asocia desde la hidráulica como el espacio ocupado por el tránsito hidráulico de la avenida correspondiente al caudal formador o de banca llena. El período de retorno de este tipo de eventos es de 2,33 años, el cual se considera al caudal formador, de banca llena o cauce permanente; la estimación de estos caudales se presenta en el numeral 5.2.3.

Los modelos hidráulicos permiten estimar la extensión o la ocupación en el espacio de los eventos de inundación, sequía o cualquier otro caudal de interés que, desde el punto de vista social, impactan sobre las poblaciones aledañas a los cauces o desde la conservación permiten delimitar las rondas hídricas. Para la delimitación del cauce permanente en los tramos priorizados se empleó un modelo hidráulico unidimensional (1D), que se describe más adelante.

Los insumos primordiales para la delimitación preliminar es la topografía de detalle levantada en campo por Aeroestudios mediante LiDAR aerotransportado. La información utilizada tiene un tamaño de celda de 1 metro de lado, lo que se considera suficiente para identificar el eje del cauce y las secciones transversales en la mayor parte de los tramos estudiados.

2.2.1.1 Modelación hidráulica unidimensional (1D)

Los modelos hidráulicos permiten estimar la extensión o la ocupación en el espacio de los eventos de inundación, sequía o cualquier otro caudal de interés que, desde el punto de

vista social, impactan a las poblaciones aledañas a los cauces o que permiten delimitar las rondas hídricas.

Para la delimitación del cauce permanente de cada uno de los tramos desde el componente hidrológico de la ronda hídrica, se utiliza el modelo hidráulico HEC-RAS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE. UU. El modelo hidráulico permite simular el flujo en cauces naturales (o artificiales) y estimar diferentes propiedades del flujo como: el nivel y la velocidad a lo largo del cauce para determinados caudales. Es utilizado comúnmente en estudios de inundación para el conocimiento de la amenaza (zonas inundables).

Se implementó la modelación hidráulica unidimensional en flujo permanente para todos los tramos priorizados, dados sus resultados confiables, la rapidez en los procesos de cálculo (comparada con una modelación hidráulica bidimensional) y sus beneficios en los canales donde la componente transversal de la velocidad es nula o despreciable. Lo anterior, se sustenta en la hipótesis en que la lámina de flujo está a la misma cota (altura) a lo largo de toda la sección transversal. Un ejemplo de este tipo de comportamiento del flujo se da en cauces encañonados, sin grandes llanuras de inundación, condición que presenta la mayor parte de los tramos priorizados.

El modelo HEC-RAS soluciona a partir de la conservación de energía a través del método del paso estándar entre secciones las ecuaciones de Saint Venant unidimensionales, la estimación de las pérdidas de energía por fricción utiliza la ecuación de Manning y permite incluir pérdidas de energía por cambios de sección (contracciones y ampliaciones). Por ello, para la modelación hidráulica se requiere la siguiente información de entrada:

- Topografía del cauce.
- Rugosidad del cauce.
- Geometría de obras hidráulicas.
- Caudales de simulación.
- Condiciones de frontera.

Dada la característica de ser simulaciones para el conocimiento del cauce permanente, la topografía del cauce se obtuvo a partir de los resultados del LiDAR a con un DTM de 1 m de pixel. Este insumo permitió fotointerpretar el eje de los cauces de los tramos priorizados y extraer a partir del modelo digital de elevación las secciones transversales a los ejes para

cada tramo, generándose secciones transversales cada 10 metros, las cuales fueron ajustadas de acuerdo con la geometría del cauce.

La rugosidad de Manning se obtuvo para cada tramo siguiendo el método de Cowan Modificado. Este método estima un valor promedio a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo. Dichas características de cada cauce se obtuvieron a partir de la ortofoto y observaciones realizadas durante las visitas de campo. El cálculo detallado del valor del coeficiente de Manning se presenta para cada tramo en el anexo 1.

Para el montaje de los modelos hidráulicos y basados en el DTM se procedió a incluir una sección aguas arriba y una aguas abajo de las obras, según el levantamiento de campo (alcantarillas, box-culvert, puentes, entre otras) y lo evidenciado en el ortofotomosaico. Para mayor detalle de las obras identificadas y levantadas en campo ver anexo 2.

Finalmente, el régimen de flujo usado en la modelación 1D es mixto, debido a que está variando a lo largo del canal. Por lo tanto, se definieron también las condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo de cada tramo. La condición aguas arriba fue de flujo normal puesto que el flujo es uniforme y la pendiente de la línea de energía es igual a la pendiente del canal, que a su vez se obtiene de la diferencia de cotas en el DTM (modelo digital de terreno al inicio del tramo. Aguas abajo se usó la condición de cota conocida tomando como referencia la cota del DTM en la desembocadura o al final del tramo, asumiendo que este es el nivel base al que se recibe el afluente.

2.2.1.2 Concepto de banca llena

Además de la modelación hidráulica unidimensional para la delimitación del cauce permanente en cada uno de los tramos priorizados, la observación de las cicatrices del terreno y los cambios de pendiente en las secciones transversales se utilizó como criterio para definir los polígonos de cauce permanente en las zonas bajas, en donde la topografía LiDAR presenta limitaciones de identificación.

Las limitaciones de la topografía LiDAR se presentan en las zonas planas o de bajo gradiente hidráulico, o donde por la presencia de vegetación densa, como los guaduales no permite identificar adecuadamente el terreno. Por lo anterior, se aplicó esta metodología en dos (2) zonas primordialmente:

- Cuenca baja de la quebrada El Caucho.
- Cuenca baja del río Consotá.

Los resultados espaciales de aplicar esta metodología consisten en conocer el área correspondiente al cauce actual y que coincide con el cauce permanente, con la salvedad que, posiblemente el cauce permanente pueda ser de una extensión incluso mayor a la estimada, debido a la incertidumbre por las limitaciones de la tecnología LiDAR o por ser una zona donde la corriente divaga cambiando de cauce permanente dejando madres viejas (Figura 4).

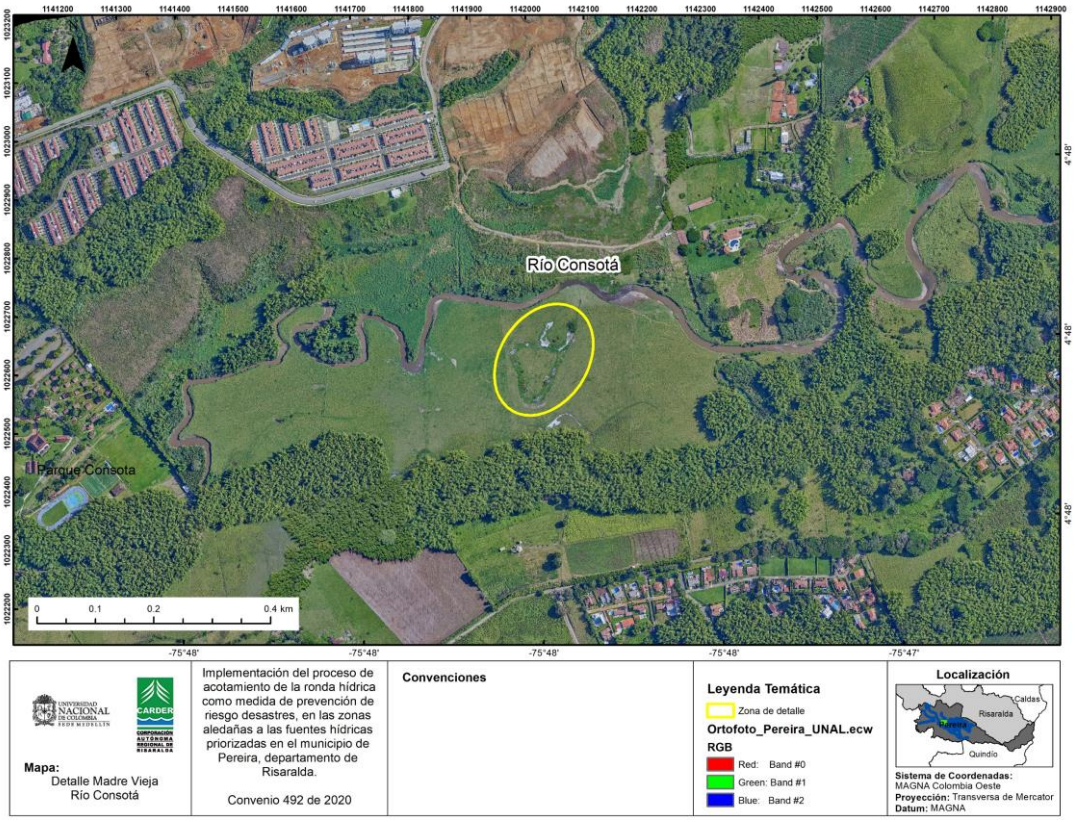


Figura 4. Ubicación madre vieja del río Consotá en la zona baja donde se utiliza el criterio de banca llena para definir el cauce permanente actual.

2.2.2 Criterios geomorfológicos

Como se dijo antes el cauce permanente en los sistemas lóticos es una cicatriz visible en el terreno, que ha sido moldeado naturalmente en el paisaje como resultado de la acción del flujo de agua y el consecuente transporte de sedimentos durante eventos de crecida

frecuentes relacionados con el ciclo hidrológico intra-anual, principalmente. Eventualmente, cuando los caudales son de gran magnitud, el cauce no tiene capacidad para transportarlos y éstos se desbordan sobre el terreno e inundan las riberas. Dada la menor frecuencia de presentación de tales eventos, sus huellas en el terreno son borradas con el paso del tiempo estableciéndose allí vegetación como un primer rasgo diferenciador (Minambiente, 2018).

Con el fin de establecer lo que indica la guía para la delimitación del cauce permanente, el componente geomorfológico realizó dos (2) campañas de campo. La primera consistió en un reconocimiento general de la zona de estudio. Posteriormente, en la segunda campaña, se estableció las franjas de influencias de los cuerpos de agua priorizados, en su gran mayoría del tipo lótico, la clasificación de los mismos de acuerdo a la forma de sus cauces, las geoformas aluviales y denudacionales que rodean dichos cauces.

La información levantada en campo fue analizada mediante el uso sistemático del modelo de elevación digital (perfiles topográficos), los cambios de pendiente (mapa del índice morfométrico de pendiente) y el ortofotomosaico, el cual permitió identificar cambios en la cobertura. Con estas herramientas se establecieron los cauces dobles y sencillos actuales de los tramos priorizados.

2.2.3 Definición cauce permanente

Una vez aplicado los criterios antes descritos se definió el cauce permanente. En la mayoría de los tramos en estudio, el cauce actual que fue delimitado a partir de los criterios geomorfológicos coincidió con el cauce permanente obtenido en la modelación hidráulica, específicamente en aquellas geoformas encañonadas y escarpadas. En tramos donde el cauce discurre por llanuras y planicies extensas, el cauce permanente se definió a partir de los criterios hidráulicos, utilizando el concepto de banca llena.

2.3 FASE 2. DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO Y DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LA RONDA HÍDRICA

2.3.1 Definición del límite físico de la ronda hídrica

La ronda hídrica tiene los siguientes elementos constituyentes: "*la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho, y el área de protección o conservación aferente*". El punto de partida es definir el límite físico desde el punto de vista funcional y establecer dentro de éste las estrategias para su manejo ambiental (Minambiente, 2018, p36). Para ello, se debe definir espacialmente los componentes hidrológico, geomorfológico y ecosistémico a partir de la

metodología que se describe detalladamente en la Guía técnica y que se sintetiza a continuación. Luego, utilizando la herramienta SIG se define la envolvente a los tres (3) polígonos, la cual determina el límite físico de la ronda hídrica a partir de la línea de cauce permanente.

2.3.1.1 Componente geomorfológico

La geomorfología se desarrolla en dos (2) escalas, como a continuación se describe.

2.3.1.1.1 Identificación y clasificación de las geoformas a escala 1:25.000

Para enmarcar el estudio geomorfológico y como insumo para el componente ecosistémico y la definición de la ronda hídrica, se presenta el mapa geomorfológico a escala 1:25.000 de una región que enmarca las subcuencas hidrográficas correspondientes a los tramos priorizados, objeto del presente estudio. Para la elaboración de este insumo se partió de información suministrada por la CARDER, contenida en los POMCA del río Otún (CARDER et al., 2016) y POMCA del río La Vieja (CVC et al., 2016); los dos (2) informes presentan sus mapas geomorfológicos respectivos de los cuales se extrajo el polígono de la zona de estudio.

La zona correspondiente a este informe se localiza justamente en el límite de las dos (2) cuencas, razón por la cual fue necesario revisarlo y reclasificarlo dado que aunque las dos (2) cartografías fueron realizadas con la metodología del hoy Servicio Geológico Colombiano (Carvajal et al., 2002), presentaban nomenclaturas diferentes para unidades que se encuentran simultáneamente en ambas cuencas. A algunas unidades se les modificó el nombre asignado y otras fueron agrupadas con el objetivo de simplificar la lectura del mapa.

Según la metodología citada las unidades geomorfológicas cartografiables a escala 1:100.000 se separan en cuatro (4) de los nueve (9) grandes ambientes morfogenéticos de que habla la citada metodología. En el área de interés se identificaron los siguientes ambientes: Estructural, Volcánico, Denudacional y Fluvial.

2.3.1.1.2 Componente geomorfológico: identificación y clasificación de las geoformas a escala 1:1.000

La delimitación del componente geomorfológico se definió teniendo en cuenta los procesos morfodinámicos. Las unidades morfológicas básicas típicamente asociadas a las rondas hídricas de estos tipos de cuerpos de agua pueden ser: llanura inundable moderna, terraza

reciente, escarpes, depósitos fuera del cauce permanente, islas (de llanura o de terraza), cauces secundarios, meandros abandonados, sistemas lénticos relacionados con la dinámica fluvial y aquellas porciones de la llanura inundable antropizadas (Minambiente, 2018). Para la definición de estas unidades se utilizó el modelo digital del terreno (DTM) de 1 m de resolución, perfiles topográficos, los cambios de pendiente (mapa del índice morfométrico de pendiente), el ortofotomosaico que permite identificar cambios en la cobertura, las curvas de nivel, los drenajes y el glosario de unidades y subunidades geomorfológicas (Servicio Geológico Colombiano (Sgc), 2015).

Por otro lado, para realizar la verificación en campo de las unidades morfológicas asociadas a las rondas hídricas, se consideró: i) los procesos morfodinámicos relacionados con la socavación, erosión y sedimentación; y ii) los ajuste a la forma de la sección, la pendiente, la sinuosidad, la migración y el movimiento lateral. Igualmente, se identificaron las intervenciones antrópicas que determinaban cambios geomorfológicos y fluviales. Finalmente, se definió en campo la franja requerida para el desarrollo de los procesos morfodinámicos en cada tramo por tipología de unidad morfológica. La franja se trazó a partir del cauce permanente de la corriente.

2.3.1.2 Componente hidrológico e hidráulico

Para la definición del componente hidrológico de la ronda hídrica de los tramos priorizados, se siguió el proceso metodológico descrito a detalle en los numerales 6.1.2.2 de la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (Minambiente, 2018). Este proceso se fundamenta en la representación espacial de las áreas inundadas durante eventos de periodo de retorno de 15 y 100 años (numeral de hidrología 5.2.3). El primero aplica a sistemas loticos poco intervenidos o sin modificaciones considerables en su morfología, mientras que los de 100 años se utilizan en zonas urbanas y de expansión urbana o en zonas con una alta presión antropogénica sobre el suelo.

Así mismo, el ortofotomosaico y el modelo digital de elevación permitieron identificar las obras de mayor envergadura sobre los cauces (alcantarillas, box-culvert, puentes, entre otras), la información de detalle de estas obras se levantó en campo (Anexo 2), y fueron incluidas en las modelaciones hidráulicas de periodo de retorno de 15 y 100 años, ya que éstas pueden representar un control hidráulico para el flujo durante el tránsito de los caudales de grandes magnitudes y de baja frecuencia.

Para la obtención de las manchas de inundación se partió de la modelación hidrológica, numeral 5.2.3, con la cual se obtuvieron los caudales para los periodos de retorno de 15 y 100 años, según el estado actual de los tramos en estudio, en lo que respecta a sus

modificaciones en su morfología, tal como se muestra en la Tabla 1. Para esta modelación hidrológica se utilizó el modelo precipitación - escorrentía HEC-HMS 4.8 desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers. Una vez obtenido los caudales de interés se procedió a la modelación hidráulica, la cual se hizo en 1D para todos los tramos y en 2D, para algunos tramos críticos. Para la modelación en 2D, se usó el modelo hidráulico bidimensional en IBERío

Tabla 1. Periodos de retorno para la definición de la mancha de inundación asociada a la componente hidrológica

TRAMO PRIORIZADO	ALTERACIONES EN SU MORFOLOGÍA	PERIODO DE RETORNO	CARACTERÍSTICAS
Quebrada Hato Viejo	Sin	15 años	Tramo rural sin alteraciones considerables
Quebrada Grande	Sin	15 años (1D) 100 años (2D)	Tramo rural sin alteraciones considerables, excepto en la parte alta que está intervenida
Quebrada La Leticia	Con	100 años	Tramo altamente intervenido con obras en el cauce antes de su desembocadura en el río Cauca (sector Caimalito)
Quebrada El Caucho	Sin	15 años	Tramo rural sin alteraciones considerables
Quebrada El Piñal	Sin	15 años	Tramo rural sin alteraciones considerables
Quebrada Cauquillo	Con	100 años	Tramo altamente intervenido por obras que cruzan el cauce y lagos artificiales, entre otros
Río Cestillal	Sin	15 años	Tramo rural sin alteraciones considerables
Río Consotá	Con	100 años	Tramo urbano altamente intervenido por obras paralelas y transversales al cauce
Quebrada Tinajas	Con	100 años	Tramo urbano que en la mayor parte de su recorrido está canalizado
Quebrada La Dulcera	Con	100 años	Tramo urbano altamente intervenido por obras paralelas y transversales al cauce
Quebrada El Oso	Sin	15 años	Tramo rural sin alteraciones considerables
Quebrada El Chocho	Sin	15 años	Tramo rural sin alteraciones considerables
Quebrada El Púlpito	Sin	15 años	Tramo rural sin alteraciones considerables
Quebrada La Víbora	Sin	15 años	Tramo rural sin alteraciones considerables

TRAMO PRIORIZADO	ALTERACIONES EN SU MORFOLOGÍA	PERIODO DE RETORNO	CARACTERÍSTICAS
Río Otún	Con	100 años	Tramo urbano alterado por obras paralelas y transversales al cauce, especialmente una obra de captación de agua para generación de energía

Como se mencionó en el numeral 2.2.1.1, la modelación hidráulica unidimensional asume que la dimensión longitudinal del cauce del río prevalece sobre la dimensión transversal al cauce, pero en algunos casos esta premisa no es válida debido a que la componente transversal al cauce tiene una importancia significativa o semejante a la componente longitudinal, tales casos se presentan en las llanuras de inundación, por la presencia de obras hidráulicas paralelas al cauce y en zonas de divagación del cauce, entre otras. Por ello, se recurrió a la modelación bidimensional, en la cual se considera que existen variaciones en el flujo en un plano horizontal teniendo en cuenta las componentes longitudinal y transversal del flujo.

Los modelos hidráulicos bidimensionales se consideran indispensables en aquellas zonas donde ambos componentes de la velocidad; en el sentido del flujo (longitudinal) y en el sentido transversal, tienen un peso importante, zonas donde no se debe aceptar la simplificación de asumir igual el nivel del flujo en toda la sección, tales casos se presentan en llanuras de inundación, por presencia de obras hidráulicas paralelas al cauce y en zonas de divagación del cauce, entre otras.

Por lo anterior, para todos los cauces objeto de estudio, se utilizó un modelo unidimensional (HEC-RAS) en flujo permanente para representar el movimiento del agua ante una eventual crecida, en estas modelaciones se incluyeron las diferentes estructuras hidráulicas que se identificaron previamente en campo: alcantarillas, box-culvert, puentes, pontones y que suelen representar un control hidráulico para el flujo, ocasionando incrementos de nivel del cauce aguas arriba de la estructura y de la velocidad del flujo aguas debajo de la misma. Adicionalmente, para los cauces en los que se identificó que la modelación unidimensional no era lo suficientemente representativa del comportamiento hidráulico del flujo, se complementó la simulación aplicando un modelo bidimensional (IBER) en tramos específicos.

Por lo tanto, se hace necesario recurrir a la modelación bidimensional, en la cual se considera que existen variaciones en el flujo en un plano horizontal teniendo en cuenta las componentes longitudinal y transversal del flujo. La modelación 2D permite discretizar el

terreno en una malla de cálculo que permite resolver las ecuaciones de movimiento a partir de elementos o volúmenes finitos.

La mayor desventaja de la modelación 2D es la alta demanda de tiempo computacional, donde el tiempo de cómputo es directamente proporcional al tamaño de la malla y al área de simulación. Para el caso que nos compete, se utiliza una malla no estructurada que se discretiza de tal modo que el cauce permanente sea representado por mínimo 5 celdas con el fin de evitar efectos de borde en el cálculo del flujo.

En los tramos priorizados se seleccionaron 6 zonas críticas donde se debe usar la modelación 2D, tales zonas son:

- Zona baja de la Quebrada El Caucho
- Zona media y confluencias del río Consotá
- Barrio Brisas del Consotá (Pereira) aguas abajo de la desembocadura de la quebrada La Dulcera al Consotá
- Quebrada Tinajas (Canalización) y confluencia con el río Consotá y confluencia con la quebrada El Oso
- Zona baja de la quebrada La Leticia
- Parte Alta de Quebrada Grande

La simulación hidráulica bidimensional representa entonces mayores tiempos de computación respecto a los modelos unidimensionales, por lo que su aplicación sólo se hizo en los tramos de interés y aguas arriba o aguas abajo de los mismos se utilizó la simulación unidimensional. Tanto para la modelación hidráulica unidimensional y bidimensional se tuvieron en cuenta las mismas condiciones de topografía (secciones transversales para el caso 1D y superficies y mallado para el caso 2D), e iguales condiciones de frontera externas empleadas en la modelación hidráulica para obtener las manchas por inundación.

La topografía de detalle para la modelación se obtuvo del DTM que se construyó a partir de la tecnología LiDARío La resolución horizontal de la cartografía es a una escala de 1:1000 para todos los tramos, intervenidos y poco intervenidos. La resolución vertical para los niveles de inundación es de 5 cm y para la topografía del terreno es de 10 cm.

Los resultados obtenidos para cada uno de los tramos en estudio se presentan en el 5.2.

2.3.1.3 Componente ecosistémico

La delimitación del componente ecosistémico se inició con la identificación de las zonas de vida, luego se procedió al cálculo de H (altura del dosel medio de la comunidad vegetal representativa de la zona de vida). Para ello se hizo la identificación de la vegetación que alguna vez ocupó naturalmente las áreas estudiadas haciendo uso del Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia en la página http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/ (Universidad Nacional de Colombia, 2019).

Una vez calculada la H, se definió N (densidad de drenaje (Dd) por unidad geomorfológica), para ello, se utilizaron las unidades geomorfológicas cartografiadas en los Planes de Ordenación y Manejo de los ríos Otún y La Vieja, y homologadas en el presente estudio. Con H y N se procedió a la delimitación del Componente Ecosistémico de la ronda hídrica, que es igual al producto de estas dos variables.

En el numeral 5.2.4 se describe detalladamente la metodología y se presentan los resultados obtenidos con la aplicación de la misma.

2.3.2 Directrices para el manejo ambiental de las rondas hídricas

El alcance de esta actividad es definir unas directrices mínimas para el manejo ambiental de la ronda hídrica a través de estrategias de preservación, restauración o usos sostenibles. Para ello, la Guía técnica propone la realización de las actividades que a continuación se describen.

2.3.2.1 Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica

Según lo establecidos en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011, dentro del límite físico de la ronda hídrica se encuentran sus dos elementos constituyentes: 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*", ii) "y el área de protección o conservación aferente". La identificación de estos elementos se hace una vez definido el límite físico de la ronda hídrica. 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. En los casos en que el componente hidrológico comprenda una extensión mayor o igual 30 metros, a partir del cauce permanente o de la línea de mareas máximas, "*la faja paralela*" será igual a 30 metros (Figura 5) y la extensión restante formará parte del "área de protección o conservación aferente". Si el componente hidrológico es menor de 30 metros, "*la faja paralela*" será igual a éste, y el "*área de protección o conservación aferente*"

corresponderá con el área complementaria obtenida desde la envolvente que integra los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico), tal como se observa en la Figura 6 (Minambiente, 2018).

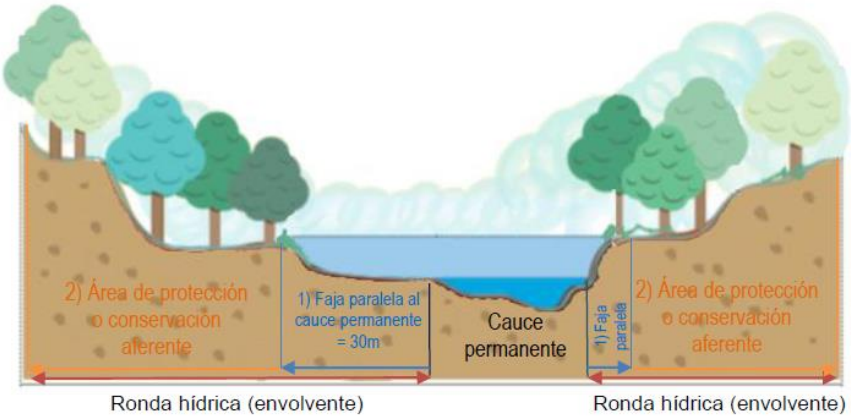


Figura 5. Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual al componente hidrológico (< 30 metros) y el resto es hasta el límite de la envolvente de los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico). Tomado de la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (Minambiente, 2018, p106).

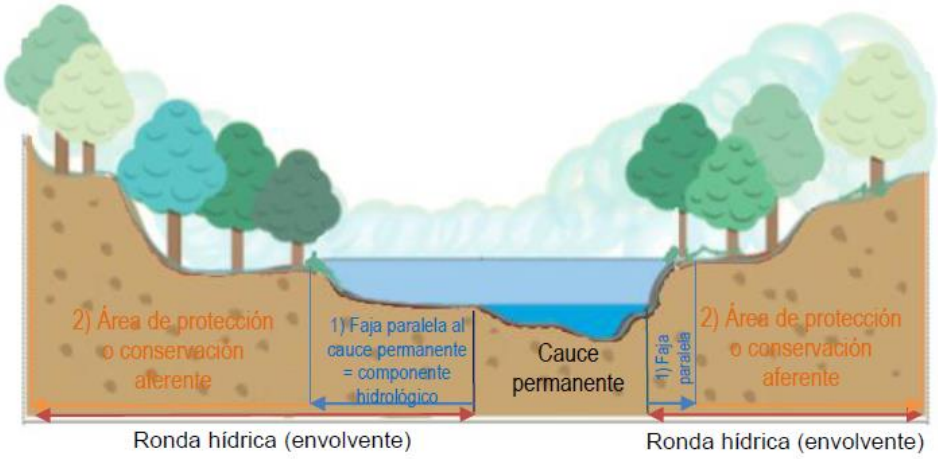


Figura 6. Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual al componente hidrológico (< 30 metros) y el resto es hasta el límite de la envolvente de los otros dos componentes (geomorfológico y ecosistémico). Tomado de la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (Minambiente, 2018, p107).

2.3.2.2 Identificación de servicios ecosistémicos

Para la identificación de los servicios ecosistémicos, tal como lo establece la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia, se asume la definición que propone la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – PNGIBSE- (Minambiente, 2012), Tabla 2, en la cual se establece que los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad. Estos se clasifican en los siguientes tipos: servicios de regulación, servicios de soporte, servicios de aprovisionamiento y servicios culturales (Minambiente, 2018).

Tabla 2. Tipos, definición y servicios ecosistémicos

TIPO	DEFINICIÓN	SERVICIOS
Servicios Soporte	Son servicios y procesos ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y la existencia de los demás servicios ecosistémicos. Estos servicios se evidencian a escalas de tiempo y espacio mucho más amplias que los demás.	• Formación del suelo. • Ciclos de los nutrientes. • Producción de materias primas. • Provisión de hábitat para especies.
Servicios de Aprovisionamiento.	Constituidos por el conjunto de bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas (MEA -Evaluación de Ecosistemas del Milenio, 2003).	• Alimentos. • Agua. • Madera y leña. • Fibras. • Recursos genéticos. • Bioquímicos (ingredientes naturales, plantas medicinales, productos farmacéuticos y productos cosméticos). • Pieles. • Mascotas.
Servicios de regulación	Beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas (MEA 2003).	• Mantenimiento de la calidad del aire. • La regulación del clima. • El control de la erosión. • El control de enfermedades. • La purificación del agua. • Control de erosión.
Servicios Culturales.	Beneficios intangibles que se obtienen de los ecosistemas (MEA 2003).	• Espirituales y religiosos. • Recreación y ecoturismo. • Estéticos. • De inspiración. • Educacionales.

TIPO	DEFINICIÓN	SERVICIOS
		• Sentido de identidad y pertenencia a un lugar. • Herencia cultural.

Fuente: Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación (Evaluación de Ecosistemas del Milenio -MEA-, 2003) y Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos –PNGIBSE- (Minambiente, 2012).

Para la identificación de los servicios ecosistémicos se diseñó una ruta metodológica, la cual se muestra en la Figura 7. Esta ruta es una adaptación de la propuesta en el "*Documento técnico de transferencia de conocimiento a la CARDER sobre la metodología para la definición del límite físico de las rondas hídricas y las estrategias de manejo ambiental de éstas*", realizado mediante Convenio Interadministrativo suscrito entra la CARDER y la Universidad Tecnológica de Pereira (2020). En esta ruta se muestran dos (2) procesos: i) el planteado por la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia, en donde partiendo del uso de la tierra y la caracterización de las actividades económicas que se realizan en la ronda hídrica, lo cual se define a partir de información secundaria y trabajo etnográfico, se identifican los servicios ecosistémicos; y ii) un proceso complementario en el cual se definen unas herramientas para la identificación de los servicios ecosistémicos.

En el proceso complementario se hizo una revisión de métodos para la identificación de los servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta que dado el alcance del estudio solo es posible considerar dos (2) fuentes de información complementaria, adicionales a la revisión de información secundaria disponible: la percepción de los actores sociales y la opinión de expertos. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó una búsqueda de métodos o herramientas para la identificación de los servicios ecosistémicos retomando tres (3) de los propuestos en el portal ValuES: Métodos para la integración de los servicios ecosistémicos en las políticas, la planificación y la práctica[1], los cuales son ampliamente utilizados en los estudios de gestión y ordenamiento territorial. Estos se describen a continuación:

- **Mapeo participativo:** el método del mapeo participativo no se basa principalmente en estadísticas o datos de investigación, sino en el conocimiento práctico de las personas. El mapeo participativo visualiza el conocimiento local y lo hace visible para todos. Hay varias herramientas de mapeo participativo disponibles (ValuES, 2021a), en este caso

[1] www.aboutvalues.net.

la estrategia metodología utilizada fue un taller donde se realizó la identificación preliminar de servicios ecosistémicos y eventos históricos de inundación usando como herramienta la cartografía social, trabajando sobre mapas que permitieron identificar el estado actual del territorio, usos del suelo y sitios de interés.

- **Entrevistas:** son un método clave para obtener información de primera mano y datos de campo sobre cualquier aspecto que sea de interés. Una adecuada aplicación y análisis permite avanzar significativamente en la comprensión de temas complejos. Existen varios formatos: una entrevista en profundidad, entrevista semiestructurada y entrevista estructurada (ValuES, 2021b). Para este estudio se utilizó la entrevista semiestructurada la cual fue aplicada lideres comunitarios y habitantes del área cercana a las corrientes priorizadas. El formato de dicha encuesta se presenta en el Anexo 3.
- **Discusión en grupos focales o grupo de expertos:** este método permite recopilar datos cualitativos en forma de una discusión planificada. Es una reunión de un pequeño número de personas convocada por un facilitador, en torno a un tema en particular (ValuES, 2021c). En este caso el grupo de expertos fueron los profesionales de las diferentes disciplinas que participan en el estudio. La discusión se dio en torno a la identificación de los servicios ecosistémicos de la ronda hídrica de los tramos priorizados objeto del presente estudio, su estado y tendencia.

Con la aplicación de los métodos antes descriptos se identificaron los servicios ecosistémicos, sus principales usuarios, estado y tendencia. Los resultados obtenidos se presentan por tramo priorizado en el numeral 6.3.

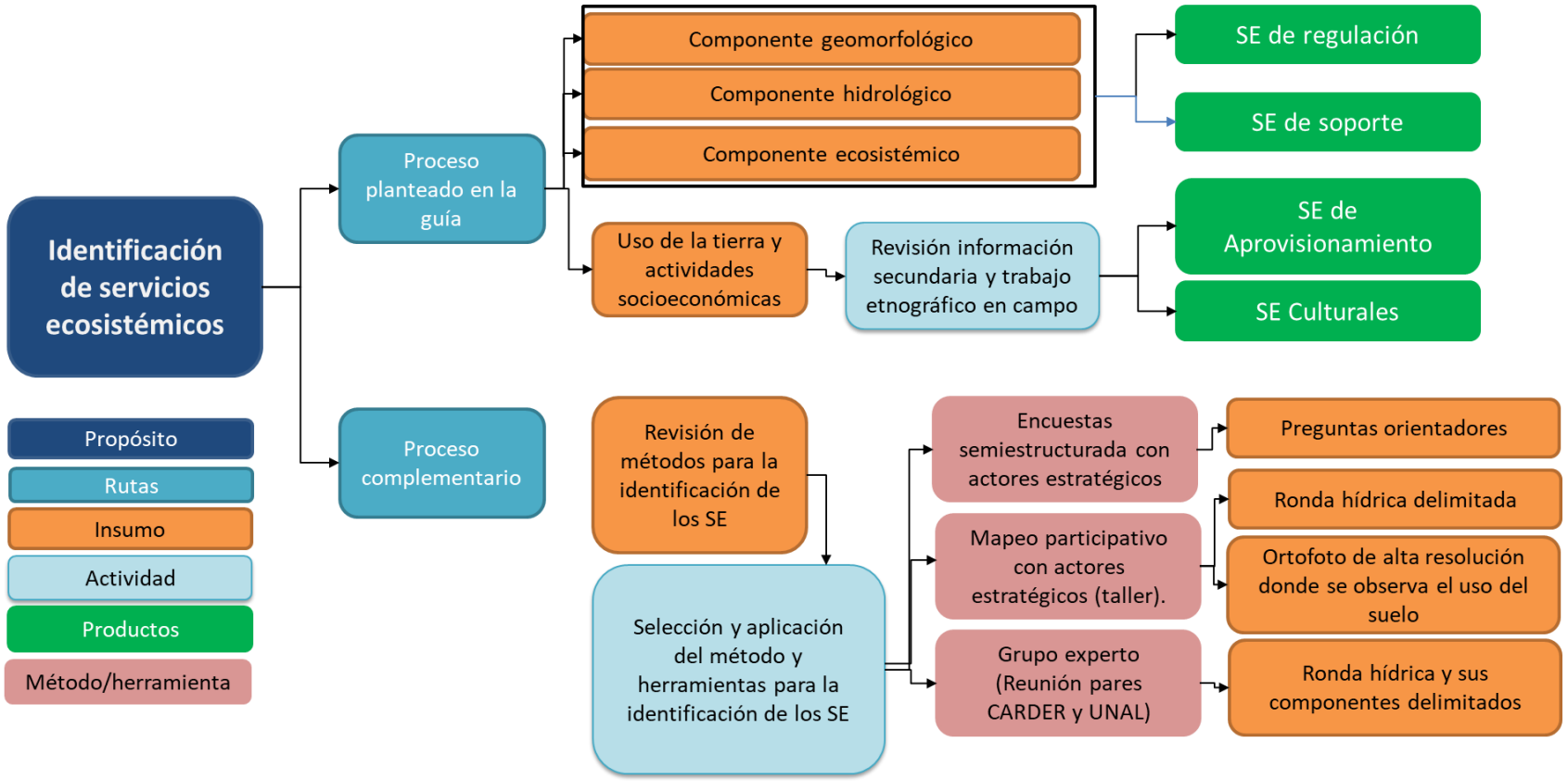


Figura 7. Ruta metodológica para la identificación de los servicios ecosistémicos de la ronda hídrica en los tramos priorizados. Adaptado de: Documento técnico de transferencia de conocimiento a la CARDER sobre la metodología para la definición del límite físico de las rondas hídricas y las estrategias de manejo ambiental de éstas (Universidad Tecnológica de Pereira & CARDER, 2020).

2.3.2.3 Estrategias para el manejo ambiental de las rondas hídricas

La Guía establece que se deben definir unas directrices mínimas para el manejo ambiental de la ronda hídrica a través de las siguientes estrategias, las cuales contribuyen al logro del objetivo de conservación planteado en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos:

- **Preservación:** con esta estrategia se busca mantener la composición, estructura y función de la biodiversidad, conforme a su dinámica natural y evitando los posibles disturbios que ocasionen las acciones humanas (Minambiente, 2018). Para su definición se debe identificar, dentro de la ronda hídrica, áreas a ser preservadas evitando la ocupación humana.
- **Restauración:** esta estrategia 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 (Minambiente, 2018). Para su definición se debe identificar, dentro de la ronda hídrica, áreas que hayan tenido algún tipo de intervención y donde pueda restituirse el ecosistema natural a través de acciones de restauración.
- **Uso sostenible:** corresponde a áreas donde se permite actividades que no afectan la funcionalidad de la ronda hídrica (Minambiente, 2018). Para su definición se debe identificar, dentro de la ronda hídrica, áreas, que puedan destinarse a usos sostenibles compatibles con el objeto de conservación de la ronda hídrica.

Con estas estrategias se busca evitar la generación de condiciones de riesgos por inundación, avenidas torrenciales y estabilidad geotécnica al prevenir la exposición de personas, bienes o servicios, así como orientar su aprovechamiento de manera sostenible (Minambiente, 2018).

En la Figura 8 se muestra la ruta metodológica a seguir, la cual es una adaptación de la propuesta en el "*Documento técnico de transferencia de conocimiento a la CARDER sobre la metodología para la definición del límite físico de las rondas hídricas y las estrategias de manejo ambiental de estas*", realizado mediante Convenio Interadministrativo suscrito entra la CARDER y la Universidad Tecnológica de Pereira (2020).

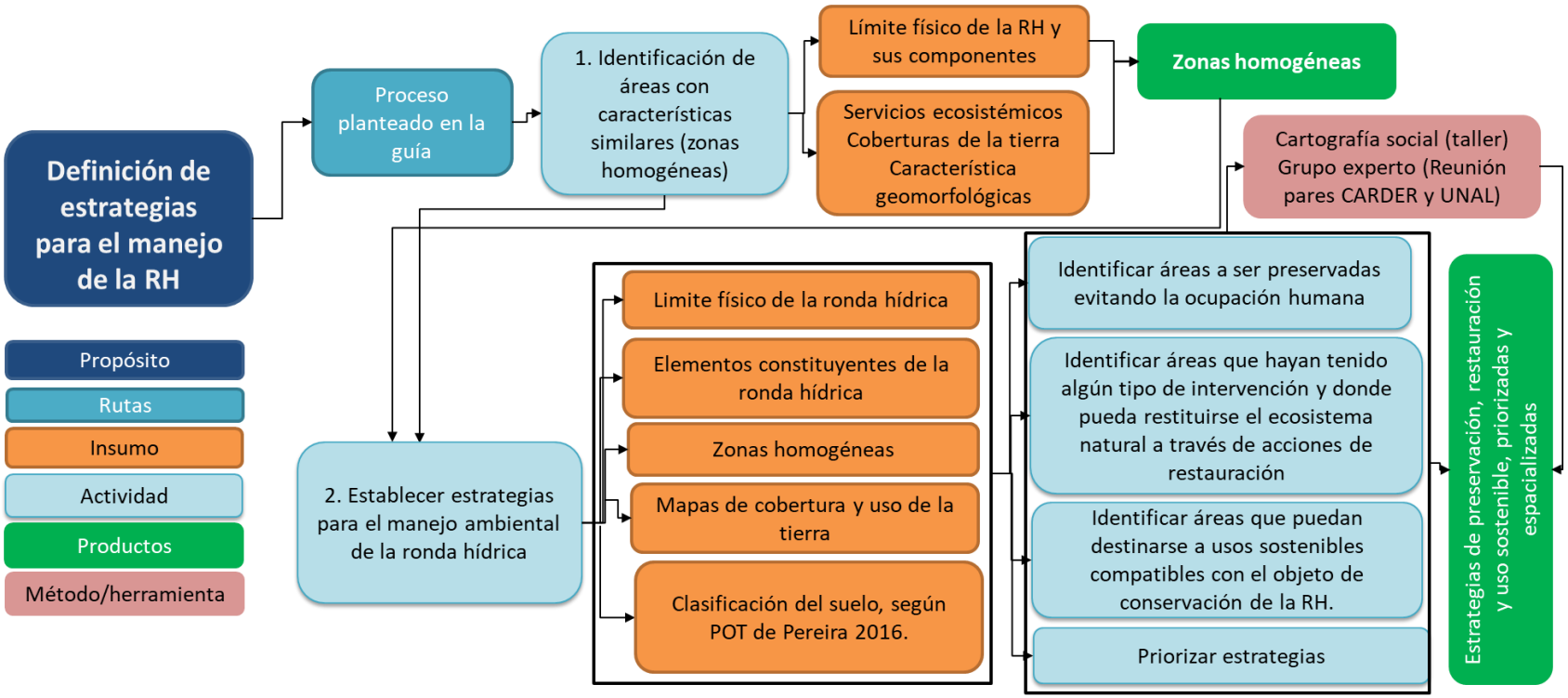


Figura 8. Ruta metodológica para la definición de las estrategias de manejo ambiental de las rondas hídricas en los tramos priorizados. Adaptado de: Documento técnico de transferencia de conocimiento a la CARDER sobre la metodología para la definición del límite físico de las rondas hídricas y las estrategias de manejo ambiental de éstas (Universidad Tecnológica de Pereira & CARDER, 2020).

3. LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN DE DETALLE

A continuación, se describen los procesos de la toma de fotografías aéreas, la adquisición de datos LIDAR y la elaboración de productos digitales como ortofotografía, DTM, DSM y curvas de nivel, desarrollados en el marco del Convenio 492 de 2020 por Aeroestudios S.A.S.

3.1 EQUIPOS UTILIZADOS

Para los sobrevuelos Aeroestudios dispuso de los siguientes recursos físicos: una aeronave Cessna U-206-G identificada con la matrícula HK 2899 (Foto 1), un sistema LiDAR marca Reigl modelo LMS-Q 560 (Foto 2), un IMU (Inertial Mesurement Unit) modelo 410 Applanix, una cámara métrica digital marca Vexcel modelo Ultracam Lp de 92 megapíxeles, instalada sobre la base UltraMount GSM3000 giroestabilizada (Foto 2) y de equipos de navegación Tracker y Postrack apoyados en GPS para las tomas aerofotográficas y LiDARío

Para la realización del fotocontrol y el posicionamiento de la estación de rastreo, se utilizaron receptores tipo geodésicos (GPS), marca GNSS TOPCON HIPER II y LEICA 1230+, acompañados de trípodes y bastones.



Foto 1. Aeronave Cessna U-206-G, matrícula HK2899



LiDAR RIEGL LMS-Q 560	Cámara Vexcel Ultracam LP, instalada sobre la base giroestabilizada UltraMount GSG 3000

Foto 2. Equipos aerotransportados

Para el procesamiento de los datos (aéreos y terrestres), se utilizaron dos estaciones digitales marca Dell Precision, con 12 y 96 Gb. en RAM, 4 discos duros de 4 TB y tarjeta de video marca Nvidia de 2 Gb. Asimismo, se contó con cuatro estaciones de trabajo, marca Dell Precisión Workstation 8 Gb de memoria ddr3 a 1600mhz, disco duro Sata de 1tb 7200 rpm de 3.5" 1.

El programa implementado para la planificación del plan de vuelo se denomina TRACKER, para el procesamiento de las fotografías aéreas se empleó Ultramap, para el procesamiento de los datos LiDAR se usaron Ri-analyze y Terrasolid, para la triangulación, ortorectificación y generación de la aerofotografía ortorectificada y georeferenciada se empleó el INPHO. La Tabla 3 presenta las cantidades de equipos utilizados en este proyecto.

Tabla 3. Descripciones y cantidades de equipos utilizados en el Proyecto

ITEM	PROCESO	CANTIDAD	EQUIPO
1	Sobrevuelos	1	Aeronave Cessna U-206 G, HK 2899.
2	Toma de fotografías aéreas	1	Cámara Vexcel Ultracam Lp, 92 Megapíxeles.
3	Toma de fotografías aéreas	1	Base Giroestabilizada Vexcel UltraMount 3000.
4	Medición Inercial	1	IMU 410 Applanix.
5	Adquisición Datos LiDAR	1	LiDAR Reigl modelo LMS-Q 560
6	Aeronavegación	2	Tracker y Postrack
7	GPS Aerotransportado	1	Antena Novatel A72 GOLA-TW.
8	Topografía	3	GPS RTK HIPER II y Leica 1230+
9	Apoyo geodésico	3	Trípodes y bastones.

ITEM	PROCESO	CANTIDAD	EQUIPO
10	Transporte terrestre	1	Vehículo
11	Software	12	Tracker, PosTrack, Ri-analyze, Terrasolid, Inpho, TopconTools, Autocad Map, Arc Gis, Microstation, Global Mapper, Geocol 2004.

3.2 PROCEDIMIENTOS DE VUELOS

Los procesos involucrados en los estudios de fotogrametría y adquisición de datos LiDAR, para los productos contratados, son los siguientes:

- Etapa 1. La planificación, solicitud de permisos de vuelo y diseño de plan de vuelo.
- Etapa 2. Sobrevuelos, toma de fotografías aéreas y adquisición de datos LiDARío
- Etapa 3. Evaluación de las fotografías aéreas y datos LiDARío

A continuación, se describen las etapas y procesos del desarrollo del proyecto.

3.2.1 Planificación

3.2.1.1 Diseño del plan de vuelo

Para la toma de fotografías y la adquisición de datos LiDAR se ejecutó un plan de vuelo combinado con un traslapo lateral del 70% y un traslapo longitudinal del 65% y una altura de 750 m sobre el terreno, garantizando el GSD de 10 cm de pixel en las fotografías y la densidad de 6 a 10 puntos por m^2 (Figura 9). Lo anterior con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en el Convenio 492 de 2020.

3.2.1.2 Sobrevuelos

3.2.1.2.1 Toma de fotografías aéreas y adquisición de datos LiDARío

Para la toma de fotografías aéreas y adquisición de datos LiDAR se empleó como base de operaciones el aeropuerto Internacional Matecaña código IATA: PEI y OACI: SKPE, ubicado en la ciudad de Pereira, Risaralda. El plan de vuelo se presenta en Figura 9.

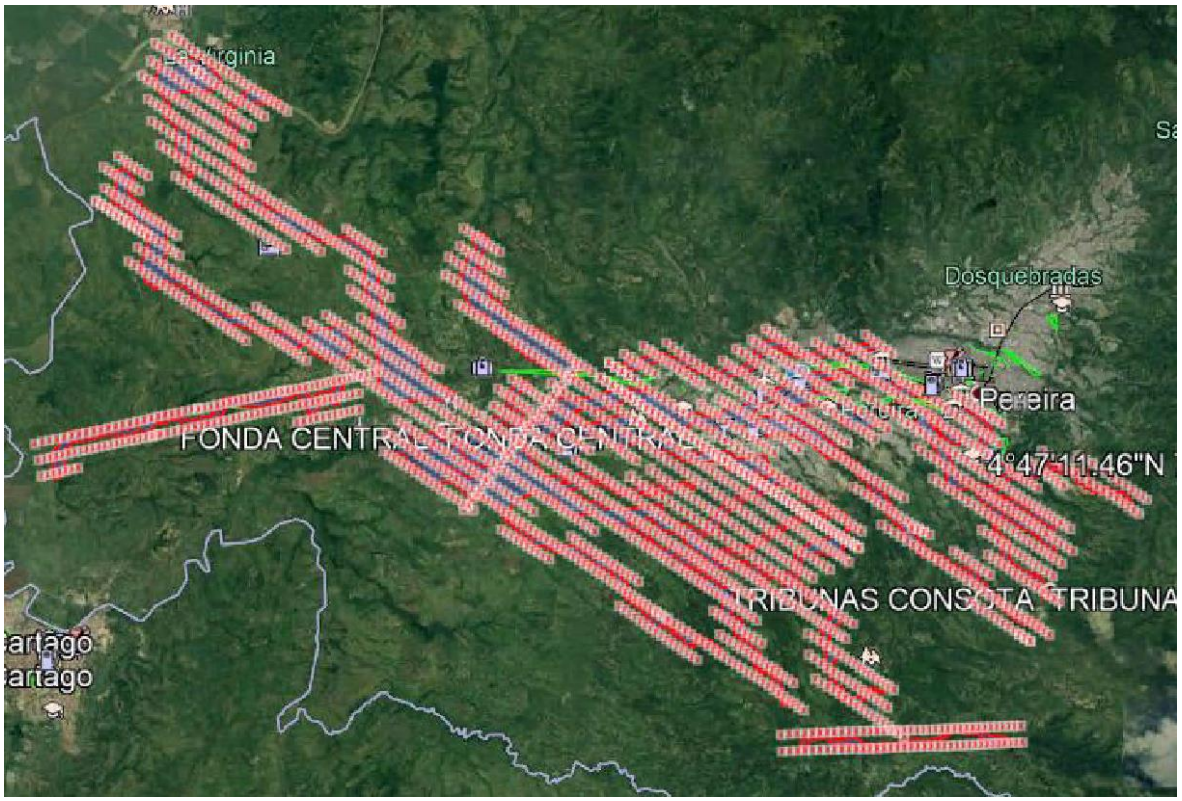


Figura 9. Plan de vuelo GSD 10 cm de Pixel.

El procedimiento que se siguió con los sobrevuelos fue el siguiente:

- Se ubicó la base GPS en un área cercana al proyecto para comenzar la adquisición de datos, con distancias no superiores a 15 km, amarradas a la red geodésica nacional.
- El vuelo se realizó en un rango de altura de 750 m a 1000 m sobre el terreno.
- Se realizó la toma de datos teniendo en cuenta el plan de vuelo diseñado.
- Después de cada vuelo se procesaron las bases GPS en tierra y el GPS del avión, que contienen la trayectoria y los datos IMU (unidad de medida inercial).
- Se realizó una pre-evaluación de los datos LiDAR, en la cual se verifica la cobertura y la densidad de puntos adquirida con los archivos livianos.
- Se realizó una pre-evaluación de las fotografías aéreas en el mismo vuelo antes de apagar la cámara, detectando presencia de nubosidad, sombras y la sobrexposición en las fotografías.

3.2.2 Evaluación de las fotografías aéreas

Una vez realizada la toma de las fotografías, en oficina se procedió con el revelado digital en el software Ultramap, cumpliendo con las características técnicas señaladas por el fabricante, tales como calidad, resolución, integridad de los archivos y su numeración.

En este proceso se hace visible la imagen en un formato final (no raw), en el cual se verificó la cantidad de las fotografías aéreas, en relación con el informe de vuelo reportado por el navegante. Como control de calidad, se realizó una inspección visual de la totalidad de las fotos para aislar, de ser necesario, fotografías con nubosidad mayor al 10% o con presencia de sombras e imágenes sobre expuestas, también se garantiza la escala, los empalmes longitudinales y transversales el tamaño de pixel de 10cm y la visibilidad de los objetos presentes en la superficie del terreno.

Por último, se realizó un balance radiométrico de las imágenes para regularizar los valores radiométricos obtenidos entre las diferentes pasadas y así lograr un ajuste adecuado de contraste e intensidad. Ya con este control de calidad finalizado se procedió a revelar en alta resolución en formato ECW (Figura 10).



Figura 10. Fotografía aérea para los tramos priorizados en el Municipio de Pereira.

3.3 EVALUACIÓN DE LOS DATOS LIDAR

Una vez se realizó la adquisición de datos LiDAR, se procedió a evaluar los siguientes aspectos: alineación de los datos, densidad de puntos por metro cuadrado, clasificación de la nube de puntos, altimetría. En la Figura 11 se muestra la nube de puntos LIDARío



Figura 11. Nube de puntos LiDARío

Los resultados obtenidos a partir de la misión LiDAR son:

- Conteo de puntos LiDAR = 445.007.490
- Densidad de puntos LiDAR = 10 puntos/m^2
- Elevación mínima = 894.81 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
- Elevación máxima = 1813.27 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

Tabla 4. Cantidad de puntos según el tipo de retorno.

Tipo de retorno	Conteo de puntos	%	ZMIN	ZMAX
All Returns	445.007.490	100	894,27	1.813,27
Single	247.507.310	55,62	894,81	1.813,27
First-of-Many	86.511.790	19,44	895,48	1.812,78
Second-of-Many	24.813.030	5,58	895,71	1.811,98
Third-of-Many	86.175.360	19,36	895,02	1.813,05

3.4 PROCESAMIENTO DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y LOS DATOS LIDAR

3.4.1 Aerotriangulación y corrección ortogonal

Con el resultado numérico de las coordenadas obtenidas durante el trabajo de campo de fotocontrol se realizó una triangulación global donde se verificó la precisión y calidad de los datos, además de producir y conocer los valores residuales que generan una malla de puntos sobre el terreno con coordenadas y cotas reales, indispensable para los siguientes procesos (Figura 12).

Este proceso generó un reporte automático de los errores estimados (RMSE), los cuales al encontrarse dentro de las especificaciones esperadas permitieron la aceptación de la aerotriangulación. La digitalización de los puntos mencionados se efectuó estereoscópicamente los cuales pasan a ser puntos de control secundarios, ya que asumen coordenadas de igual precisión que los de control. Al finalizar esta actividad, la totalidad de los modelos se encontraron georreferenciados tridimensionalmente, es decir, se completaron las orientaciones internas, relativas y absolutas, aptas para la corrección ortogonal.

Esta información está sujeta a las disposiciones contempladas por el IGAC en las resoluciones 1392, 63 y 64, las cuales estipulan la precisión planimétrica para la escala requerida. El resultado de la aerotriangulación es de una precisión inferior a los 8 cm, aclarando que la precisión del bloque fotogramétrico es respecto a los puntos de control en campo.

Finalmente, se sometieron las imágenes a la corrección ortogonal y se realizó el empalme de fotografías aéreas creando una sola imagen, la ortofotografía en escala 1:5.000, la cual quedó amarrada a la red geodésica nacional con visualización de coordenadas y compensación de los tonos que componen la imagen (Figura 13).

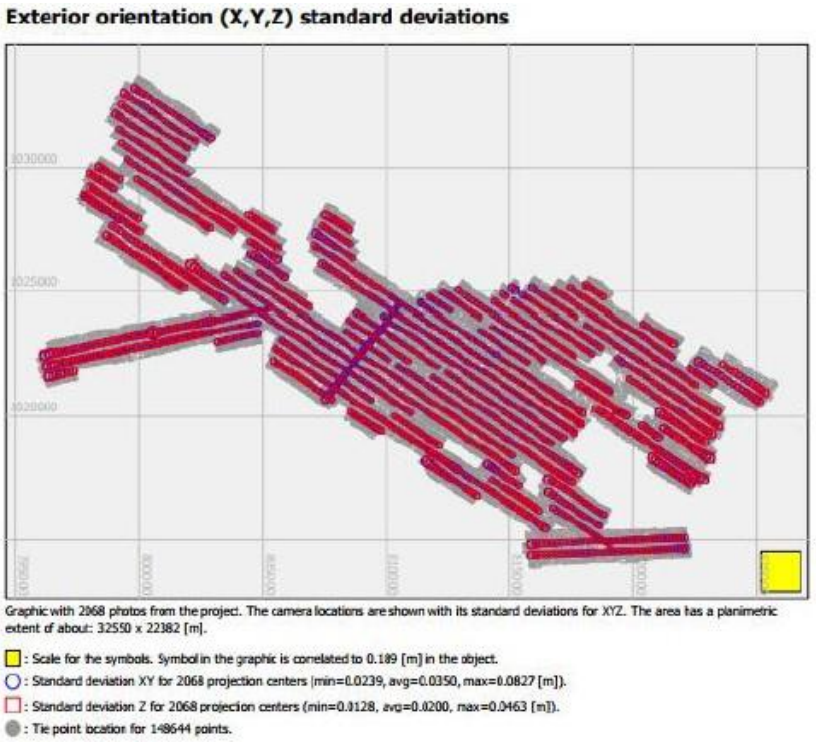


Figura 12. Aerotriangulación de las fotografías aéreas de los tramos priorizados en el municipio de Pereira.



Figura 13. Resultado de la ortofoto de los tramos priorizados el municipio de Pereira.

3.5 PROCESAMIENTO DE DATOS LIDAR

Se ha adelantado el proceso de generación del modelo y digital de terreno (DTM) y modelo digital de superficie (DSM). También se hizo la validación de la nube de puntos LiDAR con los puntos del fotocontrol levantados en el proyecto.

El Modelo Digital de Terreno (DTM) con una resolución de 1m x 1m se obtuvo a partir de la nube de puntos LiDARío Utilizando todos los puntos clasificados como terreno (Ground), se generó el modelo tridimensional detallado con coordenadas en X, Y y Z, en formato GeoTiff (Figura 14).

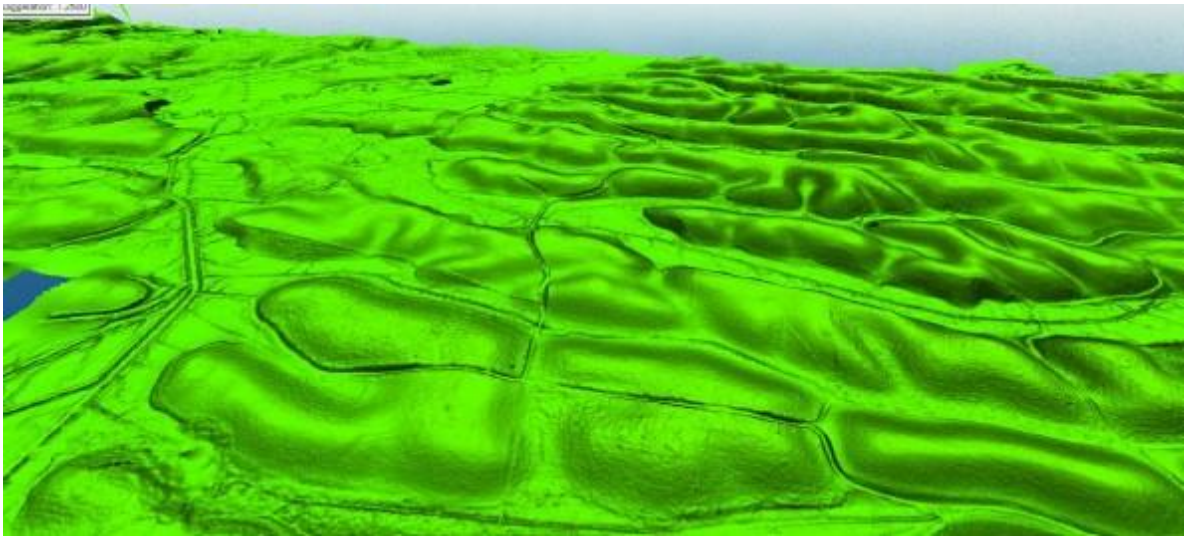


Figura 14. Modelo digital de terreno 1m x 1m de los tramos priorizados en el Municipio de Pereira, objeto del Convenio 492 de 2020

Por su parte, el Modelo Digital de Superficie (DSM) con una resolución de 1m x 1m, se obtuvo a partir de la nube de puntos LiDARío Utilizando todos los puntos se generó el modelo tridimensional detallado con coordenadas en X, Y y Z, en formato GeoTiff (Figura 15).

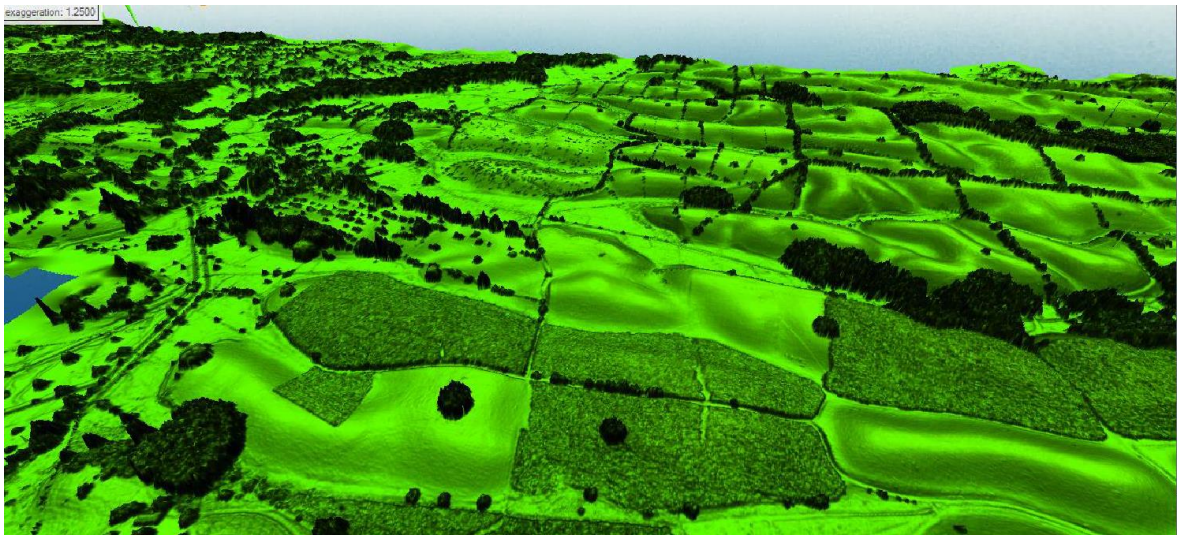


Figura 15. Modelo digital de superficie 1m x 1m de los tramos priorizados en el Municipio de Pereira, objeto del Convenio 492 de 2020.

3.6 PRODUCTOS OBTENIDOS

A continuación, se describen los productos entregados por Aeroestudios.

3.6.1 Ortofotografía

Se realizó una ortofotografía a color (RGB) en escala 1:1.000, con una resolución de píxel de 10 cm, la cual consiste en el enlace de todas las imágenes fotográficas, métricas, verticales, donde se visualizan las coordenadas y se eliminan las distorsiones y los errores de empalme (Figura 16).

La producción de la ortofotografía se realizó por el proceso de fotogrametría digital y es una representación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en donde todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.



Figura 16. Ortofoto correspondiente a los tramos priorizados en el municipio de Pereira.

3.6.2 Modelo Digital de Terreno (DTM)

El modelo digital del terreno DTM con una resolución de 1m x 1m, se obtuvo a partir de la nube de puntos LiDAR, utilizando todos los puntos clasificados como terreno (Ground) y se generó el modelo tridimensional detallado con coordenadas en X, Y y Z, en formato GeoTiff. (Figura 17).

3.6.3 Curvas de nivel

Se generaron las curvas de nivel a partir del modelo digital del terreno con un espaciamiento de 1 metro entre sí (Figura 18).

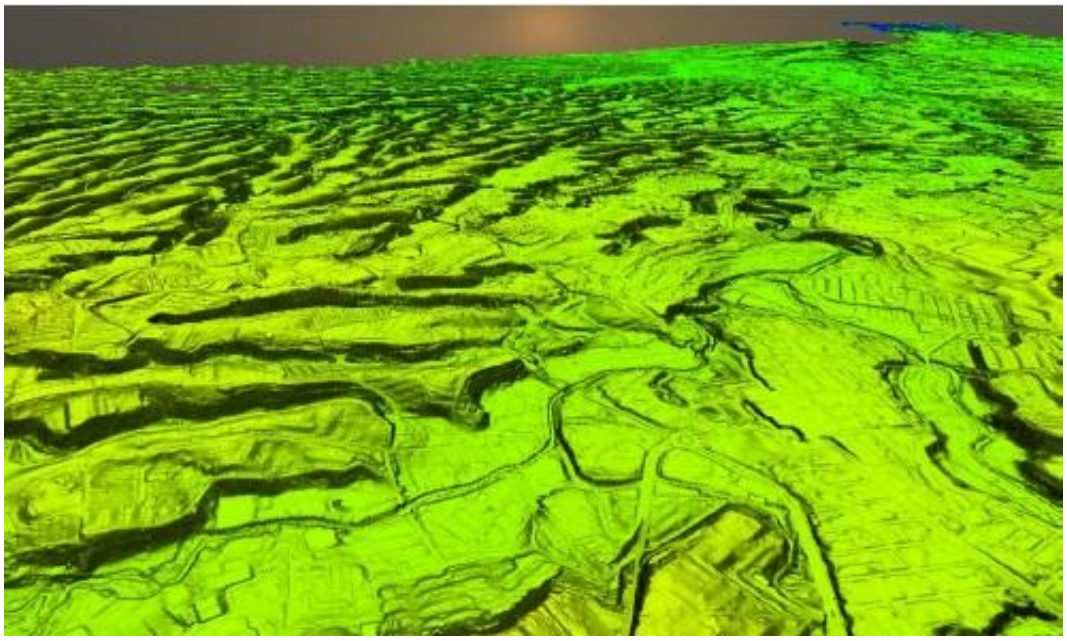


Figura 17. DTM con resolución de 1mx1m para los tramos priorizados en el Municipio de Pereira, objeto del Convenio 492 de 2020.

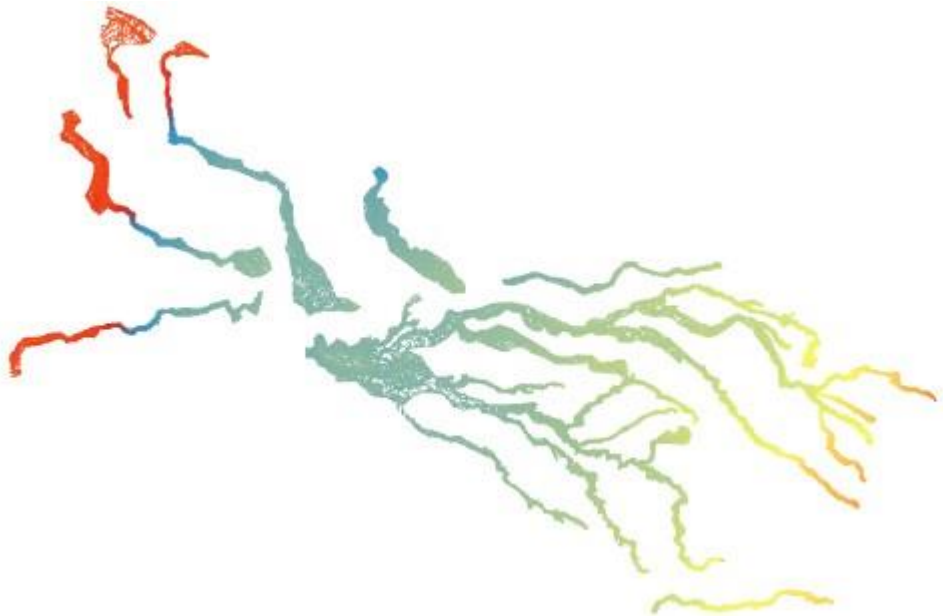


Figura 18. Curvas de nivel 1 m para los tramos priorizados en el Municipio de Pereira, objeto del Convenio 492 de 2020.

3.6.4 Restitución cartográfica (Geodatabase)

Se realizó la restitución cartográfica a partir de una TrueOrtho, a color (RGB), imagen totalmente vertical que no tiene perspectivas y permite capturar todos los objetos en la posición correcta en 2D, por lo tanto, se realizó la restitución a escala 1:1.000, con el modelo de datos del IGAC para Geodatabase. (Figura 19).



Figura 19. Restitución cartográfica para los tramos priorizados en el municipio de Pereira.

4. DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE

Como se describió en la metodología (numeral 2.2), la delimitación del cauce permanente se realizó a partir de criterios geomorfológicos e hidrológicos – hidráulicos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los tramos.

4.1 DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE A PARTIR DE CRITERIOS GEOMORFOLOGICOS

De acuerdo con la metodología descrita en el numeral 2.2.2, se realizó la delimitación preliminar del componente geomorfológico donde se clasificaron y agruparon las corrientes de acuerdo a sus características. Morfológicamente, en términos de pendiente, ancho y relieve relativo, se identificaron seis (6) tipos de cauce (Tabla 5). En la unidad 1 se tienen el cauce encañonado, relativamente profundo y estrecho del río Otún; en la segunda unidad están los cauces encajados enmarcados en gran parte por laderas de fuerte pendiente, con un relieve relativo mucho menor que los tramos priorizados del río Otún; un tercer tipo de cauces se encuentran, en algunos tramos intermedios, con llanuras aluviales amplias en un paisaje colinado suave, pero de pendientes fuertes, cuyo inicio marca muy bien el ancho de las geoformas de origen aluvial; en la cuarta unidad se tiene la zona amplia de la quebrada Tinajas y parte media de la cuenca del Consotá, donde el cauce se caracteriza por la alta intervención antrópica, en la unidad 5, se encuentran los cauces enmarcados en relieves relativos bajos y están altamente intervenidos por acción antrópica; y finalmente, un sexto tipo de cauce de análisis es el del río Cestillal.

Tabla 5. Clasificación de los tramos priorizados de acuerdo a las características de su cauce permanente.

Unidad	Tipo de cauce	Tramo priorizado
1	Encañonado profundo y estrecho	Río Otún
2	Encajados enmarcados en un relieve de laderas escarpadas	Quebradas: El Chocho, La Víbora, Púlpito, El Oso, La Dulcera y El Caucho (parte media y alta y sus afluentes).
3	Con llanuras aluviales amplias en un paisaje colinado suave, pero de pendientes fuertes, cuyo inicio marca muy bien el ancho de las geoformas de origen aluvial	Parte baja del río Consotá y la Quebrada El Caucho
4	Cauce que se desarrolla en la parte amplia de la cuenca del Consotá y se caracteriza por la alta intervención antrópica	Cuenca alta del río Consotá y la quebrada Tinajas

Unidad	Tipo de cauce	Tramo priorizado
5	Tramos intervenidos antrópicamente en la parte alta, en la media cauce encajado con escarpes y en la baja es amplia la zona del cauce	Quebrada Hato Viejo
	Tramos intervenidos antrópicamente en la parte alta y media, en la baja cauce encajado y se amplía en su desembocadura en el río Cauca	Quebrada Grande
	Tramos intervenidos antrópicamente en la parte alta, en la media encañonada y en la baja se amplía	Quebrada El Piñal
	Cauce intervenido en gran parte de su trayecto, relieves relativos y pendientes bajas	Quebradas: Cauquillo y La Leticia
6	Cauce encajado	Río Cestillal

De la clasificación y análisis de todos los tramos desde el punto de vista geomorfológico, se pudo determinar, en la mayoría de los casos, el cauce permanente coincide con el cauce actual y no es posible diferenciarlos entre sí. Por otra parte, en aquellas zonas o tramos donde se observa la cicatriz del cauce actual pero no es posible establecer el cauce permanente, ya que posee unas llanuras o planicies de inundación extensas, el cauce permanente geomorfológico será aquel definido por el concepto de banca llena modelado por el componente hidrológico.

Concluyendo, en tramos donde es posible identificar el cauce actual y ocurre en geoformas encañonadas y escarpadas, este cauce será el análogo del cauce permanente. En tramos donde el cauce ocurre en llanuras y planicies extensas el cauce permanente geomorfológico será el determinado por el componente hidrológico.

A continuación, se hace una descripción detallada de las unidades identificadas según las características de los cauces.

4.1.1 Unidad 1

Aquí se clasifica el cauce del río Otún localizado hacia el noreste de Pereira y cuyo recorrido es este-oeste (Figura 20). Las pendientes se encuentran entre 25 y 45 °, se caracteriza por su cauce estrecho que en algunos tramos va de recto a sinuoso, es encañonado y está enmarcado en un paisaje colinado con relieves relativos entre 100 y 300 m y con un grado de incisión alta.

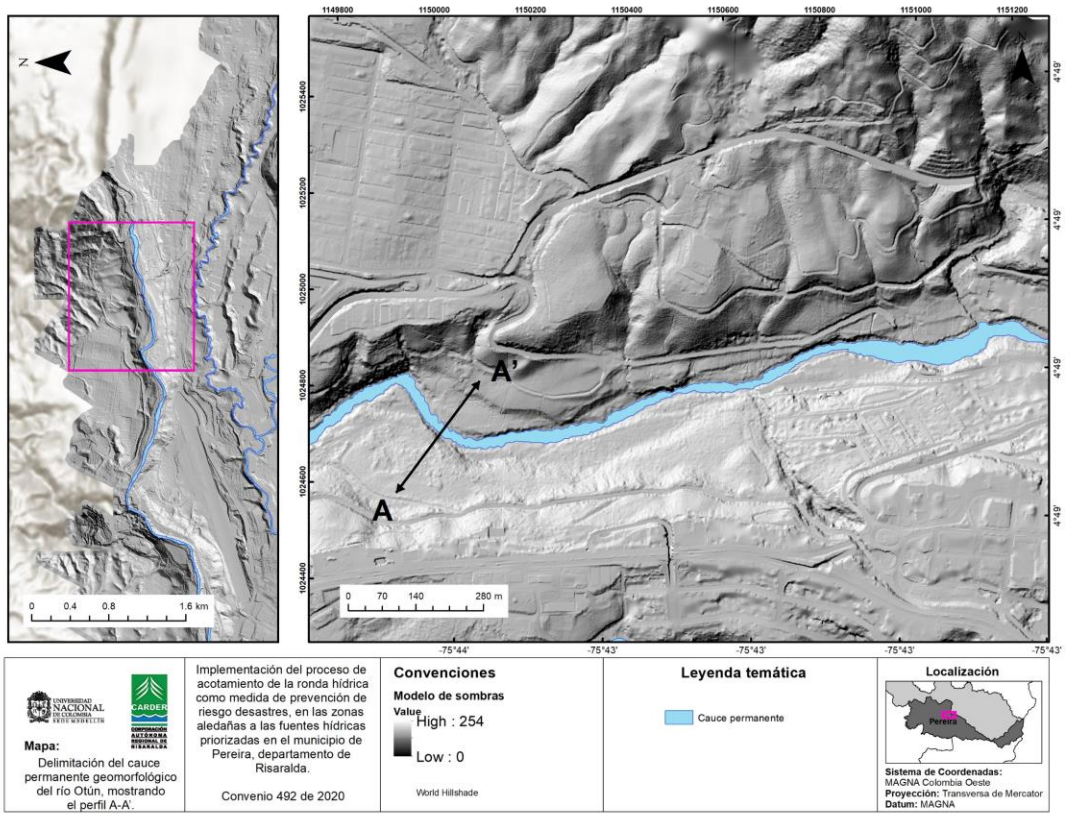


Figura 20. Delimitación del cauce permanente geomorfológico del río Otún, mostrando el perfil A-A'.

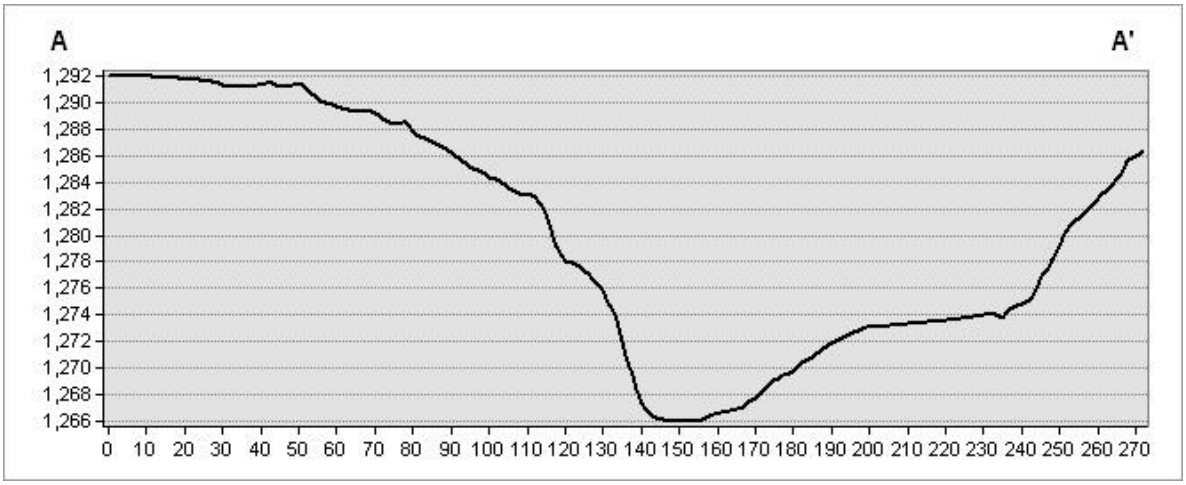


Figura 21. Perfil topográfico (A-A'), del cauce permanente geomorfológico del río Otún.

4.1.2 Unidad 2

En la unidad 2 se encuentran las quebradas: El Chocho, La Víbora y El Púlpito y la parte alta del río Consotá, localizadas en la porción oriental del municipio, la quebrada La Dulcera ubicada al norte, el cauce de la quebrada El Oso que cubre tanto parte rural como urbana de Pereira y está en dirección NW, y hacia el sur la parte media y alta de la quebrada El Caucho y sus afluentes. Como principal característica es que los cauces de estas quebradas son encajados en gran parte de los tramos, rectos a sinuosos y están enmarcados en laderas escarpadas entre 35 y 45 ° (Figura 22 y Figura 26). Los relieves relativos oscilan entre 50 y 180 m (Figura 25), este último se observa en la quebrada El Chocho, la cual es de mayor grado de incisión con respecto a las otras quebradas de este grupo y los más bajos se observan en los afluentes de la quebrada El Caucho (Figura 26).

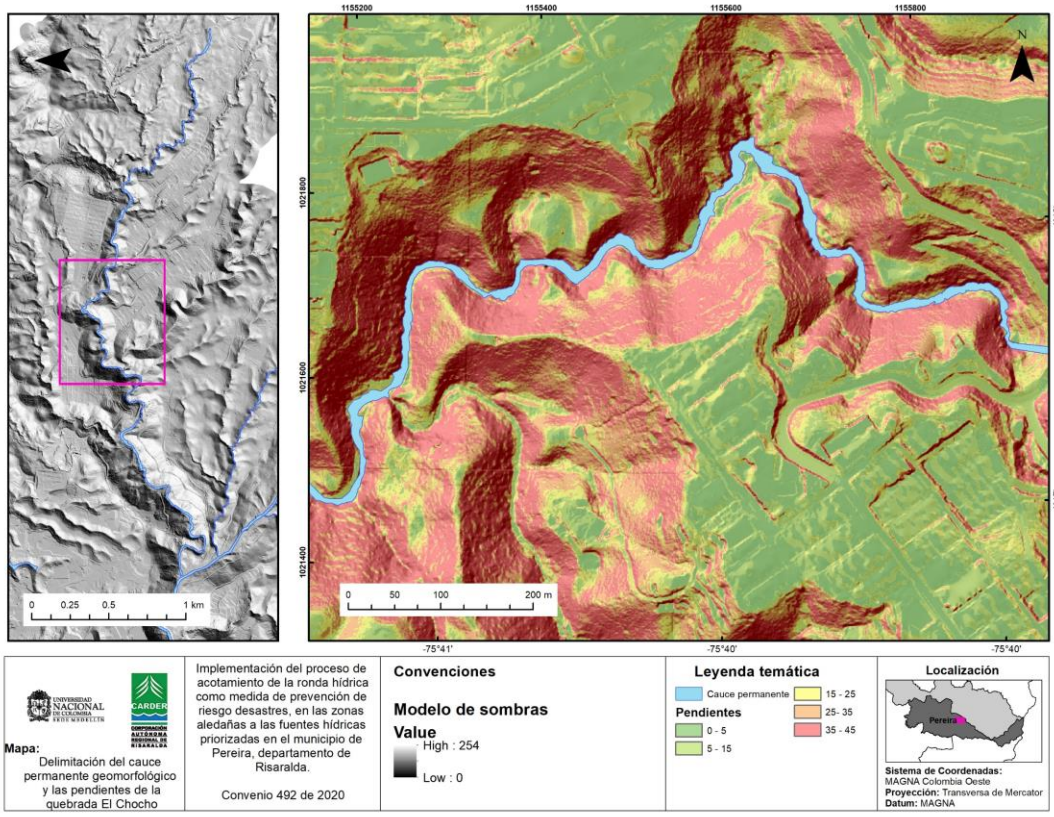


Figura 22. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la quebrada El Chocho.

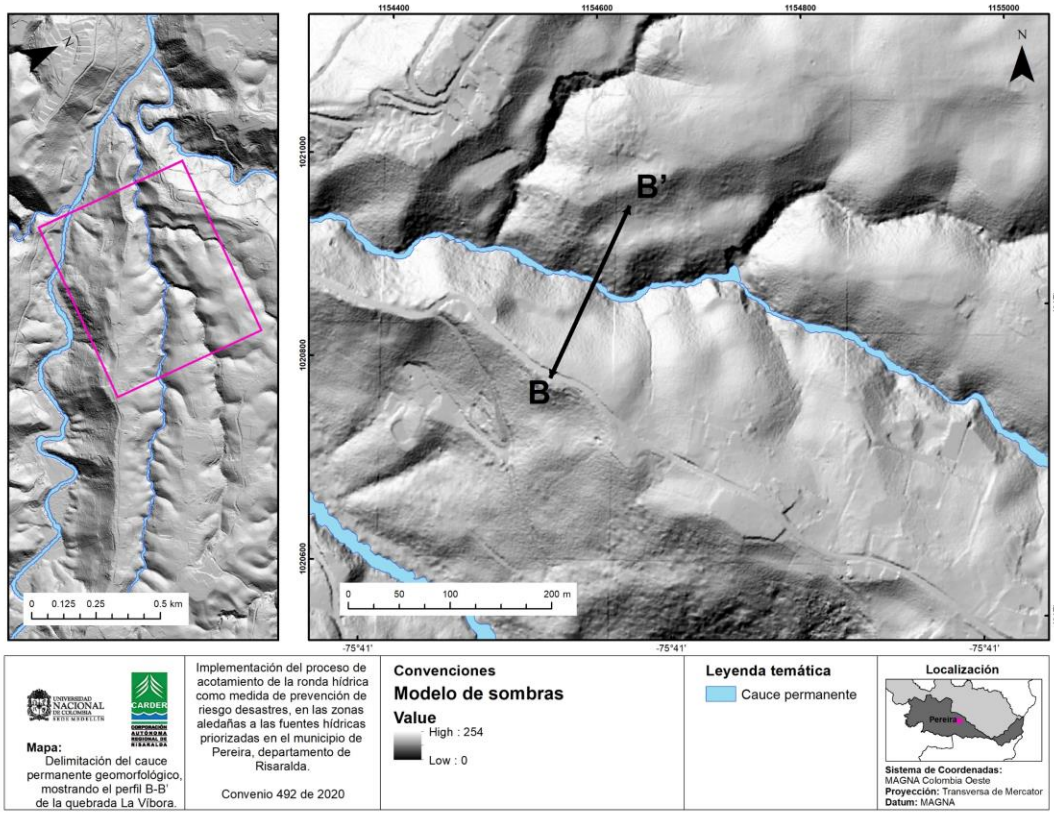


Figura 23. Delimitación del cauce permanente geomorfológico, mostrando el perfil B-B' de la quebrada La Víbora.

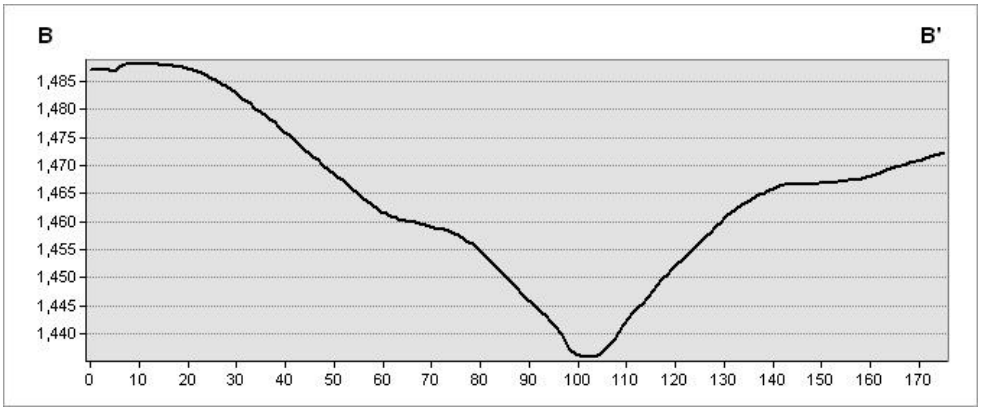


Figura 24. Perfil topográfico (B-B'), del cauce permanente geomorfológico de la quebrada La Víbora.

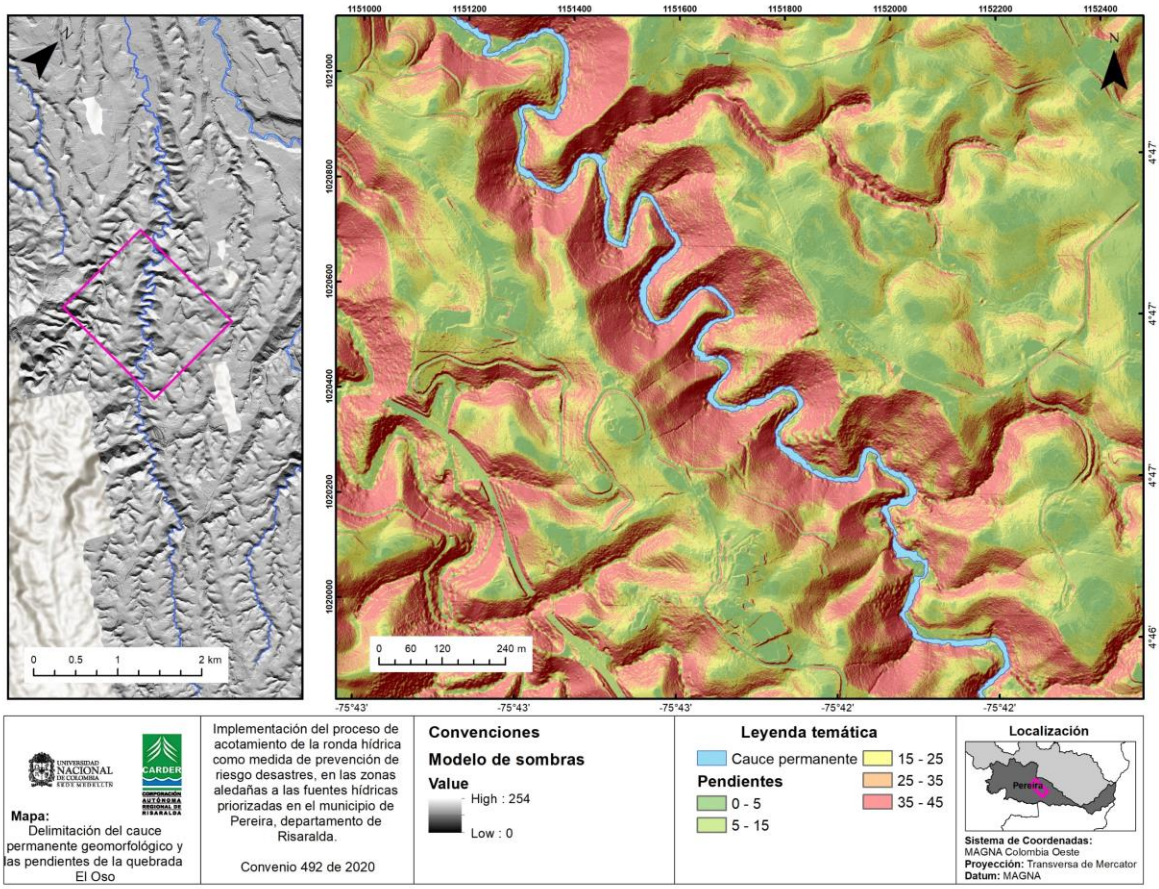


Figura 25. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la quebrada El Oso.

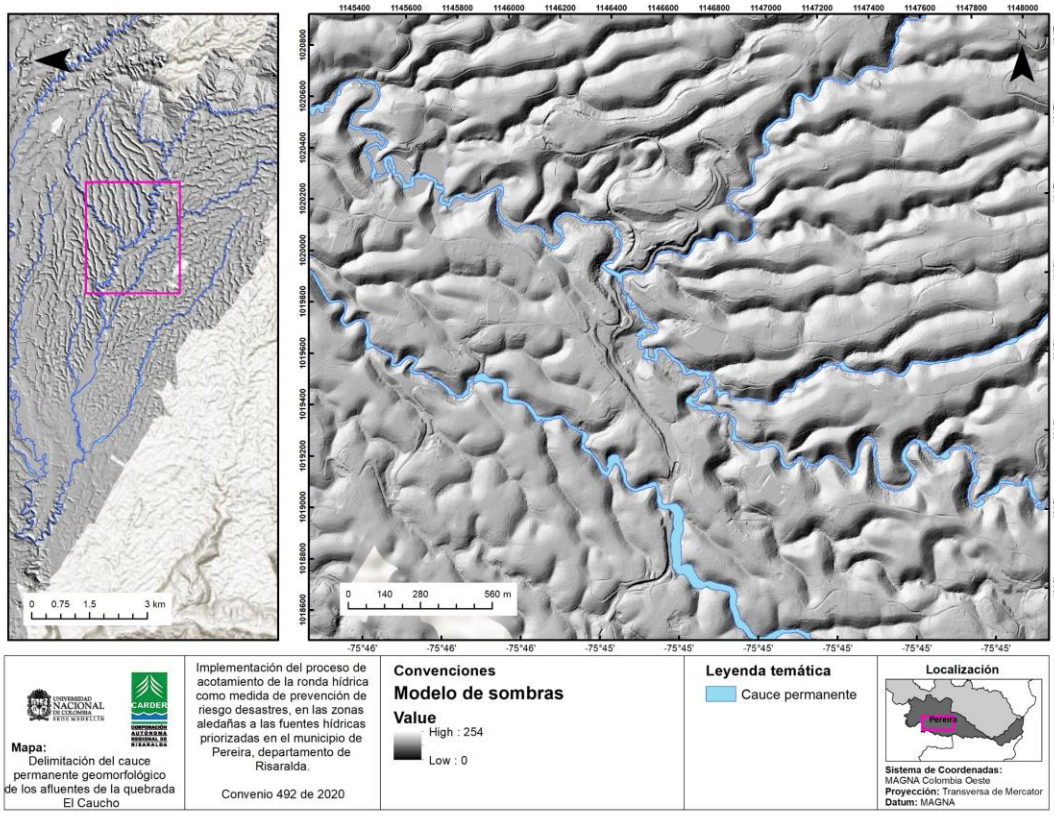


Figura 26. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de los afluentes de la quebrada El Caucho.

4.1.3 Unidad 3

Aquí se clasifican los cauces de la parte baja del río Consotá y la quebrada El Caucho. Se caracterizan por tener llanuras aluviales amplias en un paisaje colinado suave (Figura 27), cuyo inicio marca muy bien el ancho de las geoformas de origen aluvial. El tramo bajo del Consotá es una zona de fuerte incisión y con meandros encajados característicos (Figura 28), además, ambos cauces son del tipo meándrico. Por otra parte, las planicies que recorre el cauce actual son en promedio de 200 m es por esto que el cauce permanente geomorfológico de este grupo es el análogo al cauce permanente hidrológico.

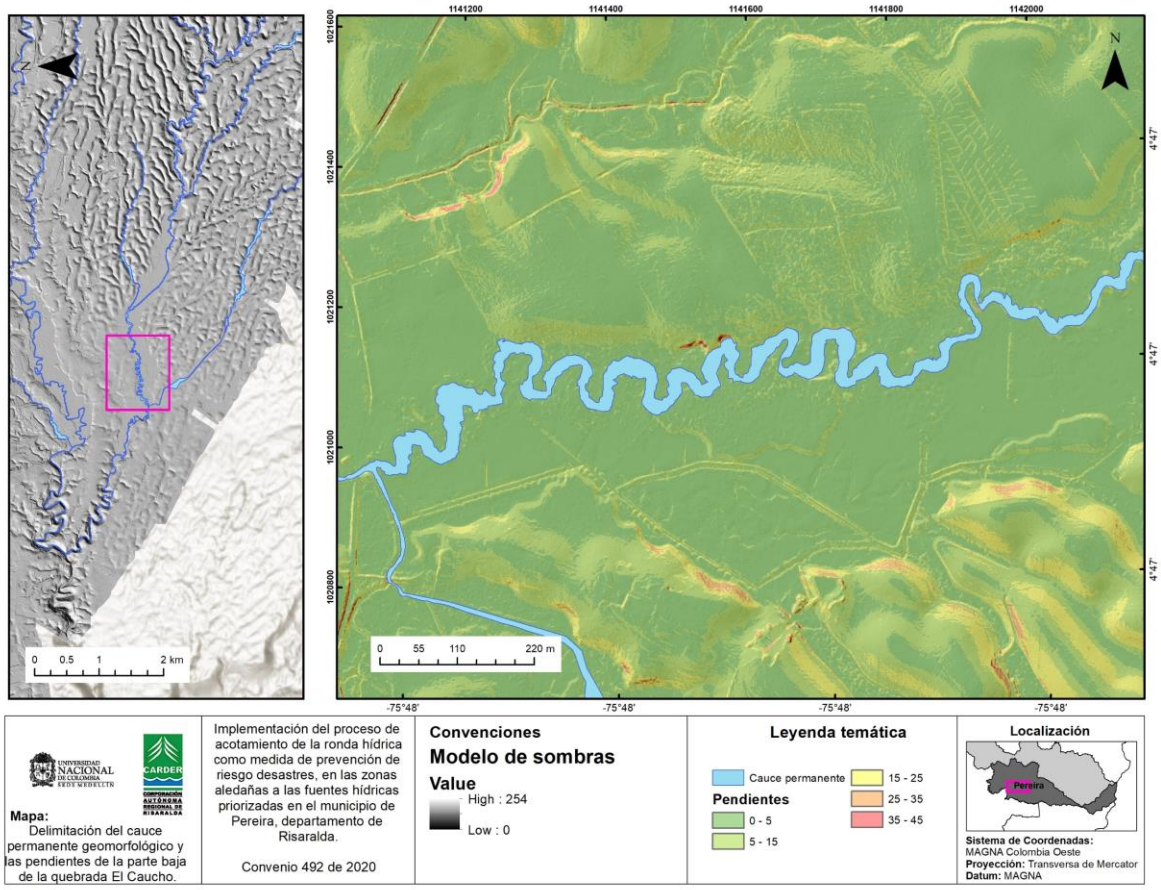


Figura 27. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la parte baja de la quebrada El Caucho.

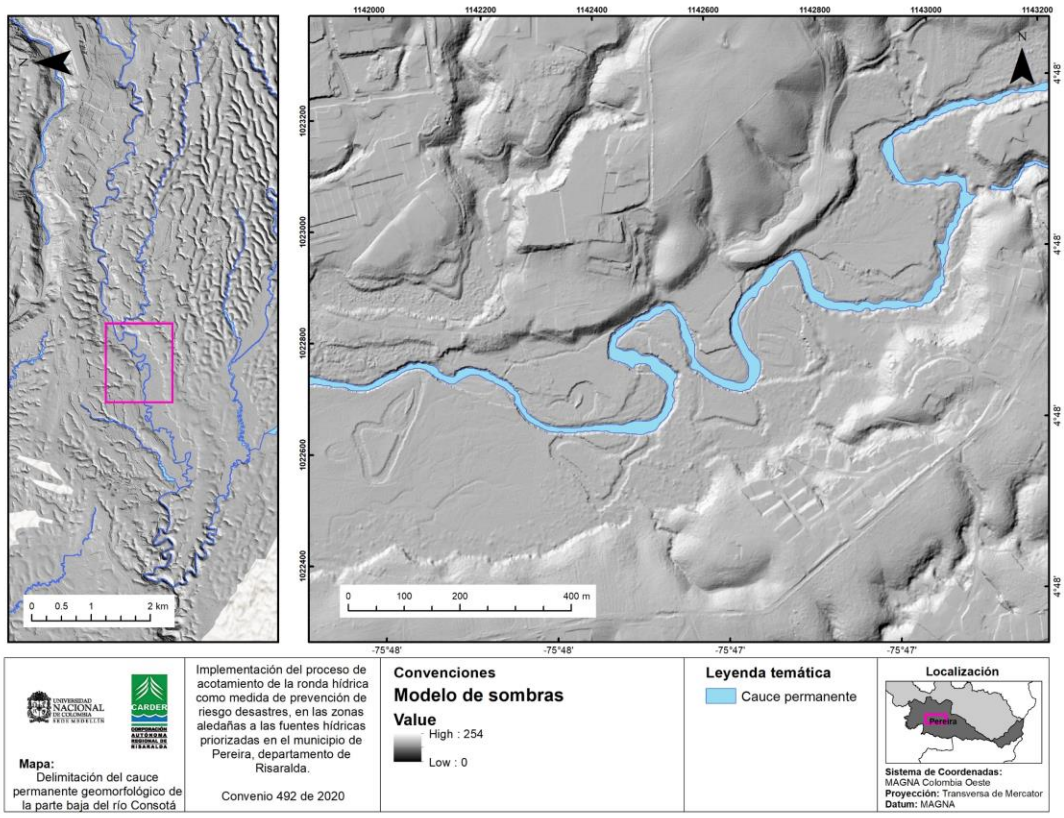


Figura 28. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la parte baja del río Consotá.

4.1.4 Unidad 4

Los cauces de la cuenca alta del río Consotá y la quebrada Tinajas se encuentran ubicados en la parte nororiental del municipio de Pereira. El cauce del río Consotá se desarrolla en una zona amplia entre 180 y 300 m y con un desnivel de 3 m con respecto al río (Figura 29 y Figura 30) y para la quebrada Tinajas la amplitud es 270 m de longitud y con un desnivel de 3 m (Figura 31 y Figura 32); las pendientes oscilan entre 0 y 5 ° (Figura 29 y Figura 31). Además, se caracterizan por ser sinuosos a rectos y están enmarcados en colinas y lomeríos con laderas escarpadas. La alta intervención antrópica tanto en la parte de la planicie como en la zona de colinas y lomeríos es lo que se destaca en esta unidad de análisis.

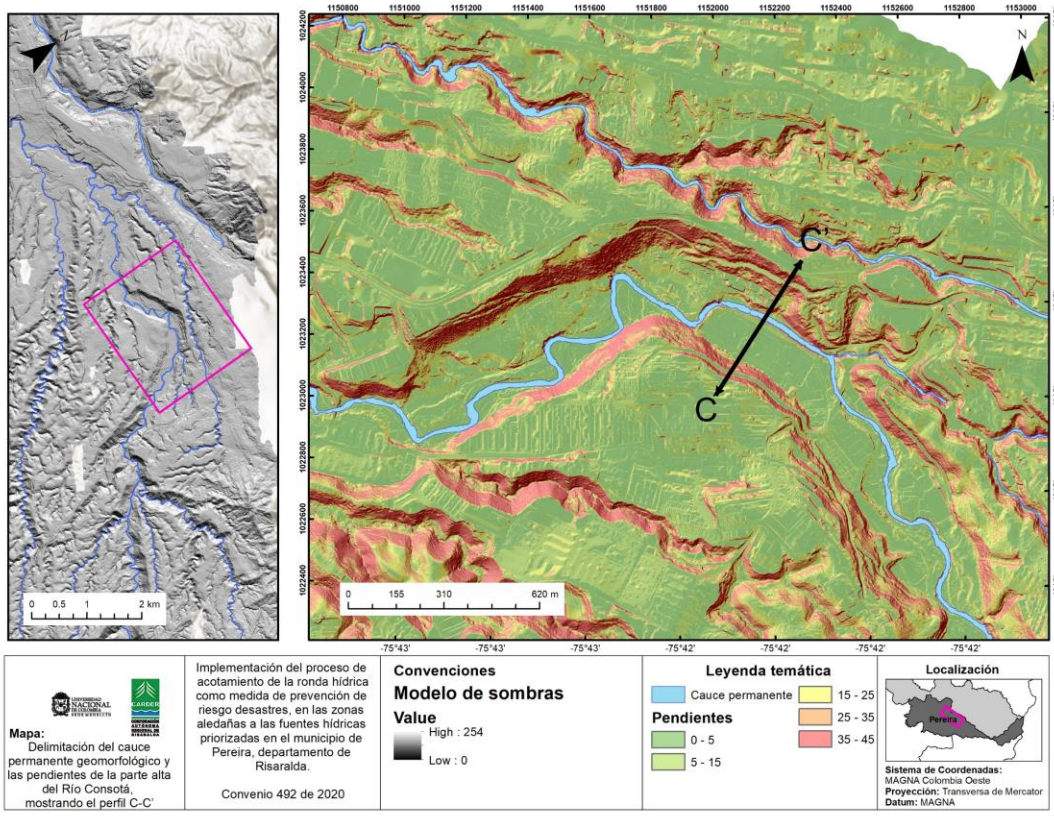


Figura 29. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la parte alta del Río Consotá, mostrando el perfil C-C'.

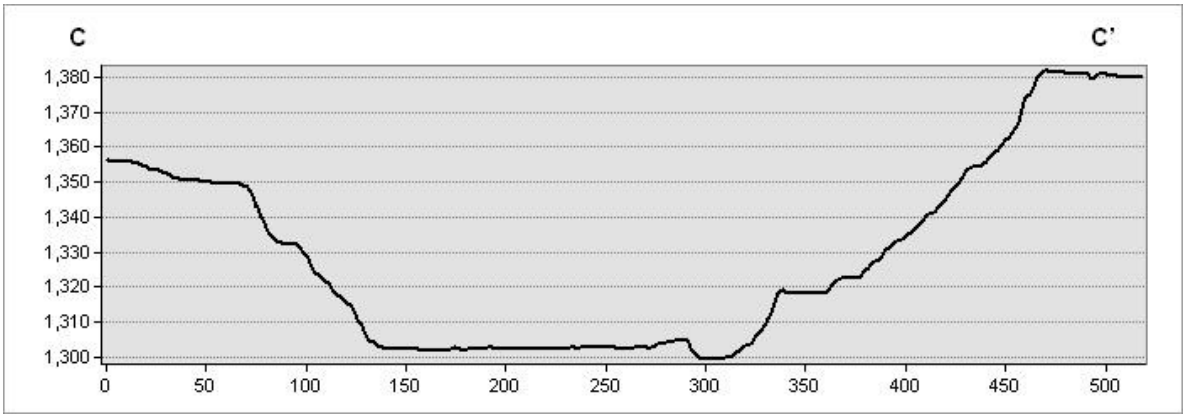


Figura 30. Perfil topográfico (C-C'), del cauce permanente geomorfológico de la parte alta del río Consotá.

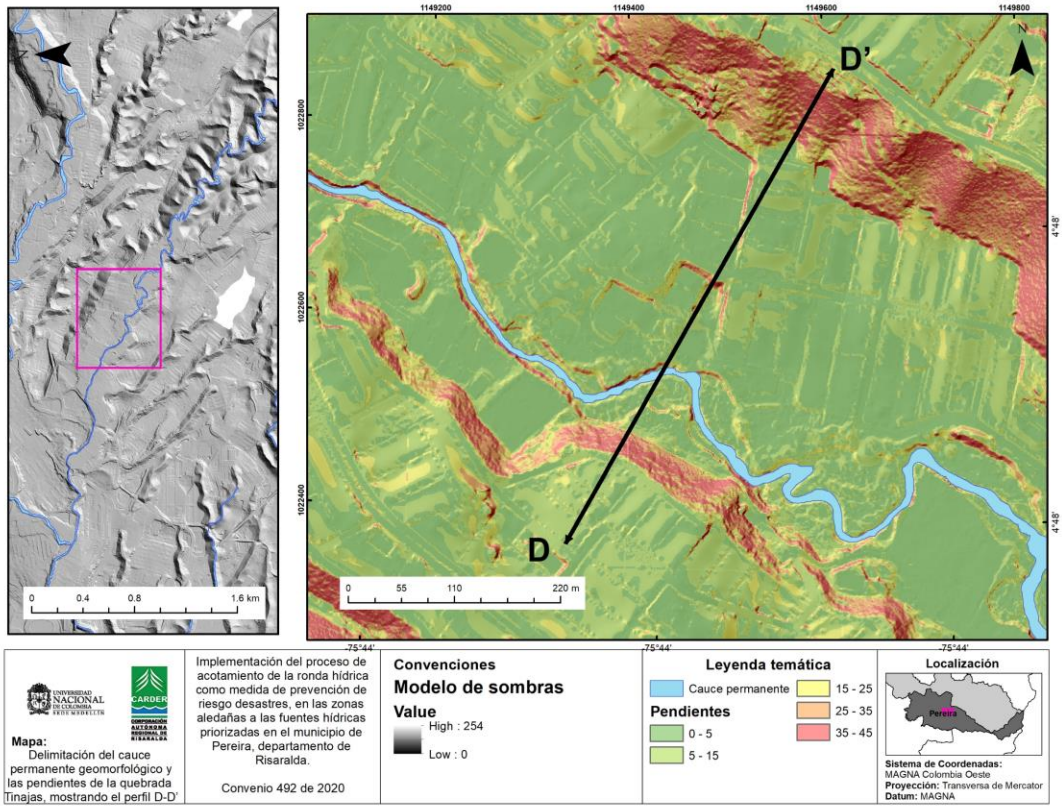


Figura 31. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes de la quebrada Tinajas, mostrando el perfil D-D'.

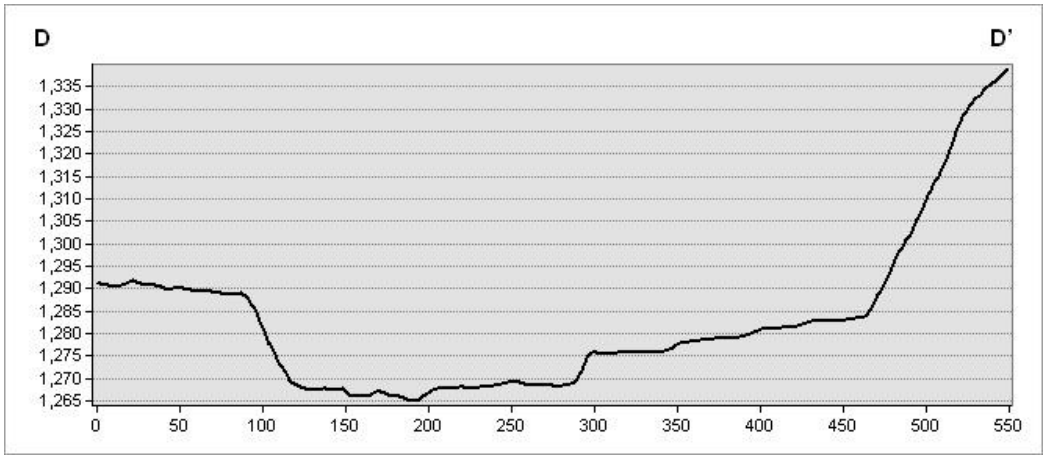


Figura 32. Perfil topográfico (D-D'), del cauce permanente geomorfológico de la quebrada Tinajas.

4.1.5 Unidad 5

Las quebradas Hato Viejo, Grande, El Piñal, Cauquillo y La Leticia localizadas al oeste de Pereira conforman la unidad de análisis 5. La característica principal de este grupo consiste que, en gran parte de los tramos, el cauce se encuentra intervenido por acción antrópica, y en el caso de la Grande no fue posible seguir la continuidad del mismo (Figura 33). Estas quebradas transitan por zonas colinadas suaves con poca incisión, con cauces de sinuosos a rectos y en algunas partes de su recorrido se observan encajados en colinas cuyos relieves relativos varían entre 20 y 100 m. En las cabeceras se observan humedales o afloramientos de agua donde inician las corrientes y en los cuales existen modificaciones muy fuertes del terreno para agricultura y construcción (Figura 34). Para aquellas zonas intervenidas las pendientes oscilan entre 0 y 15 °, en otros tramos laderas escarpadas (35 ° - 45 °) y en la parte baja de estos cuerpos de agua, se observa la ampliación de la planicie que en algunos casos se conserva y en otros es ocupada por infraestructura (Figura 35).

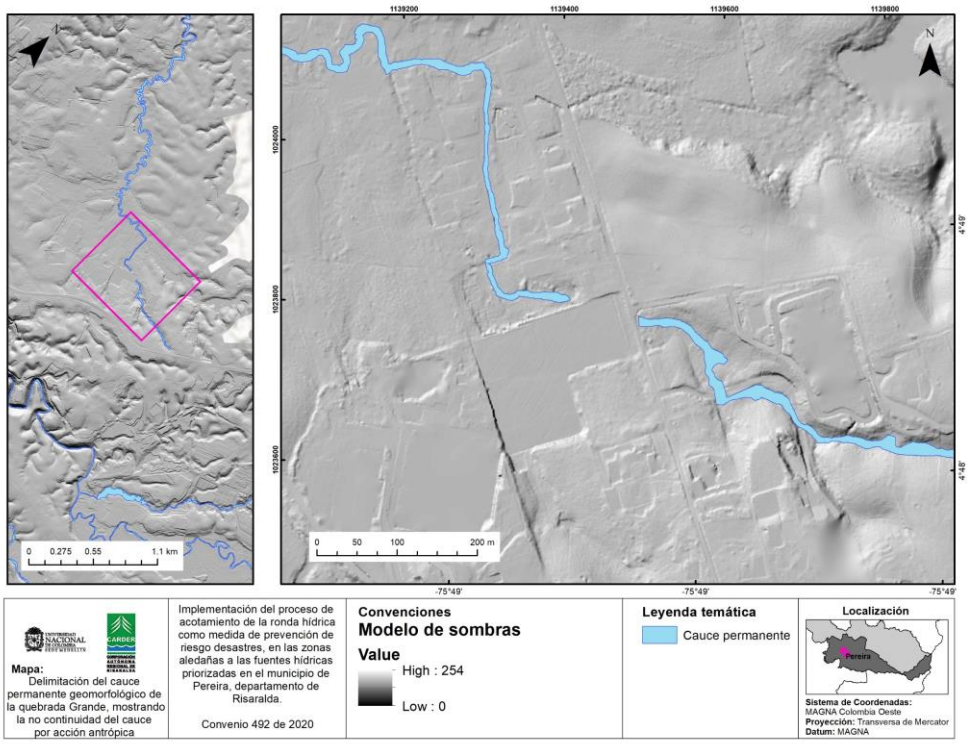


Figura 33. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la quebrada Grande, mostrando la no continuidad del cauce por acción antrópica.

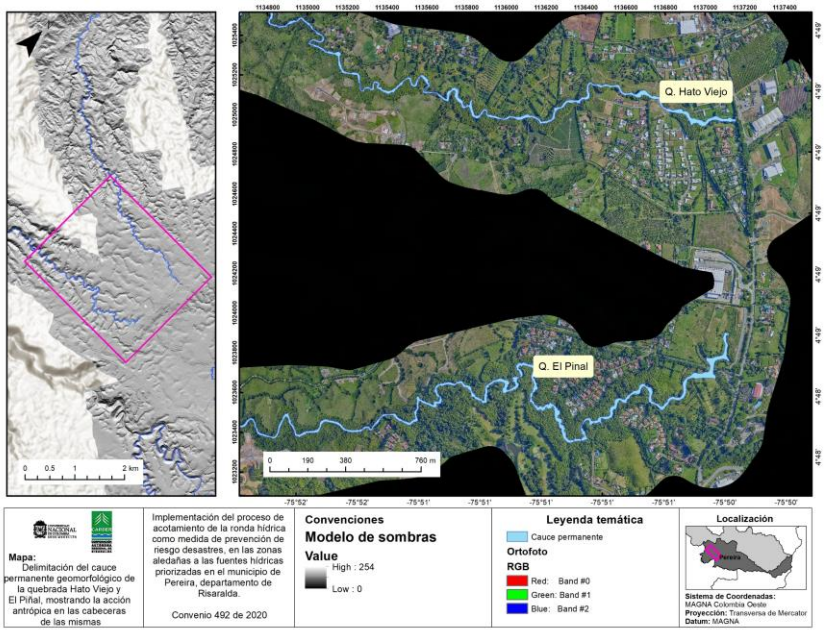


Figura 34. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la quebrada Hato Viejo y El Piñal, mostrando la acción antrópica en las cabeceras de las mismas.

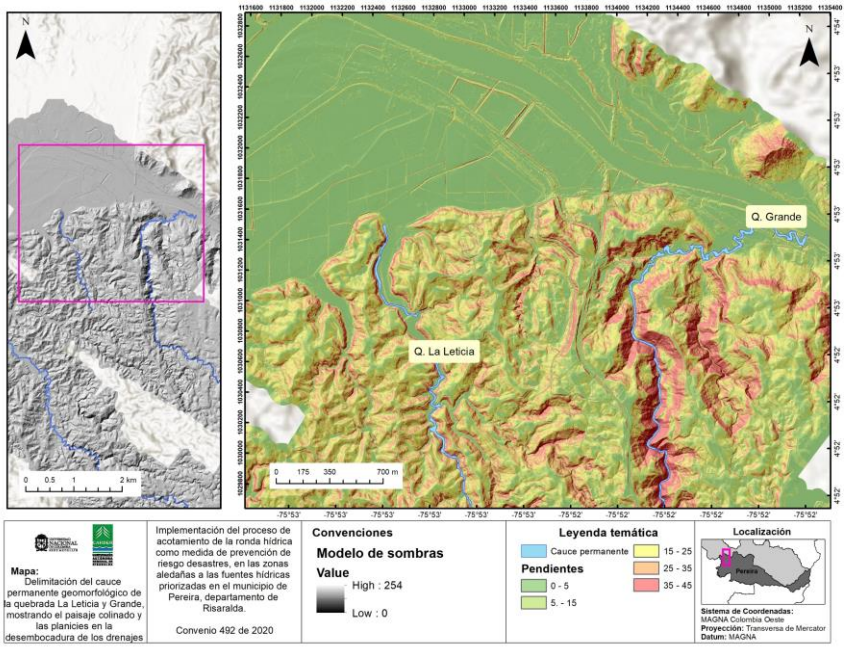


Figura 35. Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la quebrada La Leticia y Grande, mostrando el paisaje colinado y las planicies en la desembocadura de los drenajes.

4.1.6 Unidad 6

El río Cestillal ubicado al sureste del casco urbano de Pereira es la unidad 6 de análisis. El río tiene recorrido este-oeste, un cauce sinuoso y que está encajado en laderas escarpadas entre 35 y 45 ° (Figura 36), y en lomeríos cuyos relieves relativos son en promedio de 100 m.

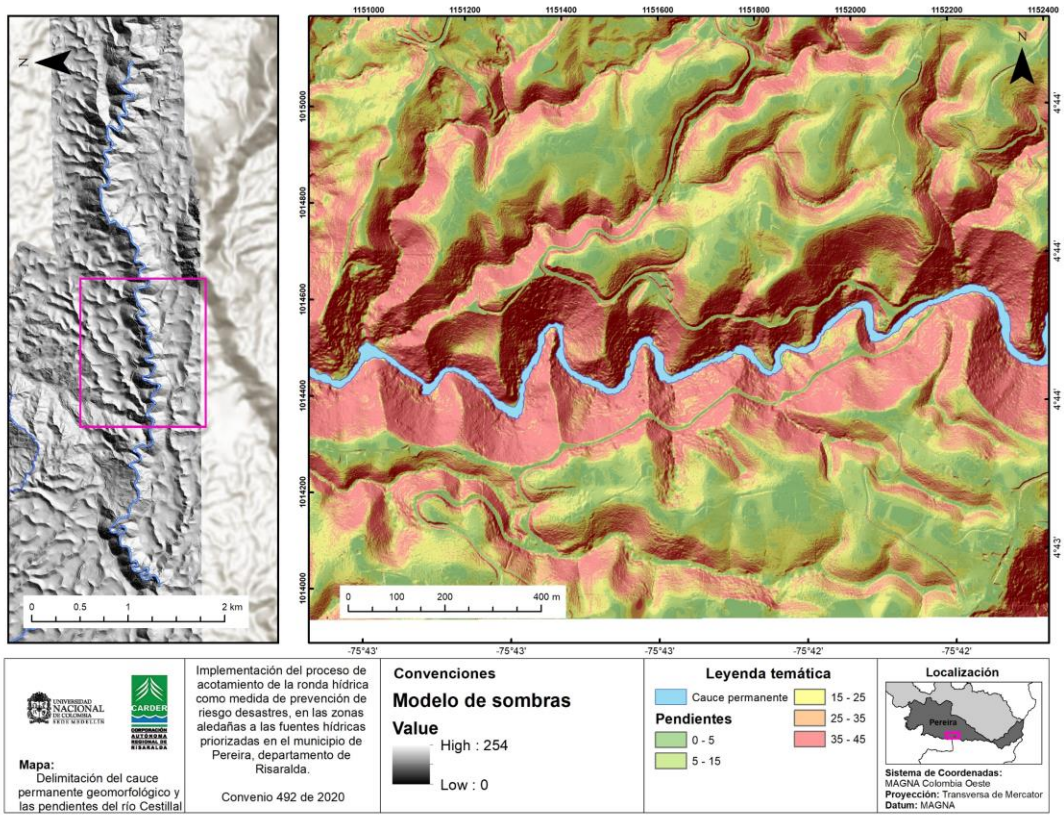


Figura 36. Delimitación del cauce permanente geomorfológico y las pendientes del río Cestillal.

4.2 DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANENTE A PARTIR DE CRITERIOS HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS

A continuación, se describe para cada uno de los tramos, los parámetros de modelamiento hidráulico y además los resultados obtenidos para el cauce permanente, siguiendo la metodología presentada en el numeral 2.2.1. en el Anexo 4 se entregan los modelos hidráulicos de cada uno de los tramos priorizados.

4.2.1 Modelación hidráulica

4.2.1.1 Quebrada Hato Viejo

La quebrada Hato Viejo se modeló usando un total de 1.136 secciones de un ancho promedio de 60 metros (Figura 37). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 2,46%, presentando una longitud del cauce de 11.655,48 metros, una cota máxima de 1.183,46 m.s.n.m. y una cota mínima de 897,00 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,76 m/s.

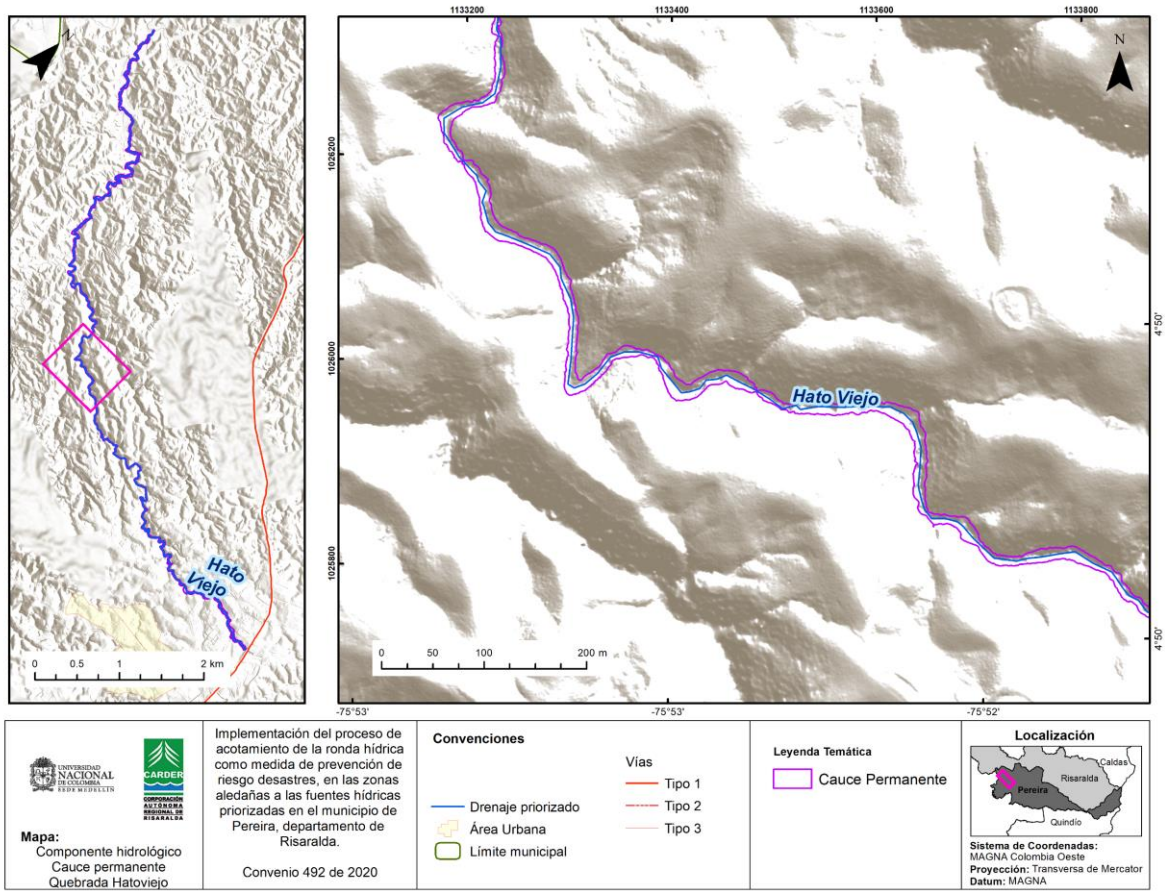


Figura 37. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada Hato Viejo.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,183, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección

transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada Hato Viejo tiene un ancho promedio de 17,62 metros, presentando un ancho máximo de 59,99 metros y un ancho mínimo de 5,30 metros. En la Figura 38 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

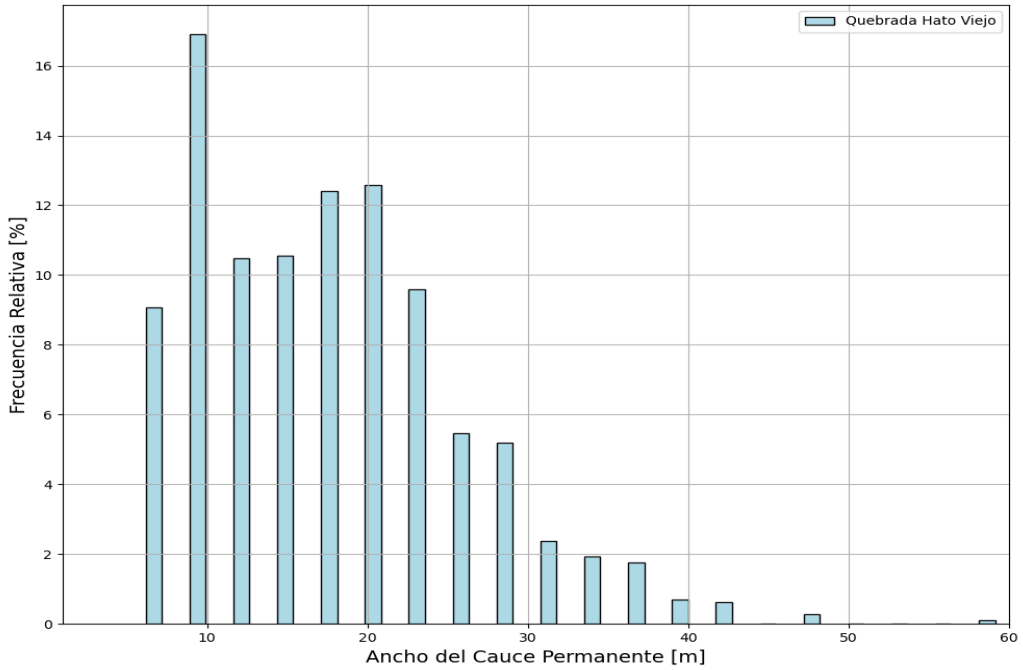


Figura 38. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada Hato Viejo.

4.2.1.2 Quebrada Grande

La quebrada Grande se modeló usando un total de 1.272 secciones de un ancho promedio de 60 metros (Figura 39). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 2,11%, presentando una longitud del cauce de 14.373 metros, una cota máxima de 1.198,14 m.s.n.m y una cota mínima de 895,93 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,28 m/s.

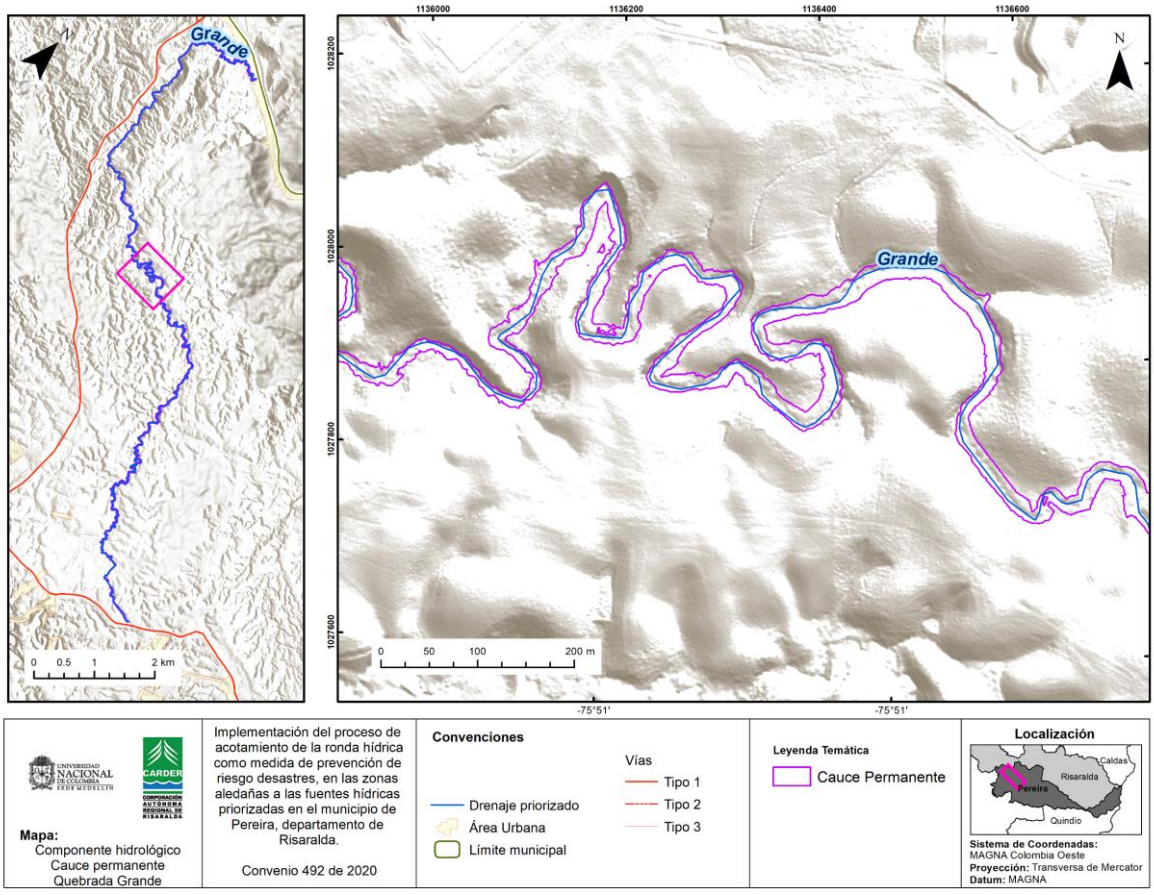


Figura 39. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada Grande.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,176, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada Grande tiene un ancho promedio de 21,10 metros, presentando un ancho máximo de 44,38 metros y un ancho mínimo de 4,20 metros. En la Figura 40 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

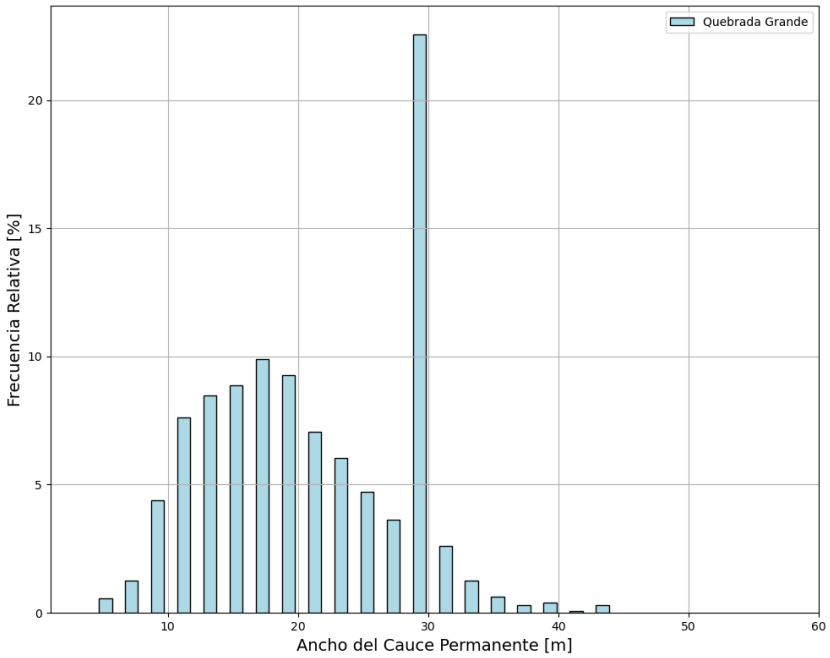


Figura 40. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada Grande.

4.2.1.3 Quebrada Leticia (Caimalito)

La quebrada La Leticia se modeló usando un total de 403 secciones de un ancho promedio de 30 metros (Figura 41). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 1,01%, presentando una longitud del cauce de 4.080,00 metros, una cota máxima de 936,25 m.s.n.m y una cota mínima de 895,25 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,82 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,199, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada La Leticia tiene un ancho promedio de 27,96 metros, presentando un ancho máximo de 77,79 metros y un ancho mínimo de 6,62 metros. A continuación, se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado, Figura 42.

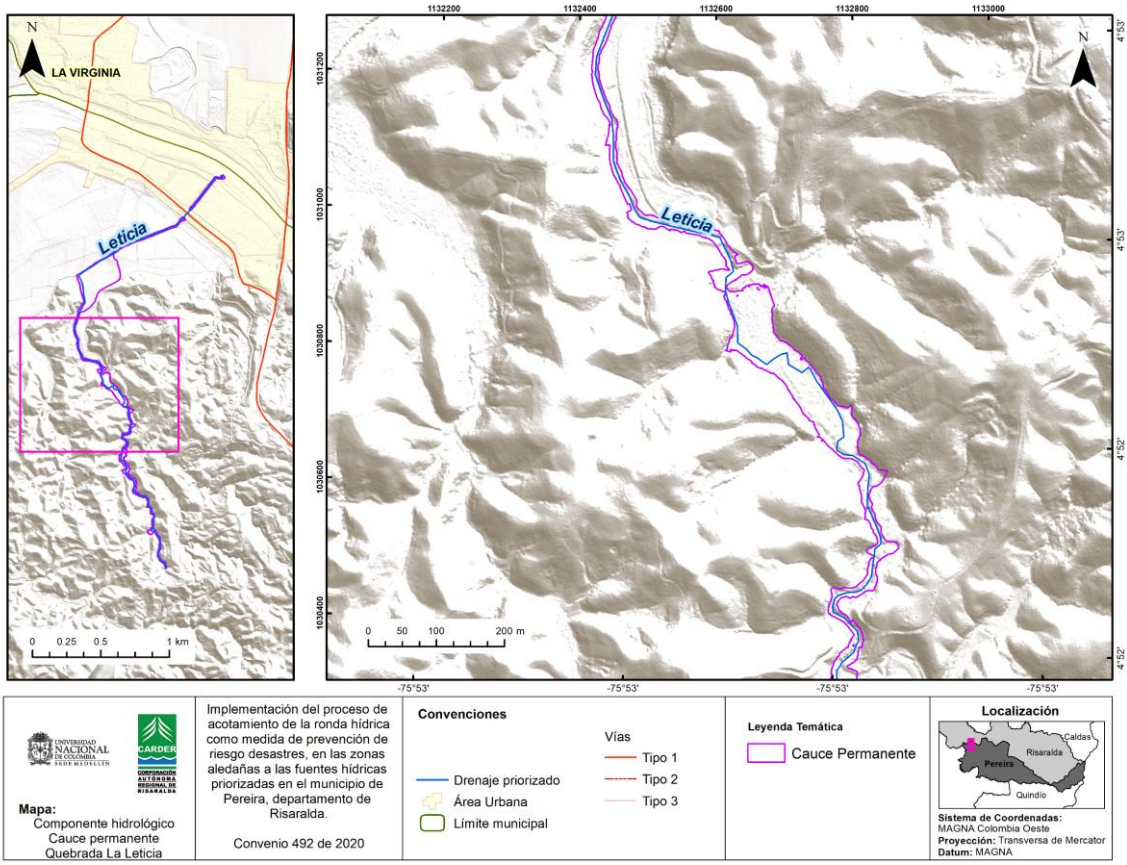


Figura 41. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada La Leticia (Caimalito).

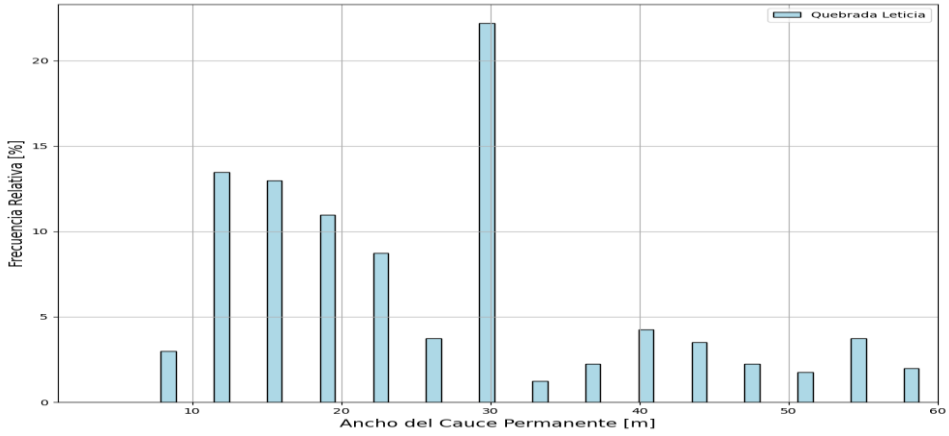


Figura 42. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada La Leticia.

4.2.1.4 Quebrada El Caucho (cuenca alta y baja)

En la cuenca baja desembocan dos (2) afluentes principales llamados quebradas La Camelia y La Friolera (Figura 43).

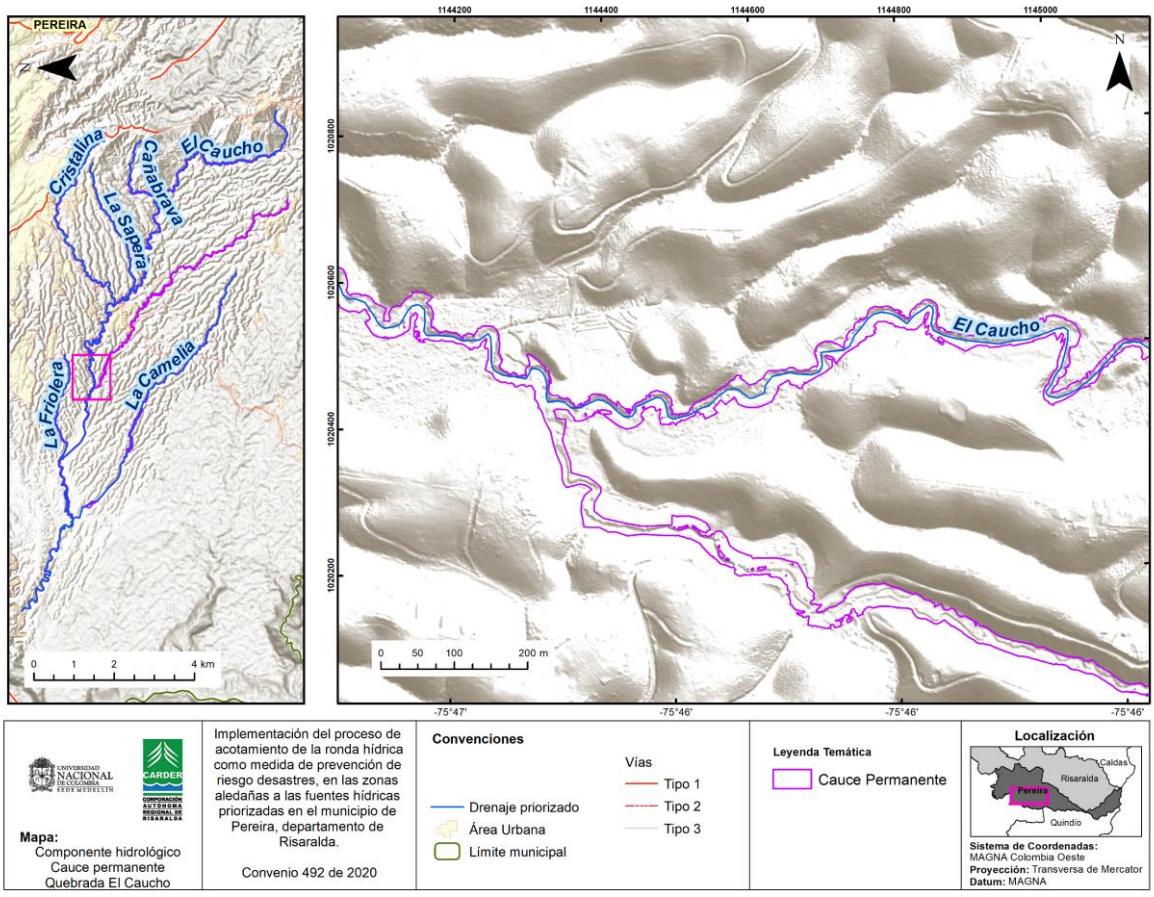


Figura 43. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Caucho (cuenca alta y baja).

4.2.1.4.1 Quebrada La Camelia

La quebrada La Camelia se modeló usando un total de 571 secciones de un ancho promedio de 40 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 1,19%, presentando una longitud del cauce de 8.745 metros, una cota máxima de 1.261,26 m.s.n.m y una cota mínima de 1157,19 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,25 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,118, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada La Camelia tiene un ancho promedio de 11,57 metros, presentando un ancho máximo de 60,53 metros y un ancho mínimo de 1,09 metros.

4.2.1.4.2 Quebrada La Friolera

La quebrada La Friolera se modeló usando un total de 198 secciones de un ancho promedio de 40 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 1,19%, presentando una longitud del cauce de 2.970 metros, una cota máxima de 1.204,41 m.s.n.m y una cota mínima de 1.163,56 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,97 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,101, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada La Friolera tiene un ancho promedio de 12,99 metros, presentando un ancho máximo de 40,00 metros y un ancho mínimo de 4,44 metros.

En la cuenca baja desembocan cuatro (4) afluentes principales que corresponden a las quebradas: Cristalina, La Sapera, Cañabrava y quebrada en la parte suroriental.

- Quebrada Cristalina

La quebrada Cristalina se modeló usando un total de 403 secciones de un ancho promedio de 40 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 3,01%, presentando una longitud del cauce de 6.075 metros, una cota máxima de 1.381,16 m.s.n.m. y una cota mínima de 1198,58 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,79 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,131, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada Cristalina tiene un ancho promedio de 14,93 metros, presentando un ancho máximo de 48,00 metros y un ancho mínimo de 5,80 metros.

- Quebrada La Sapera

La quebrada La Sapera se modeló usando un total de 307 secciones de un ancho promedio de 35 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 3,74%, presentando una longitud del cauce de 3.708 metros, una cota máxima de 1.343,99 m.s.n.m y una cota mínima de 1.205,27 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,36 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,136, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada La Sapera tiene un ancho promedio de 11,30 metros, presentando un ancho máximo de 41,32 metros y un ancho mínimo de 4,26 metros.

- Quebrada Cañabrava

La quebrada Cañabrava se modeló usando un total de 267 secciones de un ancho promedio de 35 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 7,45%, presentando una longitud del cauce de 2.670 metros, una cota máxima de 1.444,43 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.246.87 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,74 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,156, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección

transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada Cañabrava tiene un ancho promedio de 21,72 metros, presentando un ancho máximo de 52,70 metros y un ancho mínimo de 5,68 metros.

- Afluente suroriental del Caucho

Para definir los nombres de las quebradas se consultó la red hídrica del IGAC disponible en la página web y también la red hídrica de Risaralda suministrada por CARDER, allí se encuentra la mayoría de los nombres de los afluentes a los tramos principales. Se logra identificar el nombre de todos los afluentes de la quebrada El Caucho a excepción de este afluente; por eso y para efectos del presente informe se decide nombrar como afluente suroriental del Caucho, el cual desemboca en la quebrada El Caucho aguas arriba de la desembocadura con la quebrada La Friolera.

La quebrada afluente suroriental del Caucho se modeló usando un total de 780 secciones de un ancho promedio de 40 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 7,45%, presentando una longitud del cauce de 11,700 metros, una cota máxima de 1.340,74 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.163,82 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,88 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,163, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada afluente suroriental del Caucho tiene un ancho promedio de 22,82 metros, presentando un ancho máximo de 48,96 metros y un ancho mínimo de 4,80 metros.

4.2.1.4.3 Cauce principal de la quebrada El Caucho

En la parte alta, el tramo principal de la quebrada El Caucho se modeló usando un total de 1492 secciones de un ancho promedio de 60 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 1,73%, presentando una longitud del cauce de 15.822 metros,

una cota máxima de 1.474,42 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.200,05 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,71 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.163, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, este tramo tiene un ancho promedio de 32,94 metros, presentando un ancho máximo de 86,20 metros y un ancho mínimo de 7,71 metros.

En la parte baja, el tramo principal de la quebrada El Caucho se modeló usando un total de 929 secciones de un ancho promedio de 40 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 0,87%, presentando una longitud del cauce de 9.809 metros, una cota máxima de 1.200,05 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.114,41 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,09 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.168, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, este tramo tiene un ancho promedio de 19,63 metros, presentando un ancho máximo de 47,20 metros y un ancho mínimo de 2,20 metros.

4.2.1.5 Quebrada El Piñal

La quebrada El Piñal se modeló usando un total de 1.204 secciones de un ancho promedio de 60 metros (Figura 44). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 2,21%, presentando una longitud del cauce de 12.506,59 metros, una cota máxima de 1.176,89 m.s.n.m. y una cota mínima de 900,62 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,50 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,168, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección

transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

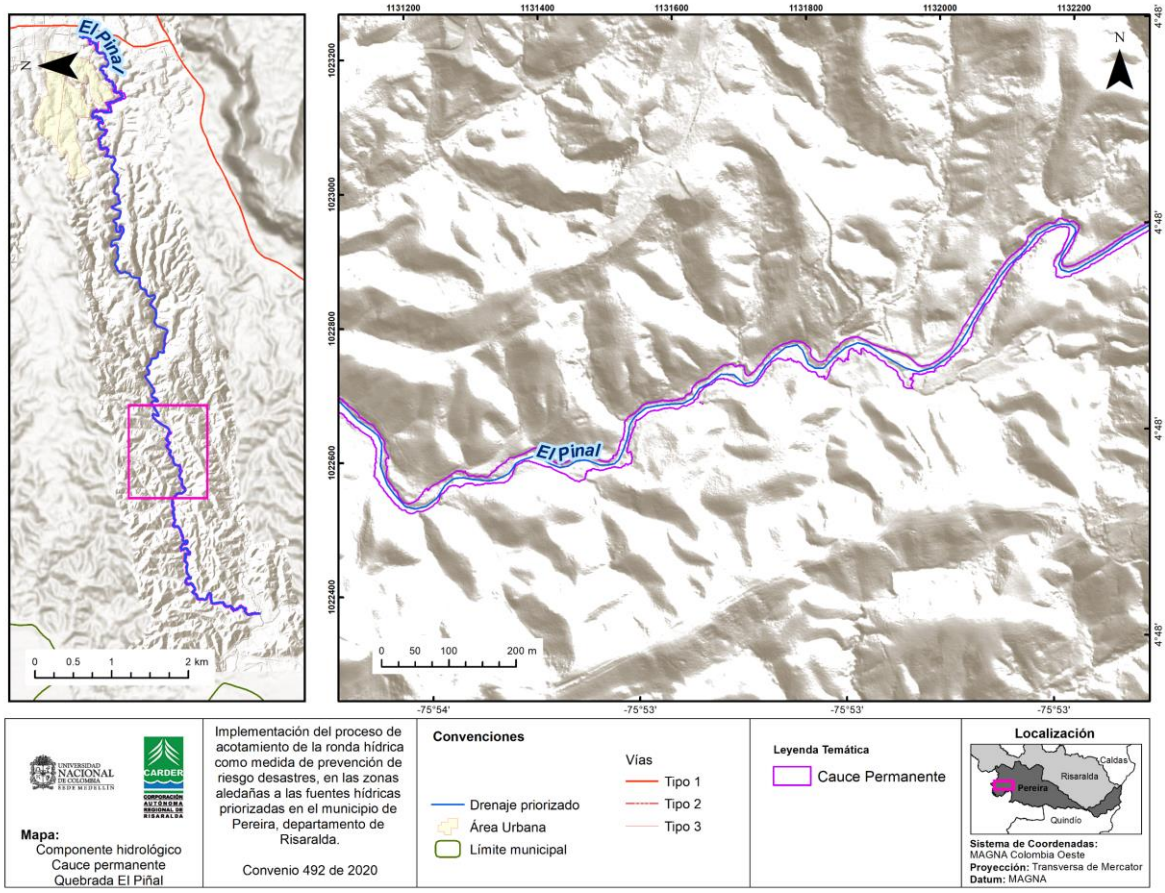


Figura 44. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Piñal.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada El Piñal tiene un ancho promedio de 29,31 metros, presentando un ancho máximo de 92,59 metros y un ancho mínimo de 5,37 metros. En la Figura 45 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

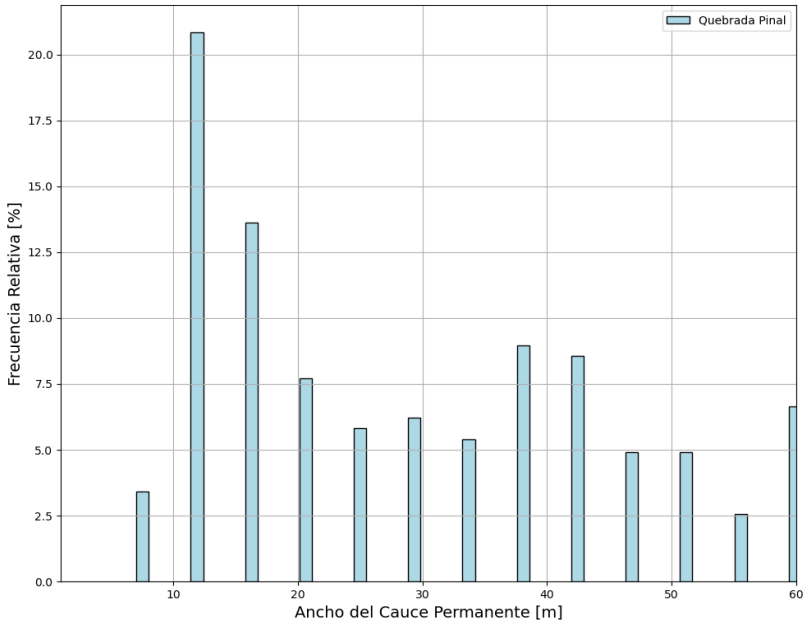


Figura 45. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada El Piñal.

4.2.1.6 Quebrada Cauquillo

La quebrada Cauquillo se modeló usando un total de 2.442 secciones de un ancho promedio de 60 metros (Figura 46). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 3,36%, presentando una longitud del cauce de 5.902 metros, una cota máxima de 1.123,52 m.s.n.m y una cota mínima de 1025,07 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,24 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,148, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada Cauquillo tiene un ancho promedio de 32,97 metros, presentando un ancho máximo de 109,40 metros y un ancho mínimo de 8,31 metros. En la Figura 47 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

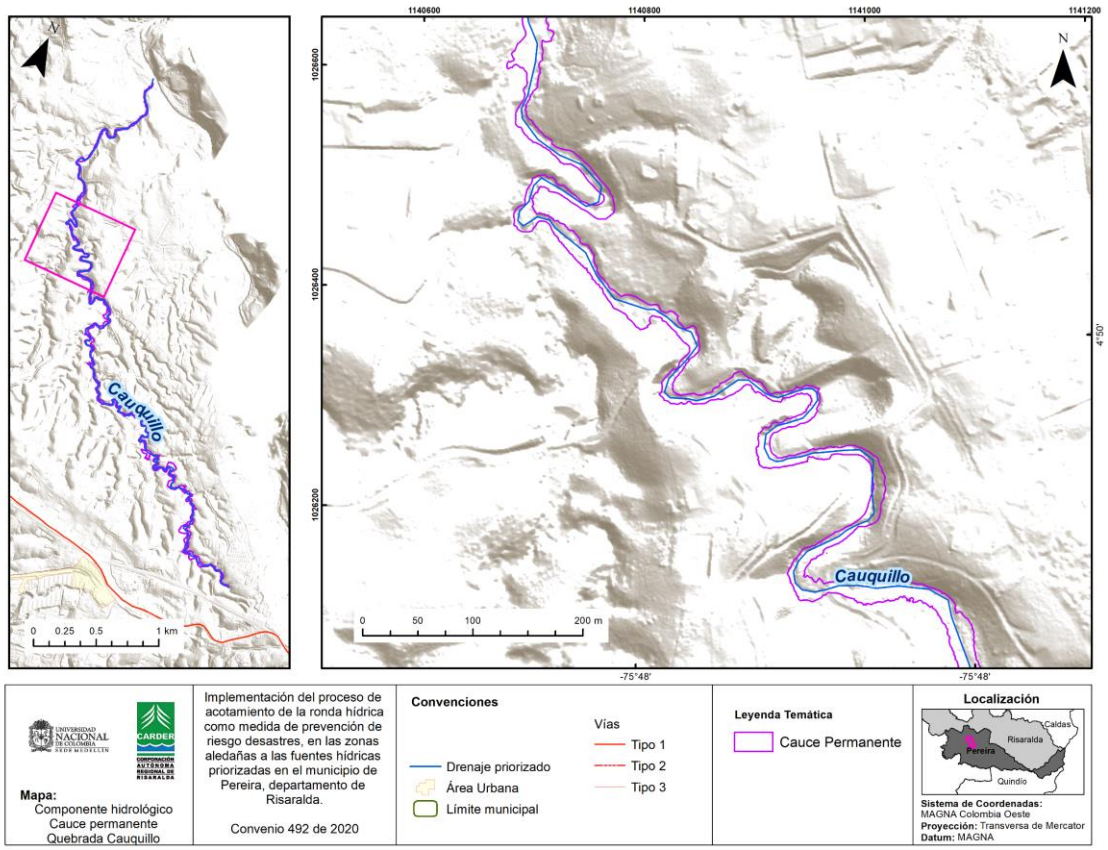


Figura 46. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada Cauquillo.

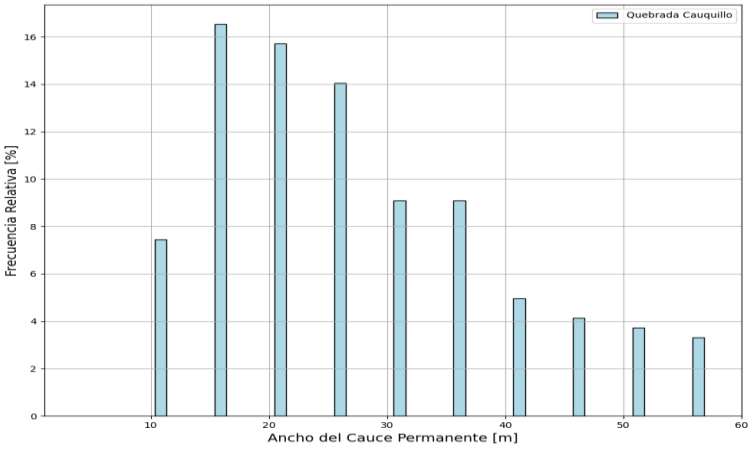


Figura 47. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada Cauquillo.

4.2.1.7 Río Cestillal (cuenca media)

El río Cestillal se modeló usando un total de 720 secciones de un ancho promedio de 40 metros (Figura 48). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 2,44%, presentando una longitud del cauce de 8.719,60 metros, una cota máxima de 1.497,29 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.284,91 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,59 m/s.

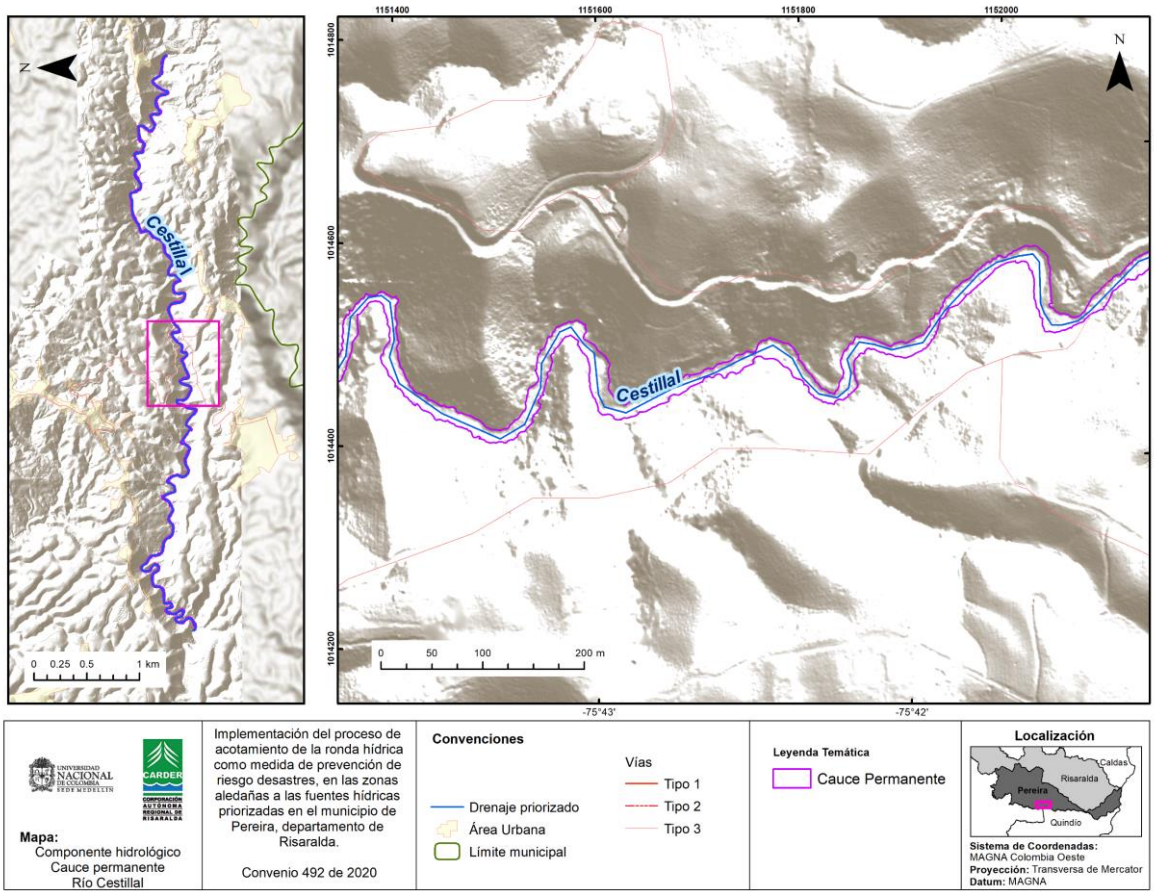


Figura 48. Delimitación del cauce permanente hidrológico del río Cestillal.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,157, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, el río Cestillal tiene un ancho promedio de 23,30 metros, presentando un ancho máximo de 49,20 metros y un ancho mínimo de 8,68 metros. En la Figura 49 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

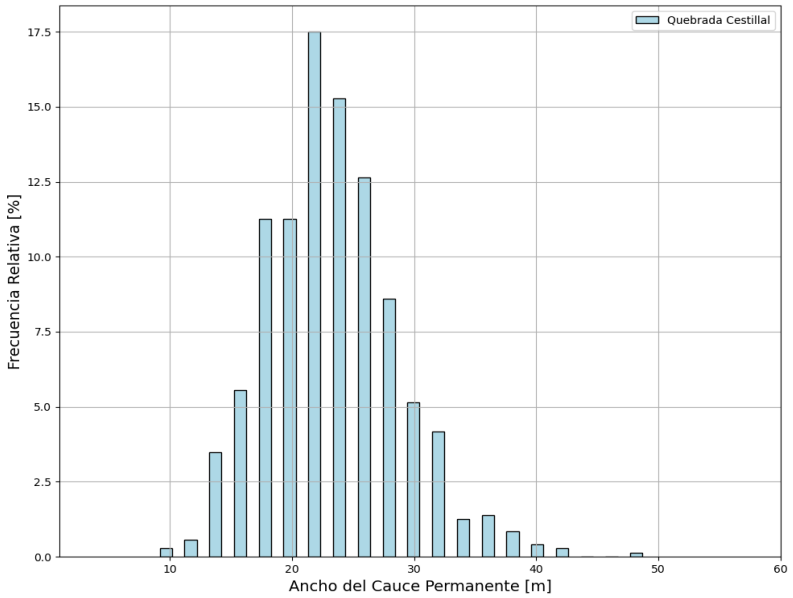


Figura 49. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente del río Cestillal.

4.2.1.8 Río Consotá

En la cuenca media desembocan 2 afluentes, las quebradas El Naranjo y La Morenita (Figura 50).

4.2.1.8.1 Quebrada El Naranjo

La quebrada El Naranjo se modeló usando un total de 310 secciones de un ancho promedio de 60 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 0,44%, presentando una longitud del cauce de 23.016,00 metros, una cota máxima de 1.267,71 m.s.n.m y una cota mínima de 1.167,06 m.s.n.m.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,160, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la

sinuosidad del tramo. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,75 m/s.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada El Naranjo tiene un ancho promedio de 14,09 metros, presentando un ancho máximo de 64,74 metros y un ancho mínimo de 4,93 metros.

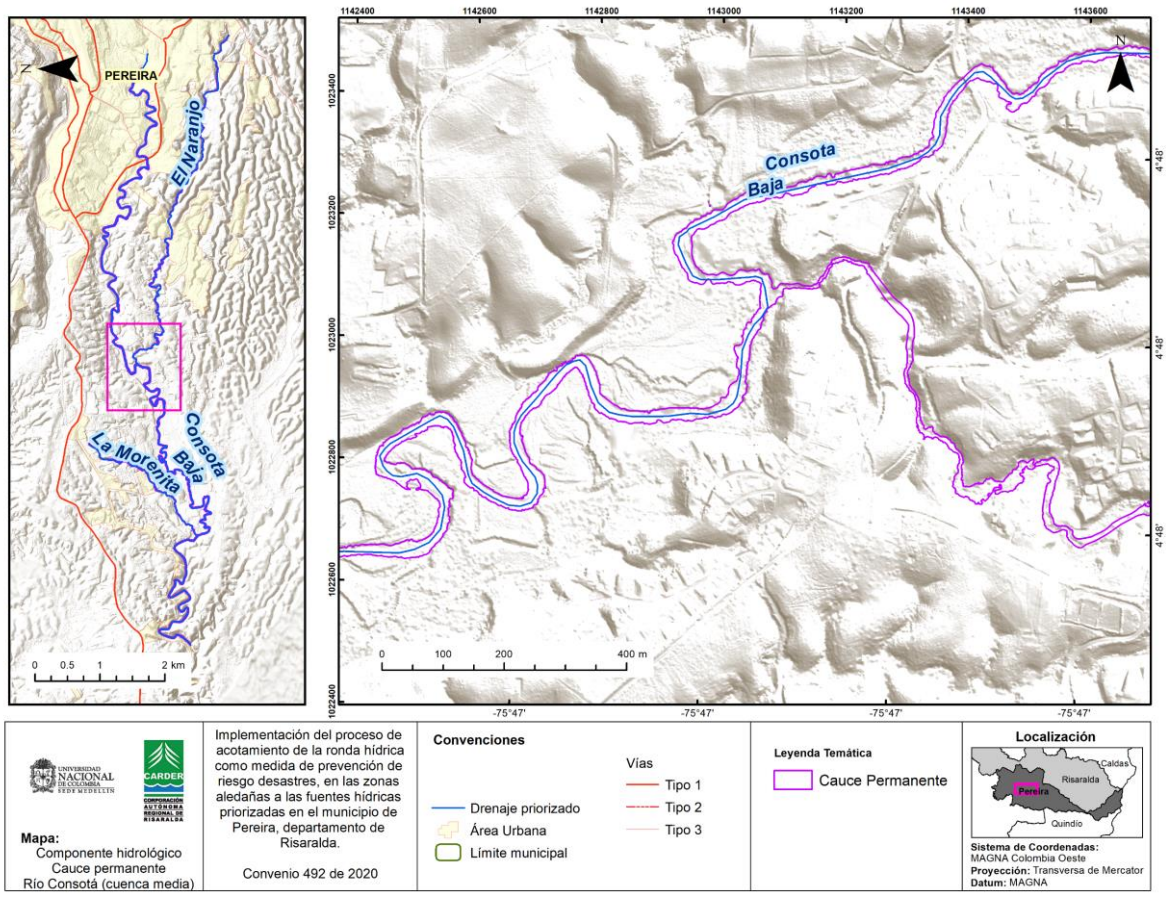


Figura 50. Delimitación del cauce permanente preliminar del río Consotá (cuenca media).

4.2.1.8.2 Quebrada La Morenita

La quebrada La Morenita se modeló usando un total de 93 secciones de un ancho promedio de 60 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 1,50%, presentando una longitud del cauce de 2.495,45 metros, una cota máxima de 1.191,73 m.s.n.m y una cota mínima de 1.154,23 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,82 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.138, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada La Morenita tiene un ancho promedio de 28,30 metros, presentando un ancho máximo de 63,31 metros y un ancho mínimo de 6,35 metros.

4.2.1.8.3 Tramo principal río Consotá

En la parte alta, el tramo principal del río Consotá se modeló usando un total de 1492 secciones de un ancho promedio de 50 metros (Figura 51). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 1,44%, presentando una longitud del cauce de 14.142 metros, una cota máxima de 1.454,64 m.s.n.m y una cota mínima de 1.250,98 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 4,30 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.146, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, este tramo tiene un ancho promedio de 21,34 metros, presentando un ancho máximo de 61,51 metros y un ancho mínimo de 2,86 metros.

En la parte baja, el tramo principal del río Consotá se modeló usando un total de 807 secciones de un ancho promedio de 60 metros. La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 0,80%, presentando una longitud del cauce de 17.054 metros, una cota máxima de 1.250,98 m.s.n.m y una cota mínima de 1.114,24 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 4,05 m/s.

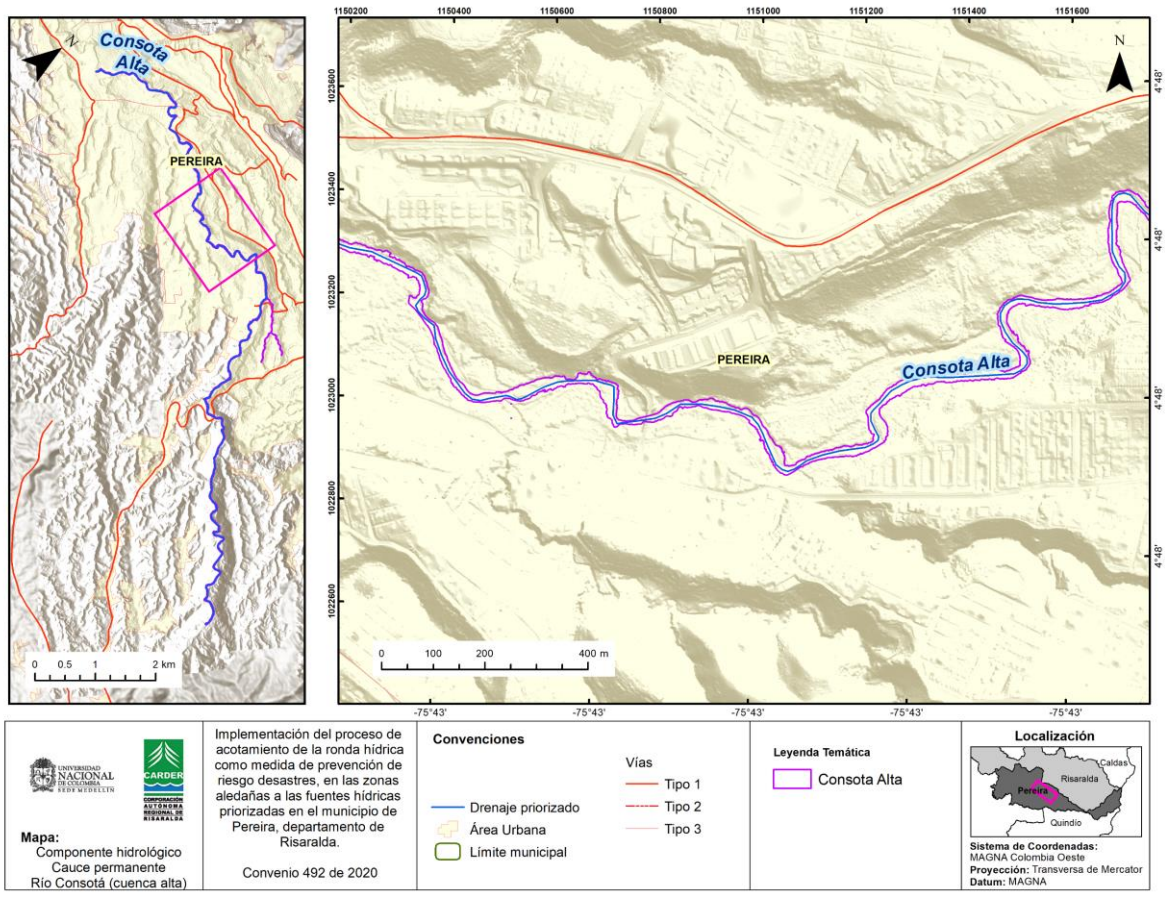


Figura 51. Delimitación del cauce permanente hidrológico del río Consotá (cuenca media alta).

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,137, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, este tramo tiene un ancho promedio de 22,58 metros, presentando un ancho máximo de 43,35 metros y un ancho mínimo de 11,71 metros.

4.2.1.9 Quebrada Tinajas (cuenca baja)

La quebrada Tinajas se modeló usando un total de 295 secciones de un ancho promedio de 40 metros (Figura 52). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 0,69%, presentando una longitud del cauce de 3.138,43 metros, una cota máxima de 1.272,49 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.250,98 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,74 m/s.

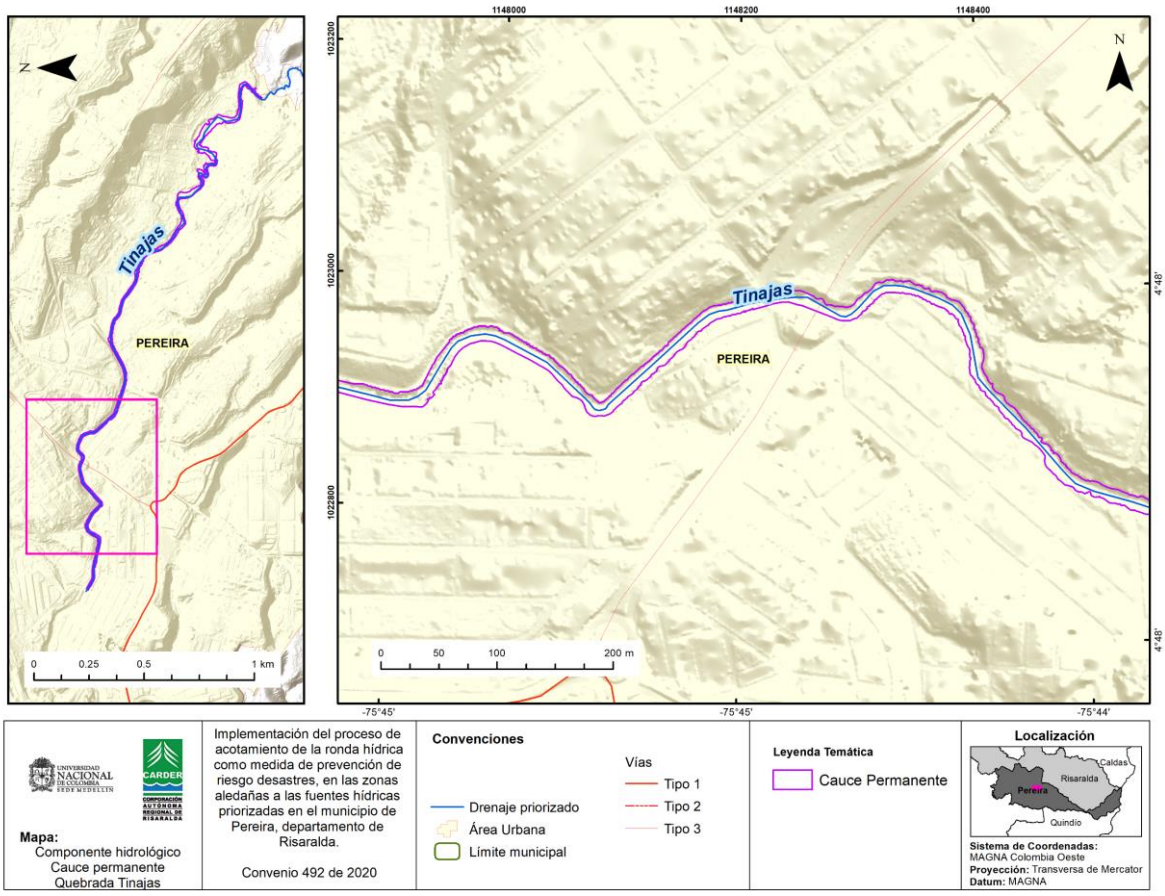


Figura 52. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada Tinajas.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,086, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada Tinajas tiene un ancho promedio de 33,60 metros, presentando un ancho máximo de 57,53 metros y un ancho mínimo de 9,80 metros. En la Figura 53 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

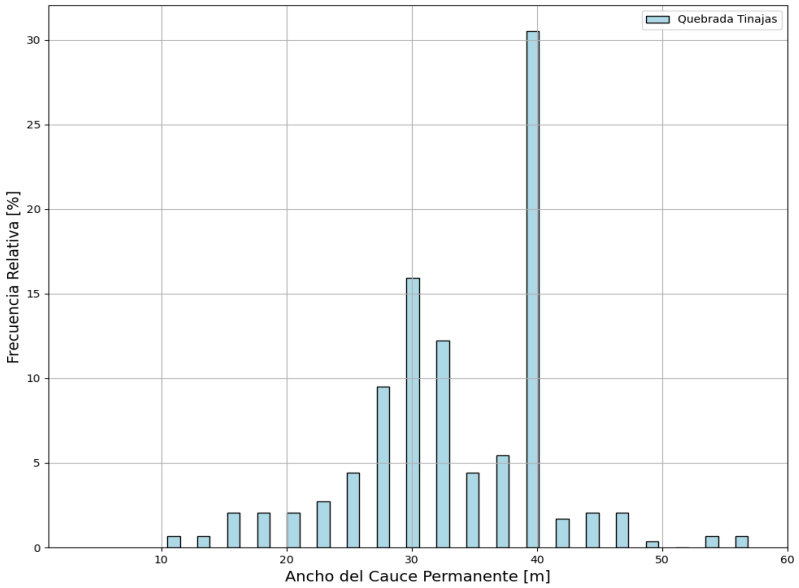


Figura 53. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada Tinajas.

4.2.1.10 Quebrada La Dulcera

La quebrada La Dulcera se modeló usando un total de 560 secciones de un ancho promedio de 50 metros (Figura 54). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 2,00%, presentando una longitud del cauce de 8.055,419 metros, una cota máxima de 1.426,15 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.272,39 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,02 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,177, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

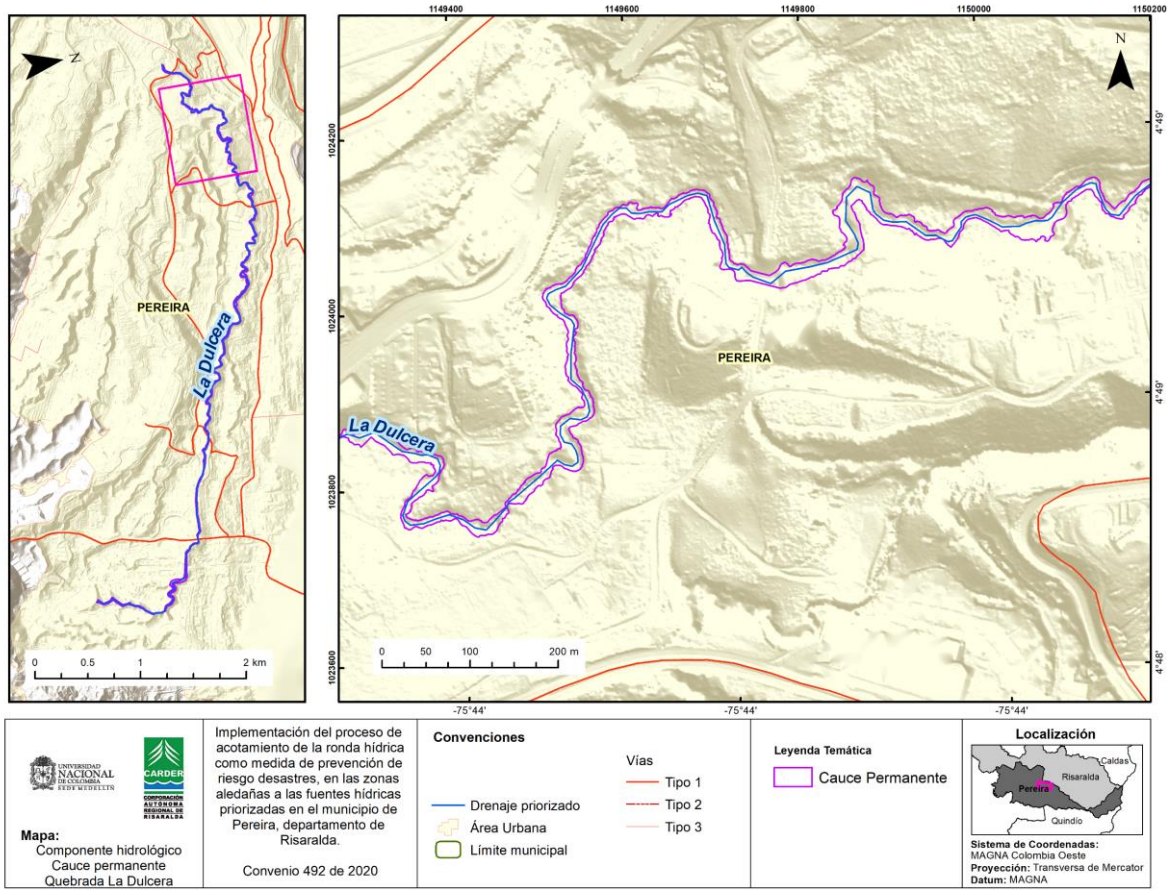


Figura 54. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada La Dulcera.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada La Dulcera tiene un ancho promedio de 25,79 metros, presentando un ancho máximo de 68,18 metros y un ancho mínimo de 7,31 metros. En la Figura 55 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

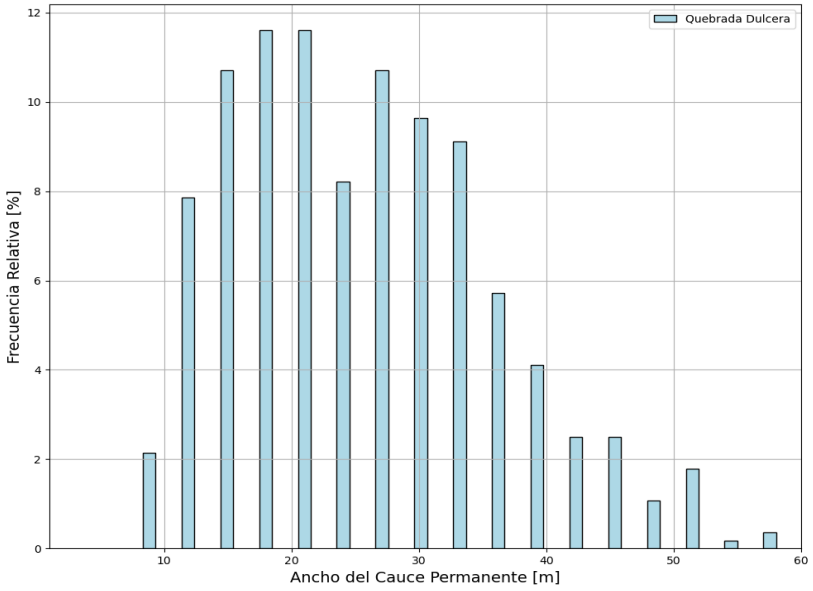


Figura 55. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada La Dulcera.

4.2.1.11 Quebrada El Oso

La quebrada El Oso se modeló usando un total de 887 secciones de un ancho promedio de 40 metros (Figura 56). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 2,86%, presentando una longitud del cauce de 11.350,63 metros, una cota máxima de 1.594,57m.s.n.m. y una cota mínima de 1.270,77 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,63 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,144, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada El Oso tiene un ancho promedio de 18,25 metros, presentando un ancho máximo de 107,03 metros y un ancho mínimo de 6,18 metros. En la Figura 57 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

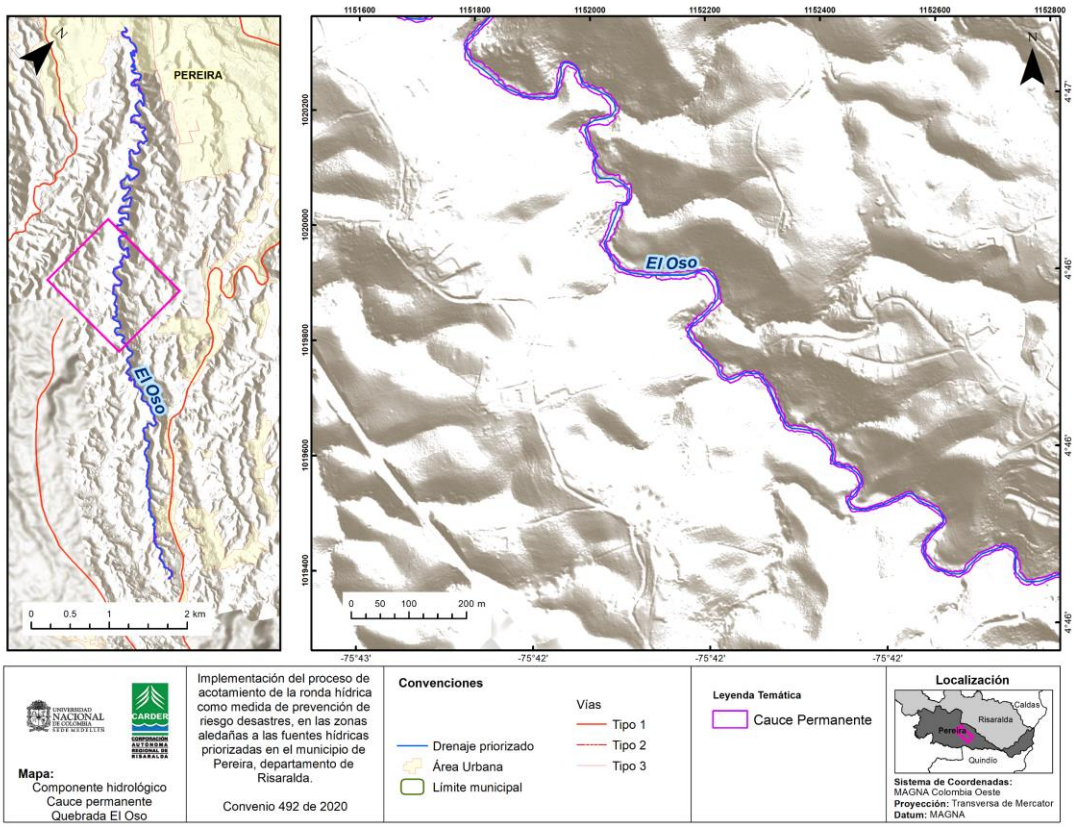


Figura 56. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Oso.

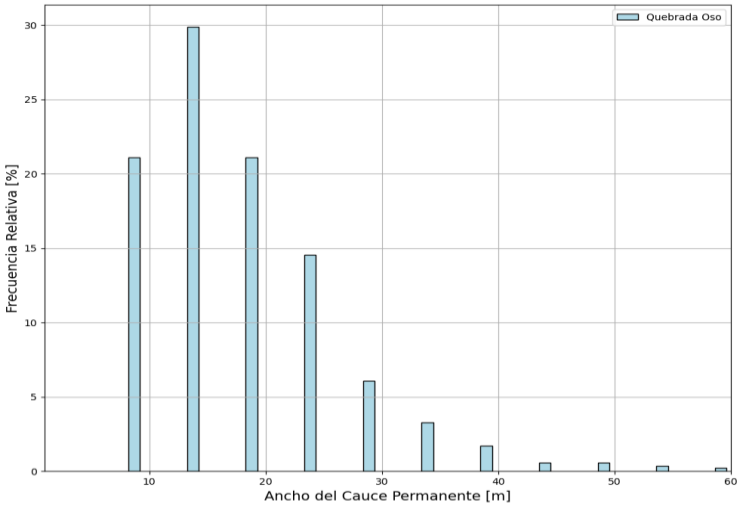


Figura 57. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada El Oso.

4.2.1.12 Quebrada El Chocho

La quebrada El Chocho se modeló usando un total de 417 secciones de un ancho promedio de 40 metros (Figura 58). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 4,85%, presentando una longitud del cauce de 5514,22 metros, una cota máxima de 1.628,23 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.360,99 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,66 m/s.

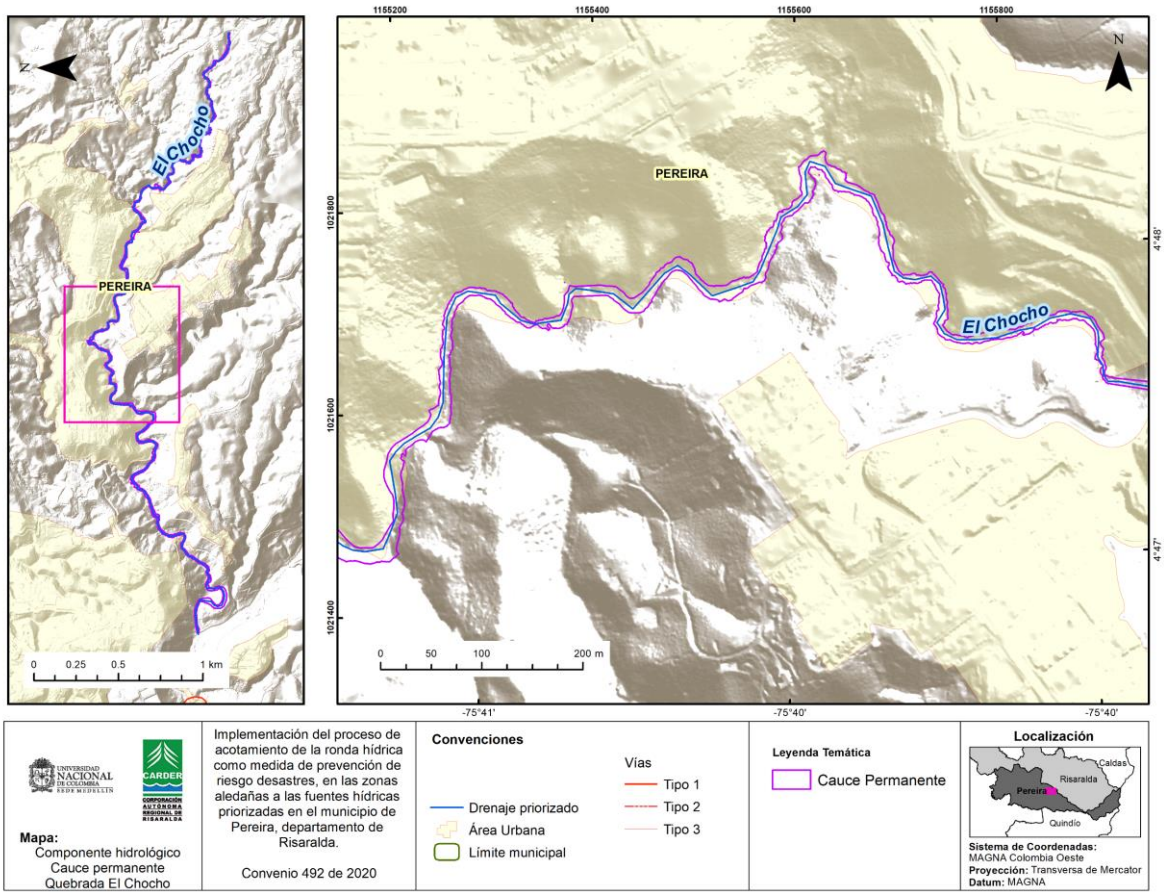


Figura 58. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Chocho.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,184, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada El Chocho tiene un ancho promedio de 18,86 metros, presentando un ancho máximo de 46,44 metros y un ancho mínimo de 4,04 metros. En la Figura 59 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

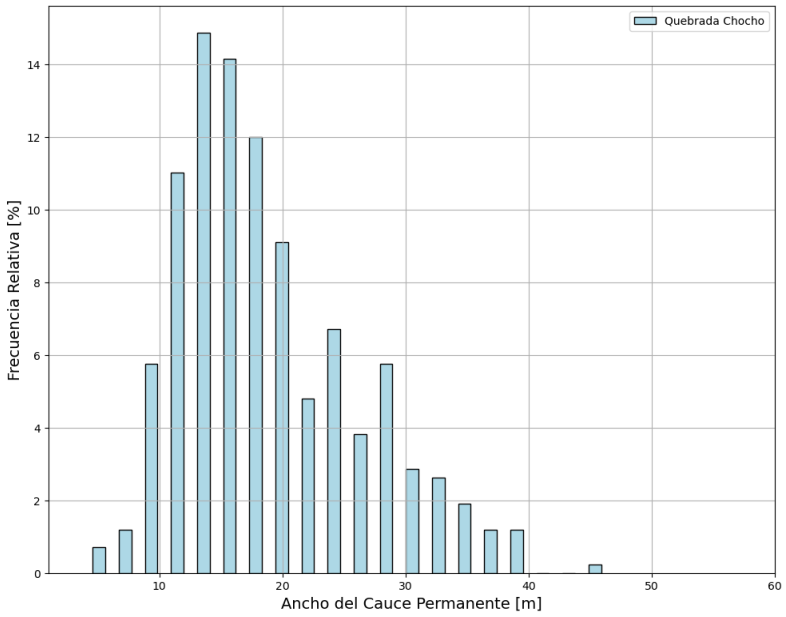


Figura 59. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada El Chocho.

4.2.1.13 Quebrada El Púlpito

La quebrada Púlpito se modeló usando un total de 272 secciones de un ancho promedio de 50 metros (Figura 60). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 6,31%, presentando una longitud del cauce de 3.275,685 metros, una cota máxima de 1.584,02 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.378,13 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,42 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,169, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

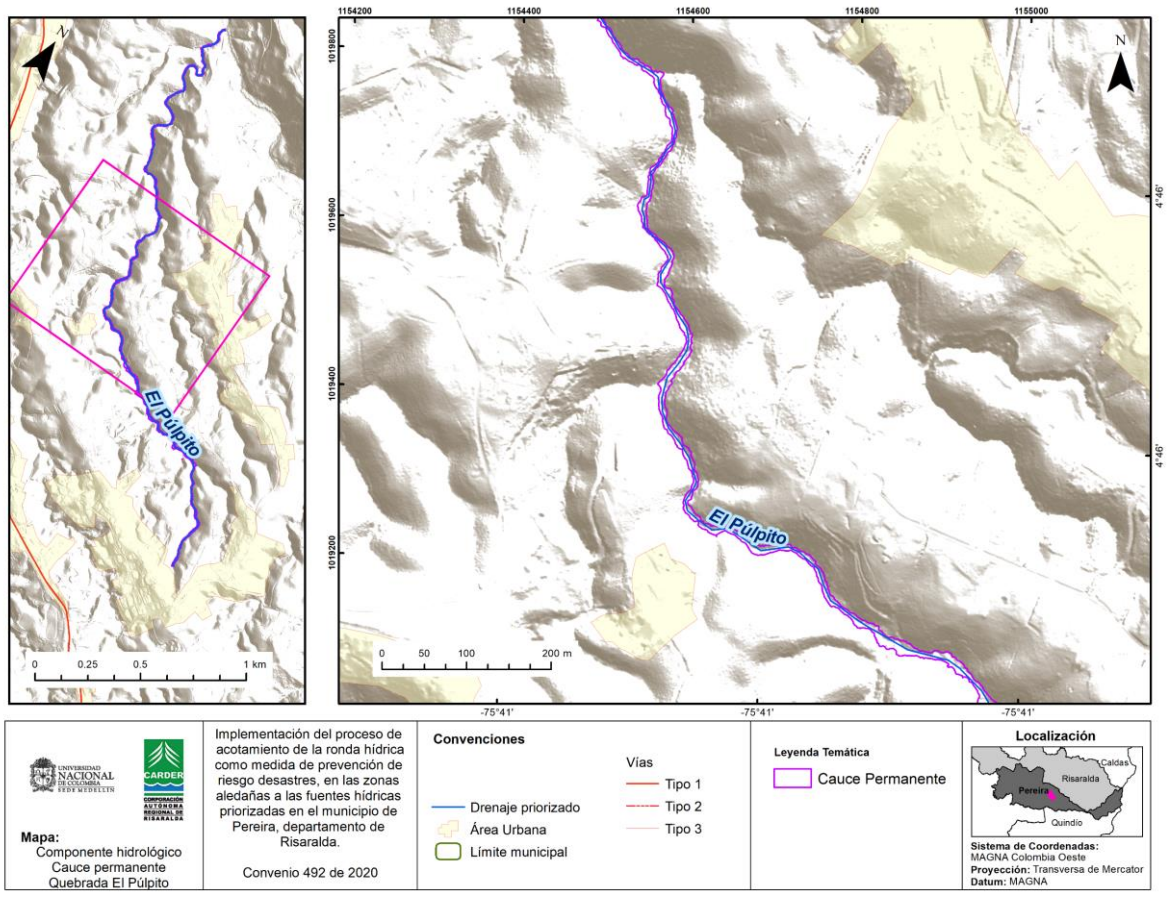


Figura 60. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada El Púlpito.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada Púlpito tiene un ancho promedio de 8,77 metros, presentando un ancho máximo de 24,84 metros y un ancho mínimo de 3,89 metros. En la Figura 61 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

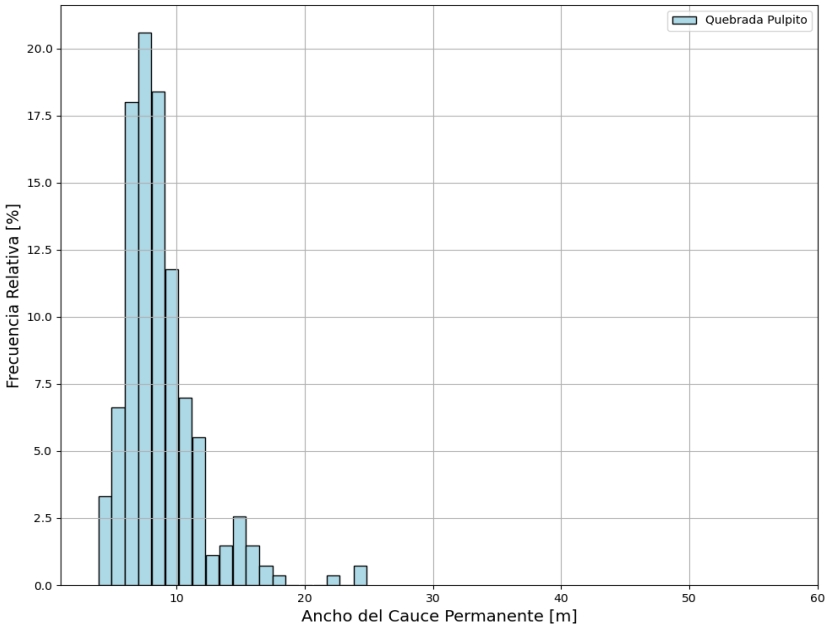


Figura 61. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada El Púlpito.

4.2.1.14 Quebrada La Víbora

La quebrada La Víbora se modeló usando un total de 225 secciones de un ancho promedio de 60 metros (Figura 62). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 7,27%, presentando una longitud del cauce de 2.279,785 metros, una cota máxima de 1.532,59 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.366,94 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,55 m/s.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,132, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, la quebrada La Víbora tiene un ancho promedio de 7,35 metros, presentando un ancho máximo de 17,63 metros y un ancho mínimo de 3,44 metros. En la Figura 63 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

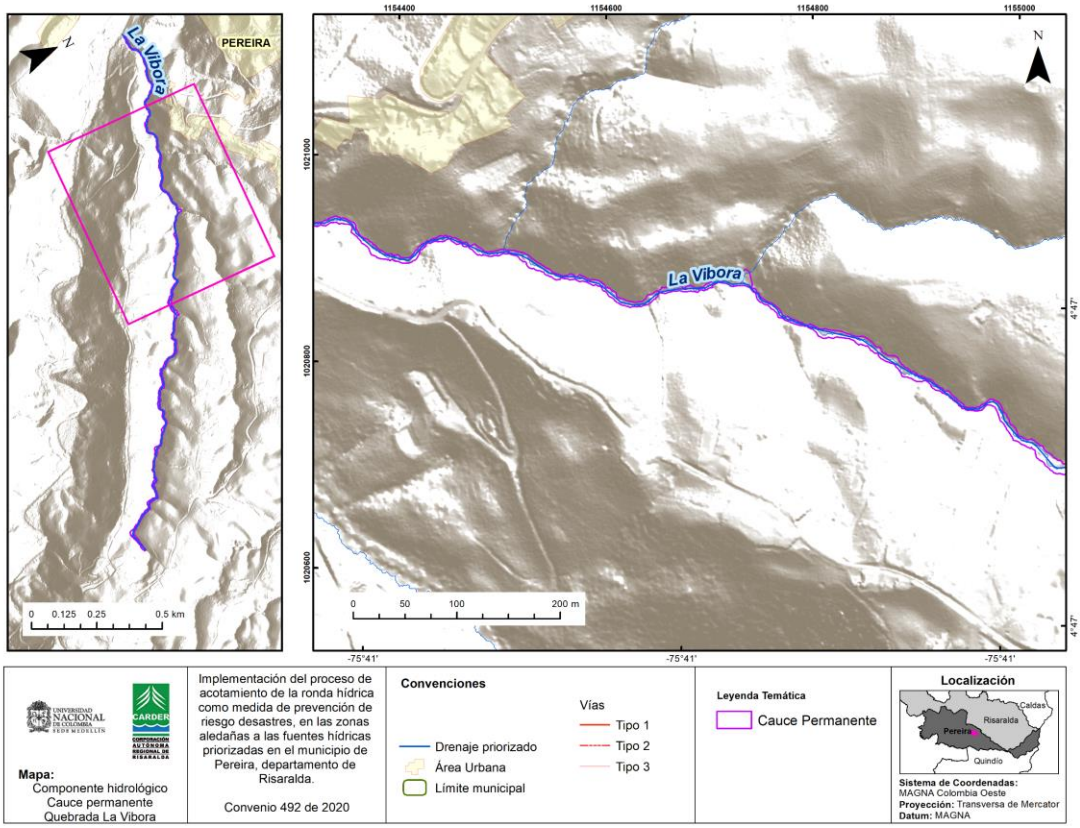


Figura 62. Delimitación del cauce permanente hidrológico de la quebrada La Víbora.

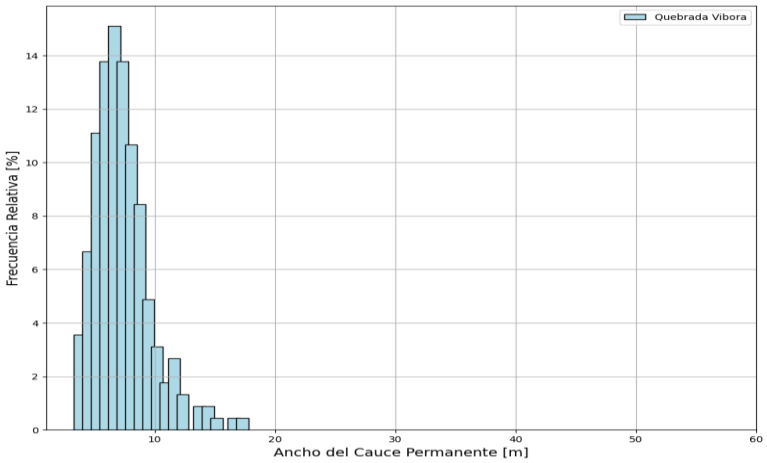


Figura 63. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente de la quebrada La Víbora.

4.2.1.15 Río Otún

El río Otún se modeló usando un total de 750 secciones de un ancho promedio de 90 metros (Figura 64). La pendiente media del tramo estudiado corresponde al 2,01%, presentando una longitud del cauce de 7.670 metros, una cota máxima de 1.289,31 m.s.n.m. y una cota mínima de 1.135,11 m.s.n.m. Además, en este tramo se obtuvo una velocidad promedio de2,26 m/s.

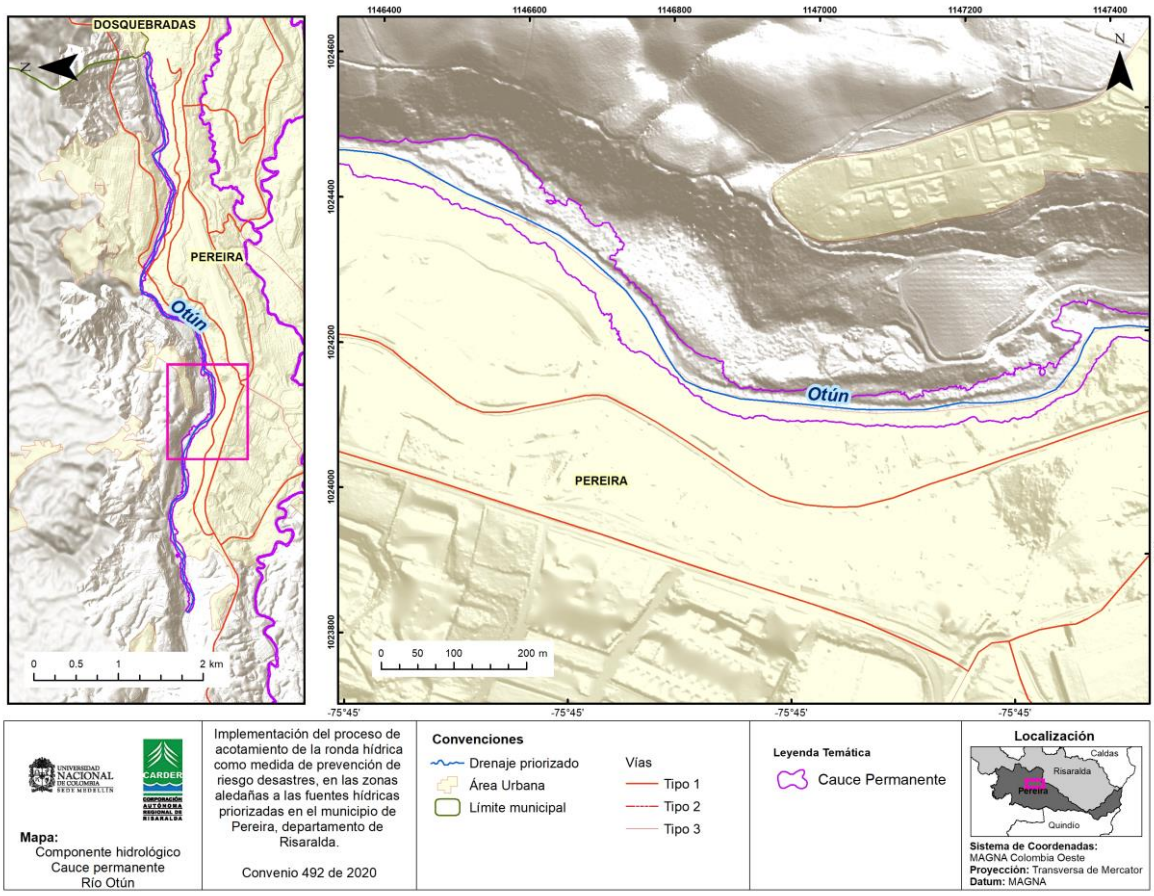


Figura 64. Delimitación del cauce permanente hidrológico del río Otún.

Para dicha modelación se tomó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,141, este valor es estimado a partir de condiciones características del cauce como el material presentado en su lecho, el grado de irregularidad del canal, las variaciones en la sección transversal desde aguas arriba hacia aguas abajo, la vegetación, las obstrucciones y la sinuosidad del tramo.

En cuanto a la sección transversal, el río Otún tiene un ancho promedio de 48,1metros, presentando un ancho máximo de 123,2 metros y un ancho mínimo de 13,7 metros. En la Figura 65 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

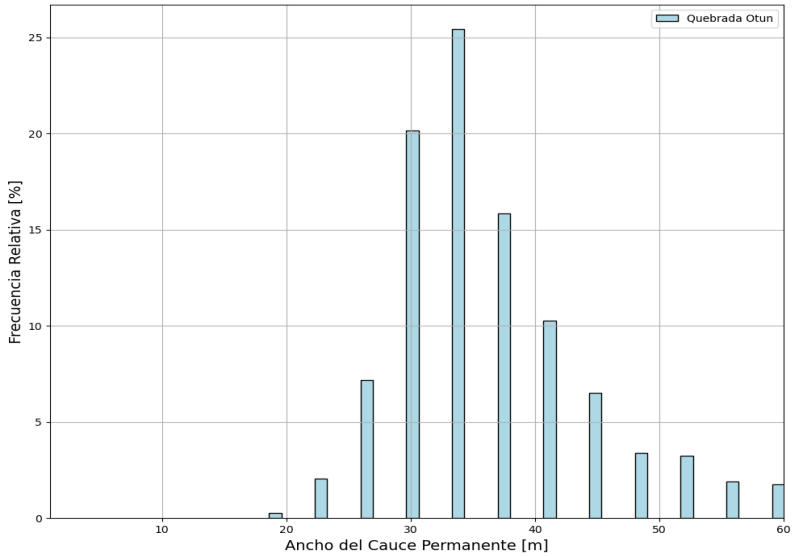


Figura 65. Histograma de la distribución de anchos del cauce permanente del río Otún.

4.2.2 Definición hidrológica del cauce permanente (banca llena)

Los resultados de las simulaciones del cauce permanente indican que, si bien, para las zonas altas y/o encañonadas de los tramos priorizados, el caudal simulado en el modelo hidráulico unidimensional se ajusta bien a los cambios de pendiente en las secciones transversales indicando un ajuste adecuado con las cicatrices del terreno (por su cambio de pendiente en la banca), es decir, una congruencia entre los resultados de la simulación 1D para el caudal Tr 2,33 y el concepto de banca llena, como es el caso de la quebrada Hato Viejo (Figura 66 y Figura 67), existen otras zonas que por su baja pendiente, por las formas del cauce y por las limitaciones en la tecnología empleada para el levantamiento de la topografía de detalle, los resultados de las simulaciones 1D no concuerdan con la identificación de banca llena bajo los cambios de pendiente en la sección.

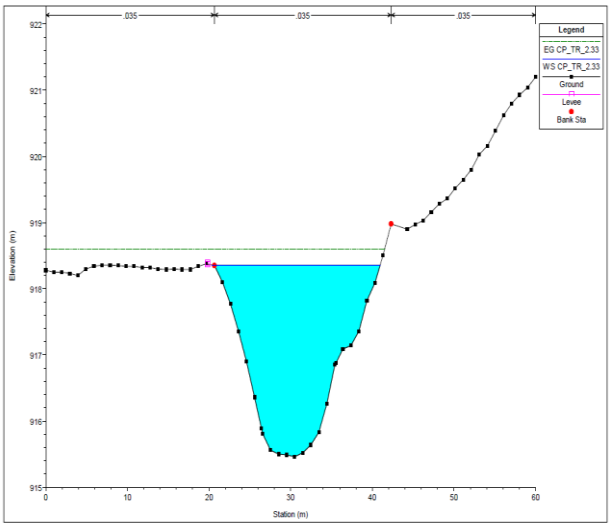


Figura 66. Sección transversal en el km 4+130 de la quebrada Hato Viejo.

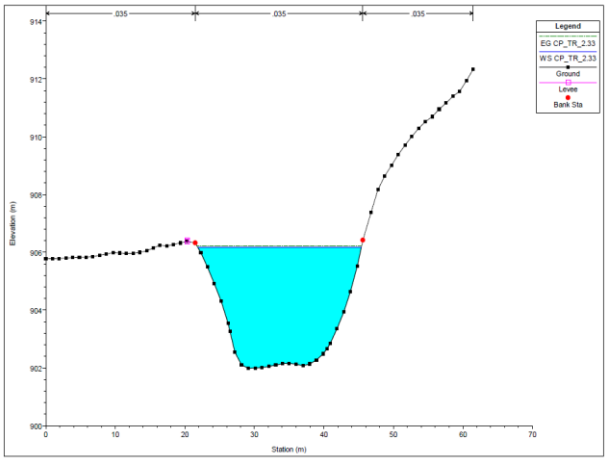


Figura 67. Sección transversal en el km 1+980 de la quebrada Hato Viejo.

En estas zonas (cuenca baja de la quebrada El Caucho y cuenca baja del río Consotá), se definió el cauce permanente teniendo en cuenta sólo el criterio de banca llena, identificado sección a sección y recurriendo a la definición de diques en HEC-RAS.

En la zona baja de la quebrada El Caucho se identificaron limitaciones topográficas del modelo digital del terreno, que dificultan la identificación del cauce permanente mediante simulaciones hidráulicas, principalmente, por ser una zona de baja pendiente y por la presencia de árboles de gran altura como las guaduas, razones por las que la metodología empleada para estimar la topografía de detalle no representa adecuadamente la geometría

del terreno (Figura 68 y Figura 69) y no se observa la morfología del cauce. Se resalta que no fue posible el ingreso a los predios para realizar topografía de detalle.

Para la delimitación del cauce permanente desde modelos hidráulicos es indispensable que se pueda representar adecuadamente el alineamiento horizontal del canal, definido como el eje del cauce y las bancas, siendo difícil en este tramo dada la ausencia de cicatrices en el terreno sobre las riberas del cauce, tal como se evidenció en las Figura 68. Para la delimitación del cauce permanente en este tramo en particular, se identificaron los puntos de cambio de pendiente en ambas márgenes de secciones transversales, permitiendo generar líneas encadenadas, representativas del cauce permanente.

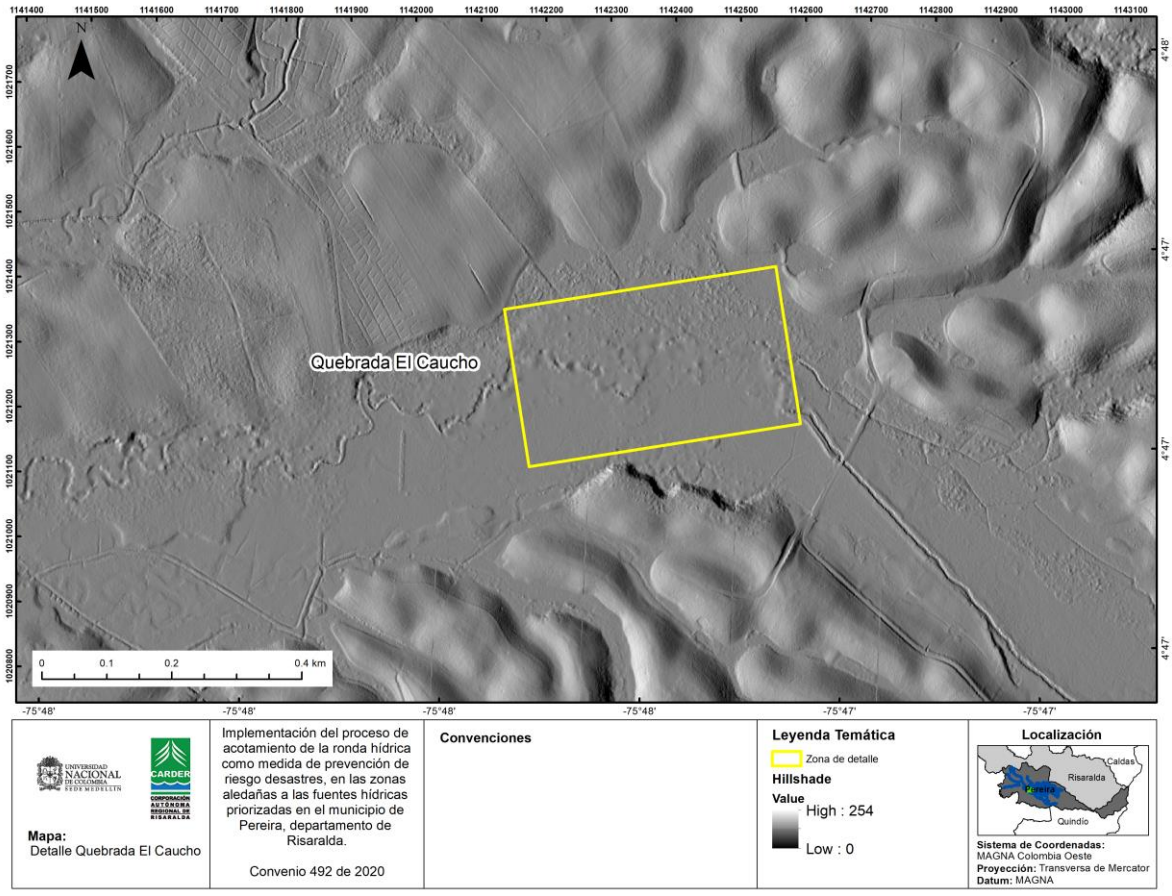


Figura 68. Limitaciones en la topografía preliminar LiDAR en la cuenca baja de la quebrada El Caucho.

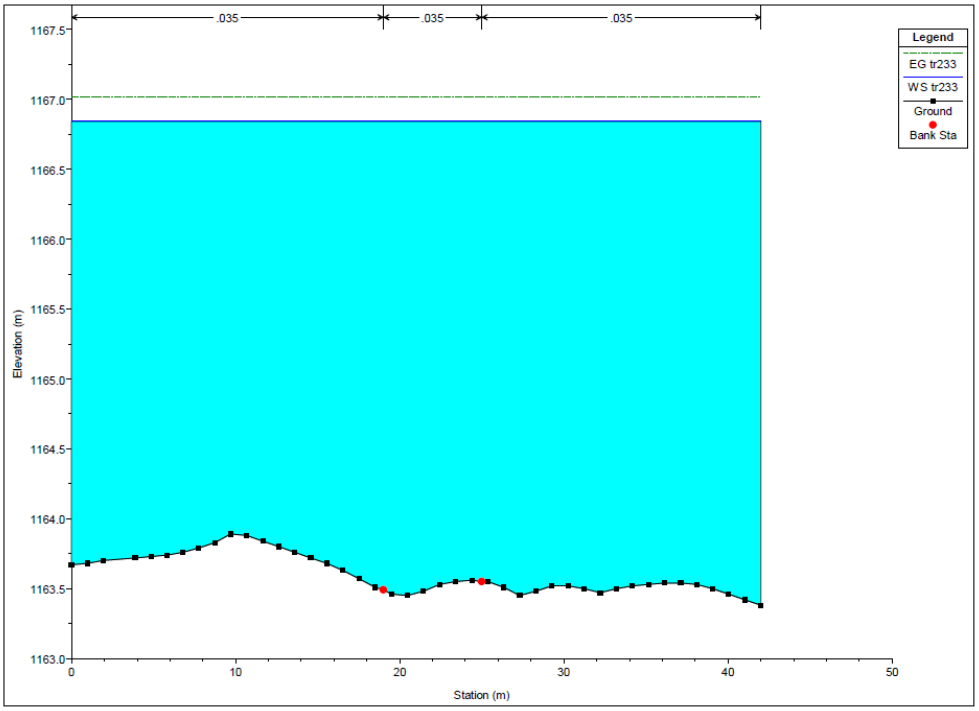


Figura 69. Sección transversal en el km 2+655 de la quebrada El Caucho (cuenca Baja).

La quebrada El Caucho en este tramo (desde la confluencia con la quebrada La Frijolera) se caracteriza por su baja pendiente y la presencia de una amplia llanura aluvial, indicando que es una zona de amortiguación de caudales de crecida. Además, el fondo del cauce está a una altura más elevada respecto al valle de la margen izquierda, protegido por el encauzamiento de diques probablemente naturales de poca altura (<2 metros) sobre ambas márgenes. Esta configuración geomorfológica del terreno es propia y representativa de llanuras de inundación y sugiere además la posibilidad de presencia de humedales, zonas de amortiguamiento o drenajes naturales del terreno.

Se considera importante resaltar otro tipo de limitación encontrada en los tramos de estudio; la intervención antrópica ha generado cambios en el alineamiento natural de los cauces y reducido su movilidad lateral, generando confinamientos en el interior de conjuntos residenciales y/o parcelaciones. La construcción de lagos artificiales laterales (en las márgenes) o adheridos al cauce natural del sistema lótico, modifican el patrón del cauce natural, cambios en la velocidad del flujo y además convirtiéndolos en pequeños represamientos de agua. Un ejemplo de esto se da en la parte alta de la quebrada el Cauquillo y zona alta de la quebrada Grande.

4.3 DEFINICIÓN CAUCE PERMANENTE

Luego de realizada la delimitación del cauce permanente por criterios geomorfológicos e hidrológico - hidráulicos, se hizo la consolidación de los resultados para la definición del cauce permanente de cada tramo de estudio. En conclusión, en los tramos que se presentan geoformas encañonadas y escarpadas, el cauce permanente corresponde al cauce obtenido por la modelación hidráulica 1D para caudales con periodo de retorno de 2,33, mientras que, en tramos donde el cauce ocurre en llanuras y planicies extensas, el cauce, permanente corresponde al definido por el concepto de banca llena.

Los polígonos correspondientes a los cauces permanentes asociados a cada tramo se incluyen en la GDB del proyecto.

5. DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA

Para la definición del límite físico de la ronda hídrica se siguió la metodología desarrollada en la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en 2018, la cual se resume en el numeral 2.3.1, donde se detalla algunos temas específicos que se aplicaron en este estudio en particular. Los resultados obtenidos en cada uno de los componentes, al igual que el límite final de la ronda hídrica, para cada uno de los tramos se describen a continuación. Toda la información cartográfica de las componentes y la ronda hídrica se integra en la GDB del proyecto.

5.1 DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO

El componente geomorfológico de la ronda hídrica define el área necesaria para garantizar los procesos morfodinámicos que soportan la función de transporte y almacenamiento de agua y sedimentos. Esta función tiene una alta variabilidad temporal ya que procesos como el ajuste en la forma del cauce, su pendiente y sus patrones de alineamiento se dan a distintas escalas de tiempo. En términos geomorfológicos, la dinámica fluvial y su expresión pueden ser comprendidas como el resultado de la relación interdependiente de cuatro variables principales: caudal, longitud, carga y la capacidad de la corriente (Minambiente, 2018). En este numeral se presenta las geoformas asociadas a la ronda hídrica a escala 1:25.000 y los avances en la identificación y clasificación de estas geoformas a escala de detalle.

5.1.1 Contexto geológico y geomorfológico para la identificación y clasificación de las geoformas asociadas a la ronda hídrica a escala 1:25.000

El municipio de Pereira está ubicado en la parte norte de un gran abanico de origen fluvio-glacial y fluvio-volcánico ubicado en el piedemonte occidental de la cordillera Central, limitado al occidente por la serranía de Santa Bárbara y la parte norte de la planicie aluvial del río Cauca. De acuerdo con Ingeominas (1984), hoy Servicio Geológico Colombiano, la geología de las zonas adyacentes que enmarcan el abanico es, de más antiguas a más recientes, las que se enumeran a continuación.

Rocas metamórficas del Paleozoico representadas por una faja de esquistos anfibólicos, e intercalaciones de esquistos verdes y cuarzo Sericíticos. La faja metamórfica se extiende desde Dosquebradas hacia el norte en zona de los municipios de Santa Rosa de Cabal y Chinchiná, esta última en el departamento vecino de Caldas.

Al noreste y Norte de la ciudad de Pereira afloran rocas ígneas y volcano sedimentarias del Mesozoico. Al este y sureste afloran el Gabro de Pereira y el Stock Diorítico de Santa Rosa. Las rocas volcánicas y sedimentarias de origen oceánico se encuentran al noreste, al Norte de Pereira. Dentro del Abanico de Armenia Risaralda y en particular en jurisdicción del municipio de Pereira, afloran cerros de la misma composición como expresión de parte del basamento de los sedimentos del Cuaternario. En la cartografía de Ingeominas (1984), se correlacionó estas unidades roca con el denominado Grupo Diabásico, el cual aflora principalmente en la Cordillera Occidental.

El límite occidental del abanico mencionado antes lo constituyen rocas sedimentarias plegadas de origen continental de las formaciones La Paila y Cinta de Piedra de edad Cenozoica. Este conjunto de rocas conforma la estribación norte de la serranía de Santa Bárbara.

Desde el punto de vista tectónico la zona de interés está dentro la zona de falla conocida como de Romeral cuyas trazas han sido redenominadas por el Servicio Geológico Colombiano -SGC (2015), de este a oeste como las fallas San Jerónimo, Silvia Pijao y Cauca Almaguer las cuales han sido cubiertas por el Abanico Armenia – Pereira pero que pueden corresponder a la expresión superficial de las fallas denominadas Armenia y Montenegro cartografiadas en el departamento de Quindío.

En la zona demarcada en la Figura 70, fueron identificadas unidades geomorfológicas pertenecientes a los ambientes morfogenéticos: Estructural, Denudacional y Fluvial. De acuerdo con el mapa reclasificado para este informe, las unidades más importantes en el área corresponden al abanico fluvioglacial y fluviovolcánico (Dfvg1, Dfvg) conocido en la literatura como Abanico o Glacis del Quindío al que se han dado otros nombres como abanico Armenia Pereira o Quindío Risaralda. En segundo orden fueron cartografiadas unidades de origen estructural agrupadas en el flanco más occidental de la cordillera Central, conformada por rocas volcano sedimentarias de edad Mesozoica y Metamórficas del Paleozoica y la serranía de Santa Bárbara o de San Isidro compuesta por rocas sedimentarias de origen continental del Neógeno.

Por último, los mencionados POMCA de los ríos Otún y La Vieja cartografiaron unidades geomorfológicas de origen aluvial como llanuras de inundación y cauces aluviales de los ríos Cauca, Otún, Consotá y sus afluentes principales y La Vieja.

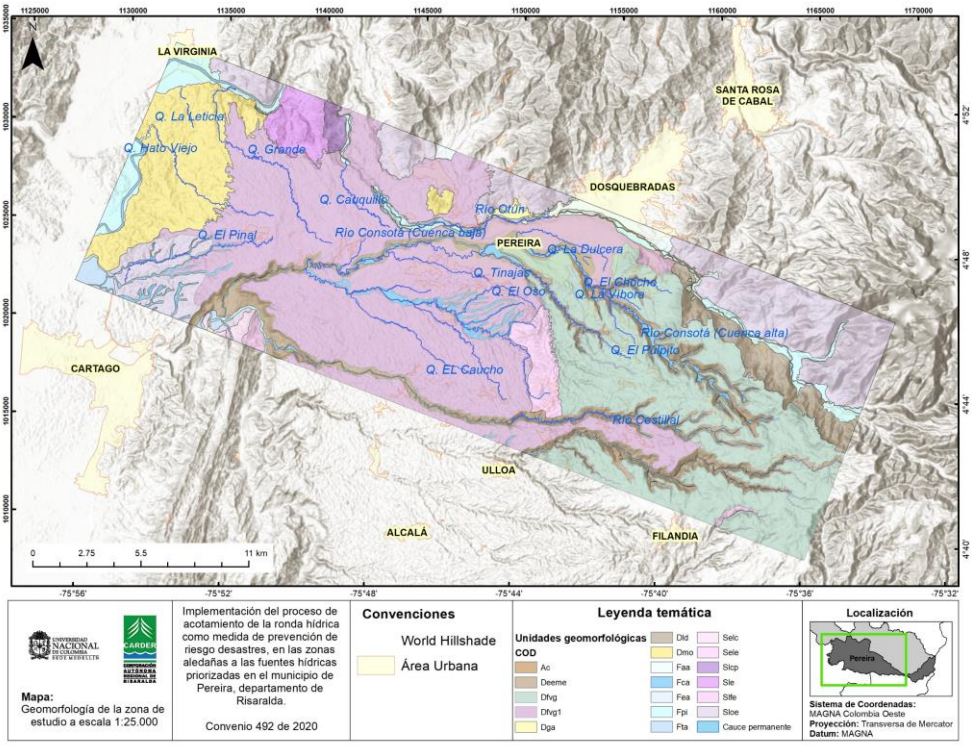


Figura 70. Geomorfología de la zona de estudio a escala 1:25.000.

5.1.2 Identificación y clasificación de las geoformas en los tramos priorizados a escala de detalle 1:1.000

En los tramos priorizados se identificaron tres (3) ambientes de formación los cuales son el Antrópico representado en la unidad de Planos y llenos antrópicos (Ar) y Terrazas agrícolas (Ata), el Denudacional con las unidades de Cerro residual (Dcrs), Escarpe de erosión mayor y menor (Deem y Deeme), Ladera erosiva (Dle) y Ladera ondulada (Dlo) y el Fluvial con unidades como Barra puntual (Fbp), Cauce aluvial (Fca), Laguna (Flg), Meandro abandonado (Fma), Plano anegadizo (Fpa), Plano o llanura de inundación (Fpi), Terraza de acumulación (Fta), Escarpe de terraza de acumulación (Ftae) y una georfma propuesta en el marco de este estudio denominada Unidad coluvio-aluvial que agrupa esos depósitos de vertiente que están mezclados con los depósitos aluviales.

A continuación, se presenta una descripción geomorfológica de los tramos por unidades, las cuales tienen correspondencia con lo definido en el numeral 4.1.

5.1.2.1 Unidad 1

El río Otún está conformado por las unidades fluviales de Escarpe de terraza de acumulación (Ftae), Terraza de acumulación (Fta), Cauce aluvial (Fca), las cuales se encuentran enmarcadas en las unidades denudacionales de laderas erosivas y onduladas, algunos escarpes de erosión menor y mayor y un cerro residual en la parte media (Figura 71). Las pendientes de las laderas onduladas oscilan entre 25 y 35 °, pendiente inclinada a semi escarpada, y se caracterizan por ser superficies en declive de morfología alomada a colinada, y se forman en depósitos coluvio-aluviales y fluvio-volcánicos de acuerdo al POMCA del Otún. Las laderas erosivas se encuentran entre 35 y 45 °, pendientes escarpadas muy escarpadas, de formas convexas, y de desarrollan en los mismos depósitos de las laderas onduladas.

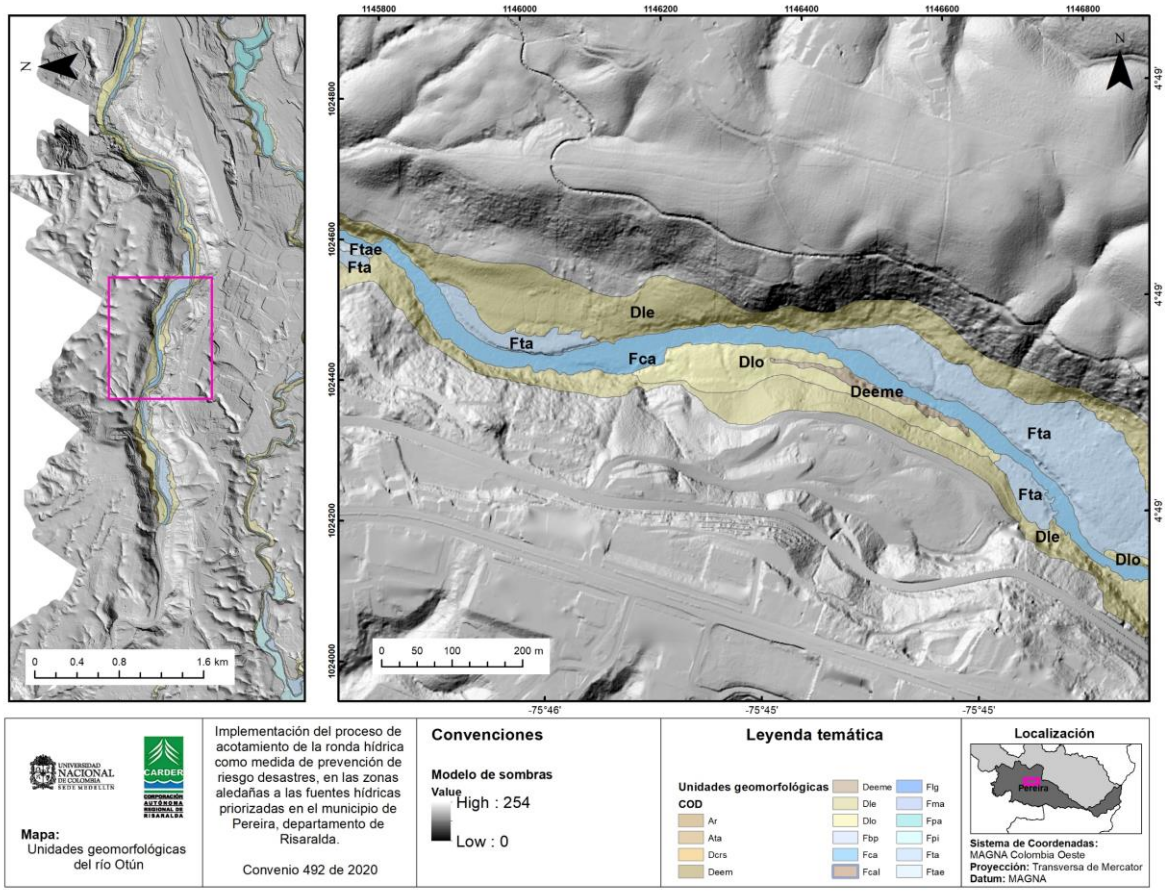


Figura 71. Unidades geomorfológicas del río Otún.

Las unidades fluviales Escarpe de terraza de acumulación (Ftae) y Terraza de acumulación (Fta) que son del orden de 2 a 5 m de alto, se desarrollan alrededor de un cauce estrecho que es de recto a sinuoso, encañonado en las laderas ya descritas (Figura 72), las cuales hacen parte de unidades de colinas con relieves relativos entre 100 y 300 m y con un grado de incisión alta.



Figura 72. Unidades geomorfológicas de Ladera erosiva (Dle), Terraza de acumulación (Fta) y Cauce aluvial (Fca) del río Otún.

5.1.2.2 Unidad 2

Los tramos de las quebradas El Chocho, La Víbora y El Púlpito y la parte alta del río Consotá, localizadas en la porción oriental del municipio, se desarrollan en laderas erosivas y onduladas del orden de 25 a 45 ° (Figura 73-B), con un Escarpe de erosión menor (Deeme) en la parte alta del río Consotá y una Terraza agrícola (Ata) en la cabecera de la quebrada El Chocho. Para La Víbora y El Púlpito la única unidad fluvial encontrada es la del cauce, y para el río Consotá y El Chocho, se determinaron el Cauce aluvial (Fca) y terrazas de acumulación (Fta) (Figura 73-A y Figura 74).

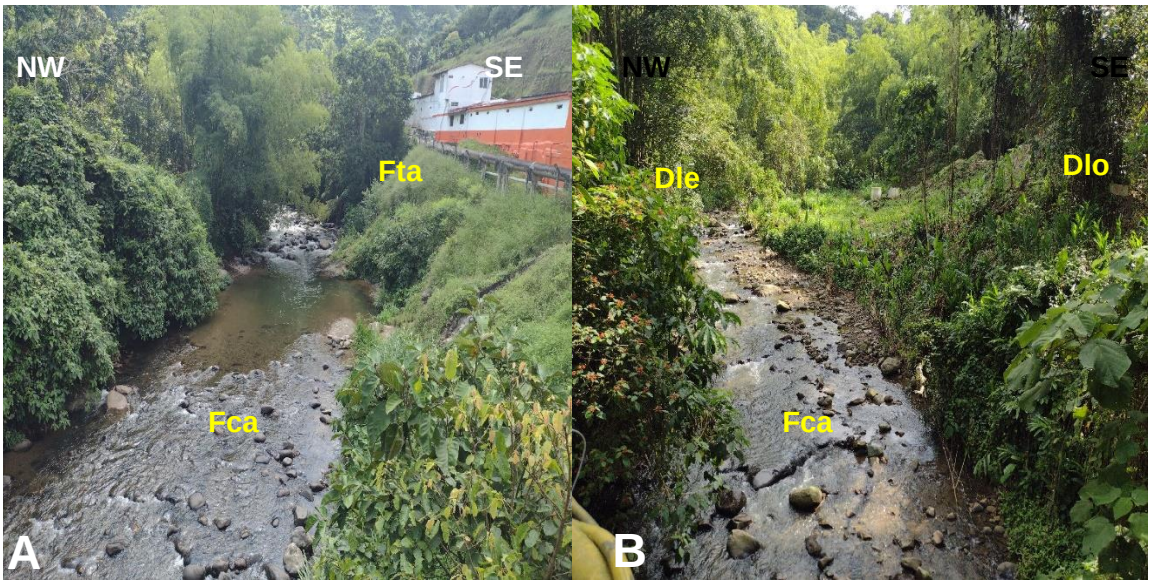


Figura 73. Unidades geomorfológicas. (A) quebrada El Chocho mostrando el Cauce aluvial (Fca) y Terraza de acumulación (Fta) y (B) Ladera erosiva (Dle), Ladera ondulada (Dlo) y Cauce aluvial (Fca) del río Otún.

Las quebradas La Dulcera, El Oso y la parte media y alta de la quebrada El Caucho y sus afluentes comparten como principal característica es que los cauces son encajados en unidades denudacionales como laderas erosivas (Figura 75) y onduladas, con pendientes escarpadas entre 35 y 45 °, las cuales se desarrollan en la Formación Armenia que está constituida por depósitos de cenizas volcánicas, flujos de lodo y depósitos de piedemonte. Además, con algunos Escarpes de erosión menor (Deeme) en la quebrada La Dulcera (Figura 76). El Cauce aluvial (Fca) es de recto (Figura 77) a sinuoso y ha desarrollado terrazas de acumulación y planos o llanuras de inundación en la parte baja de la quebrada El Oso y El Caucho (Figura 78) y un plano anegadizo en La Dulcera (Figura 76) y El Oso el cual está intervenido antrópicamente. Los relieves relativos oscilan entre 50 y 180 m (Figura 79).

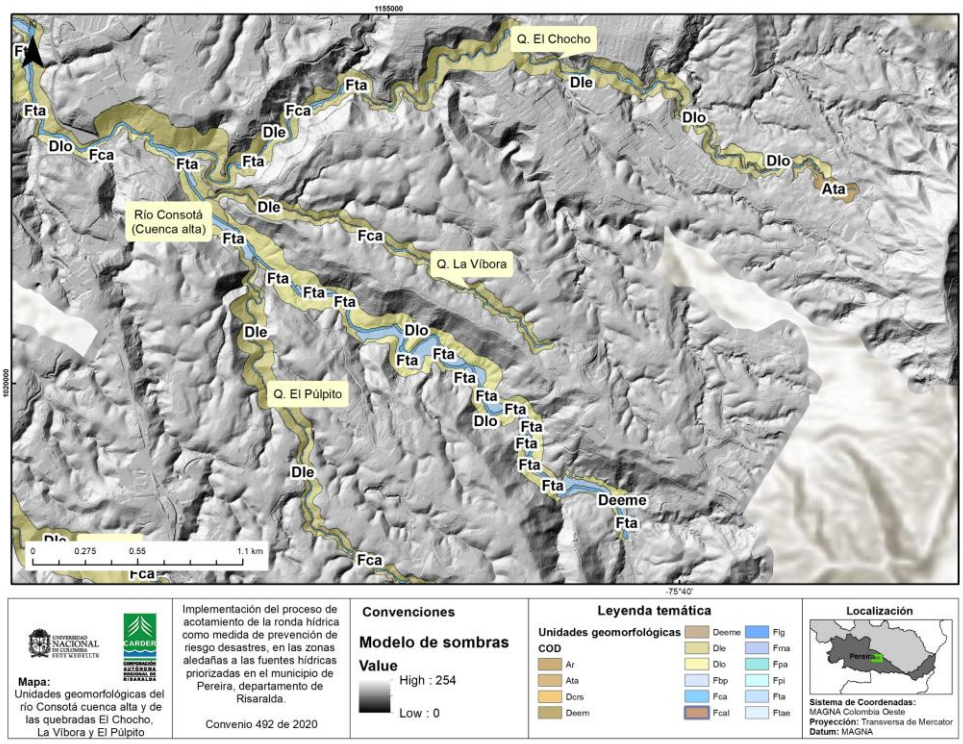


Figura 74. Unidades geomorfológicas del río Consotá cuenca alta y de las quebradas El Chocho, La Víbora y El Púlpito.

NW **SE**

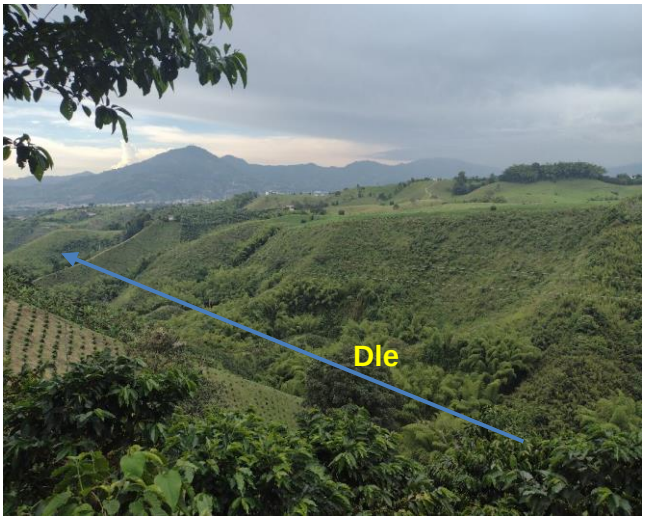


Figura 75. Unidades geomorfológicas de la quebrada El Oso, Ladera erosiva (Dle), la flecha azul indica el eje de la quebrada y el sentido de su recorrido.

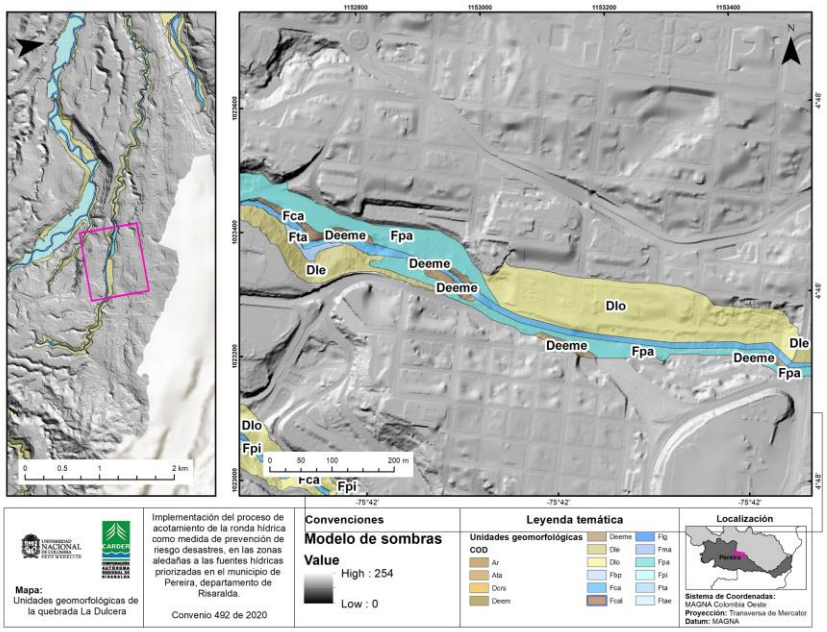


Figura 76. Unidades geomorfológicas de la quebrada La Dulcera.

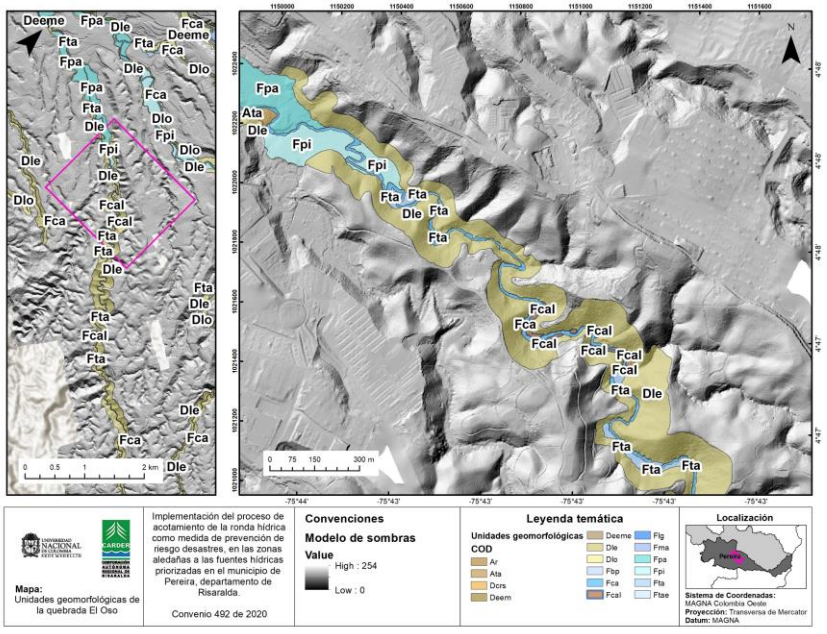


Figura 77. Unidades geomorfológicas de la quebrada El Oso.



Figura 78. Afluente de El Caucho, mostrando el Cauce aluvial l (Fca).

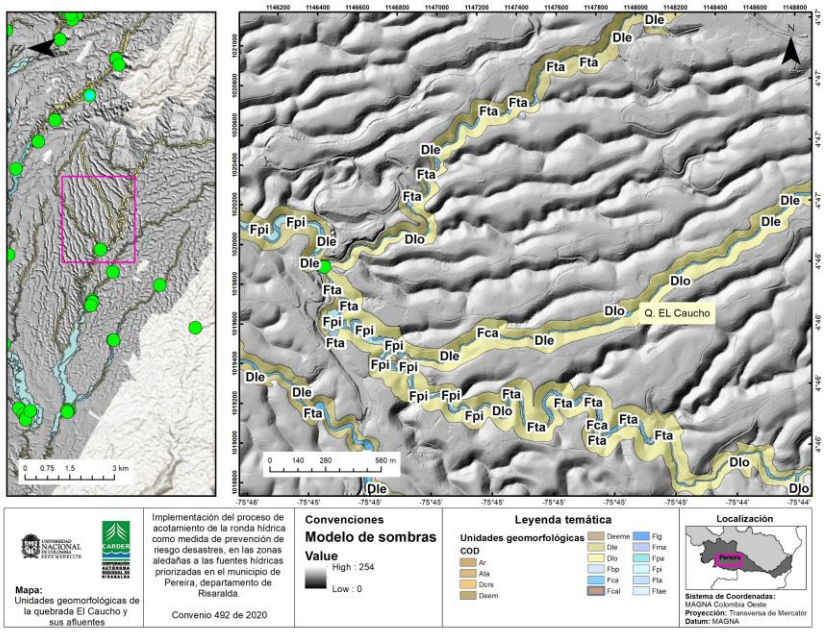


Figura 79. Unidades geomorfológicas de la quebrada El Caucho y sus afluentes.

5.1.2.3 Unidad 3

Los tramos de las cuencas bajas del río Consotá y la quebrada El Caucho se caracterizan por tener llanuras aluviales amplias (Figura 80), terrazas de acumulación rodeado de colinas bajas suaves de laderas erosivas y onduladas y con algunos escarpes de erosión menor, cuyo inicio marca muy bien el ancho de las geoformas de origen aluvial (Figura 81 y Figura 82). El tramo bajo del Consotá es una zona de fuerte incisión, con meandros encajados característicos (Figura 81), además, ambos cauces son del tipo meándrico. Por otra parte, las planicies de ambos cuerpos priorizados, que recorre el cauce actual, son en promedio de 200 m, es por esto que el cauce permanente geomorfológico de este grupo es el análogo al cauce permanente hidrológico (Figura 83).

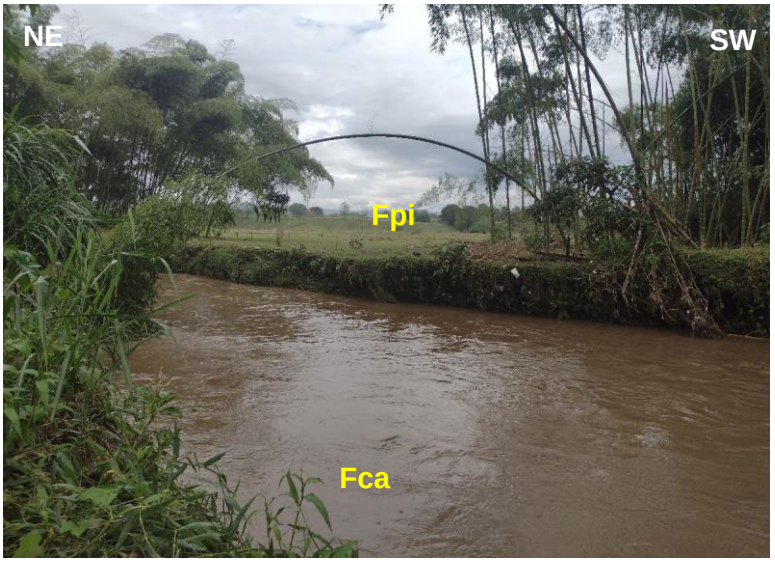


Figura 80. Unidades geomorfológicas del río Consotá cuenca baja. Plano o llanura de inundación (Fpi) y Cauce aluvial (Fca).

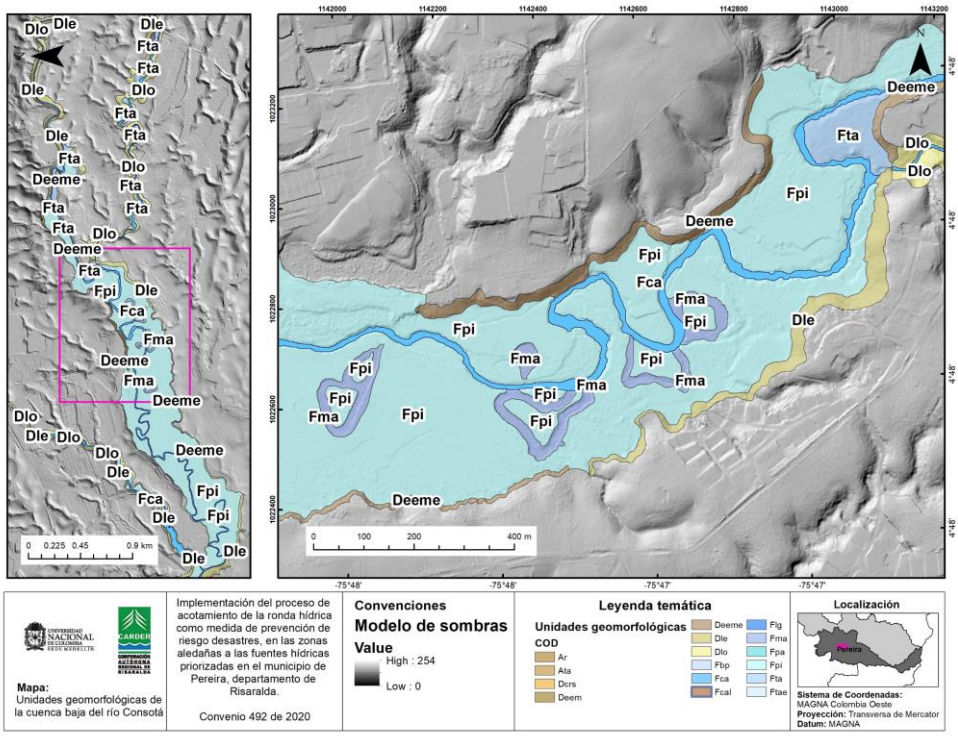


Figura 81. Unidades geomorfológicas de la cuenca baja del río Consotá.

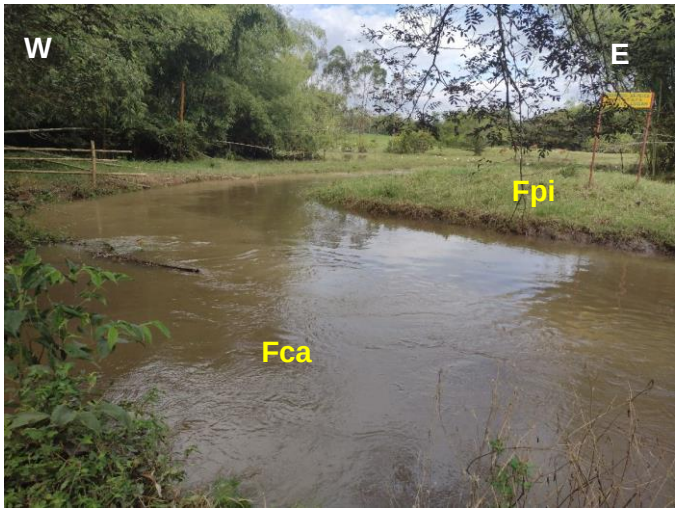


Figura 82. Unidades geomorfológicas de la quebrada El Caucho cuenca baja. Plano o llanura de inundación (Fpi) y Cauce aluvial (Fca).

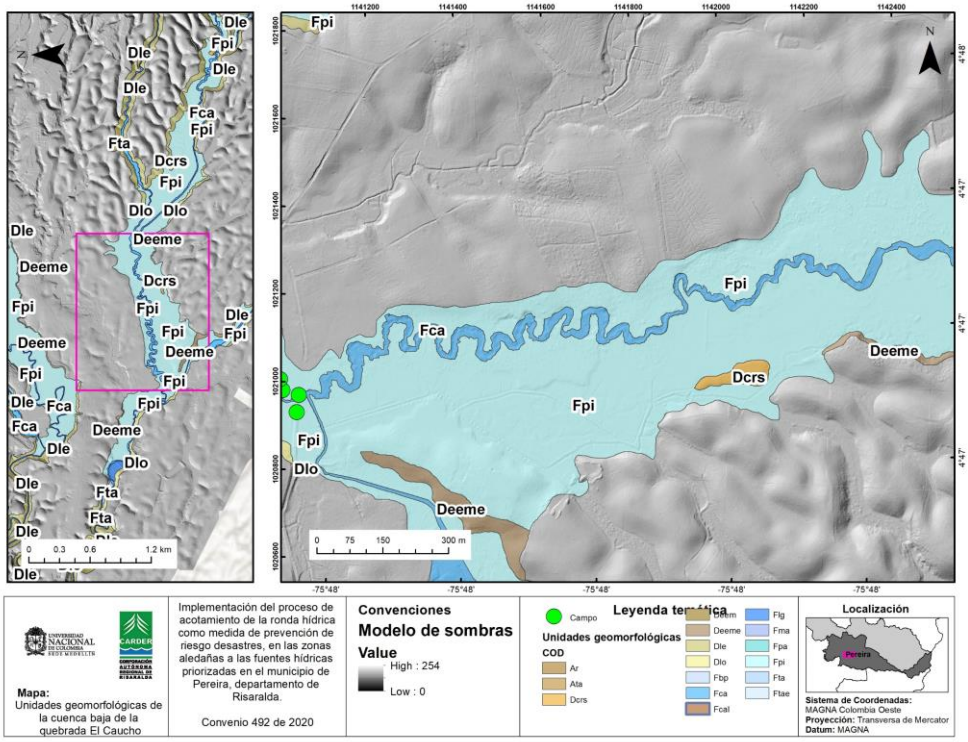


Figura 83. Unidades geomorfológicas de la cuenca baja de la quebrada El Caucho.

5.1.2.4 Unidad 4

El cauce de la cuenca alta del río Consotá se desarrolla en una zona amplia de plano o llanura de inundación entre 180 y 300 m, con algunas terrazas de acumulación (Figura 84), rodeadas de unidades denudacionales como laderas erosivas y onduladas, que hacen parte de colinas y lomeríos desarrollados en la Formación Armenia que está constituida por depósitos de cenizas volcánicas, flujos de lodo y depósitos de piedemonte. El tramo de la quebrada Tinajas tiene en algunas zonas Planos o llanura de inundación (Fpi) y en otras Planos anegadizos (Fpa) urbanizados con una amplitud promedio de 270 m de longitud (Figura 85). Los cauces se caracterizan por ser sinuosos a rectos y en la zona urbana se encuentra canalizado (Figura 86). La alta intervención antrópica tanto en la parte de la planicie como en la zona de colinas y lomeríos es lo que se destaca en esta unidad de análisis.

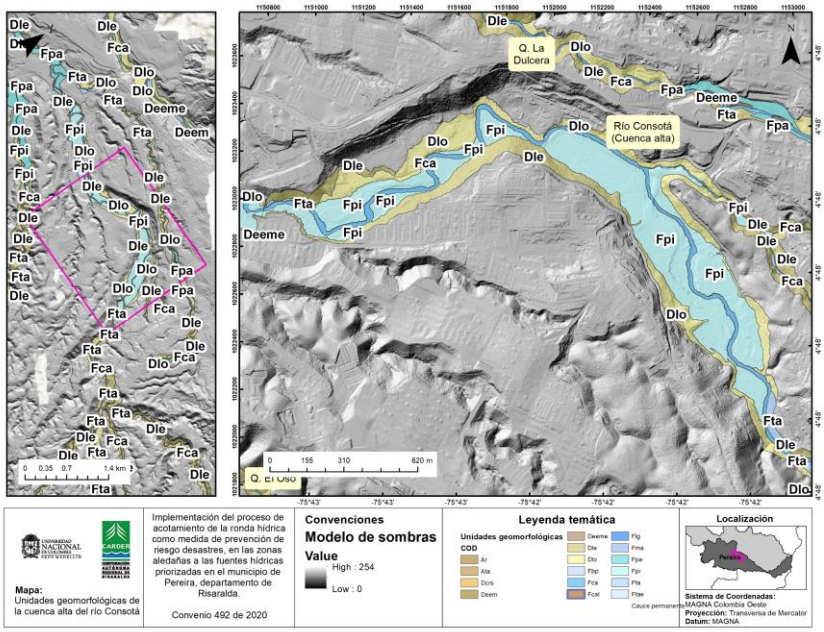


Figura 84. Unidades geomorfológicas de la cuenca alta del río Consotá.

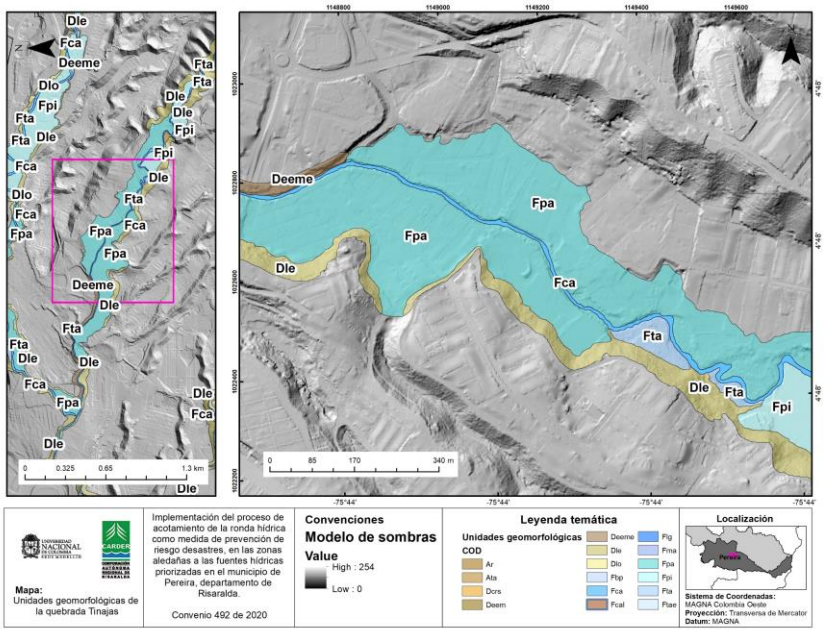


Figura 85. Unidades geomorfológicas de la quebrada Tinajas.



Figura 86. Canalización de la quebrada Tinajas Cauce aluvial (Fca), zona urbana de Pereira.

5.1.2.5 Unidad 5

Las quebradas Hato Viejo, Grande, El Piñal, Cauquillo y La Leticia localizadas al oeste de Pereira conforman la unidad de análisis 5. La característica principal de este grupo consiste que, en gran parte de los tramos y sobre todo en las cabeceras, el cauce y sus alrededores se desarrollan en planos y campos de llenos antrópicos, laderas erosivas y onduladas y planos anegadizos que se encuentran intervenidos y modificados con propósitos de agricultura y construcciones (Figura 87); Para aquellas zonas intervenidas las pendientes oscilan entre 0 y 15 °, en otros tramos laderas escarpadas (35 ° - 45 °). Por otra parte, estas quebradas encajadas tienen un cauce que varía de sinuosos a rectos y transitan por zonas colinadas suaves con poca incisión cuyos relieves relativos varían entre 20 y 100 m.

Las unidades fluviales que se encontraron son Cauce aluvial (Fca), Terrazas de acumulación (Fta) y Lagunas (Flg), artificiales y Meandros abandonados (Fma), en la quebrada Cauquillo (Figura 88). En la parte baja de estos cuerpos de agua, se observa la ampliación de la planicie que en algunos casos se conserva y en otros es ocupada por infraestructura (Figura 89).

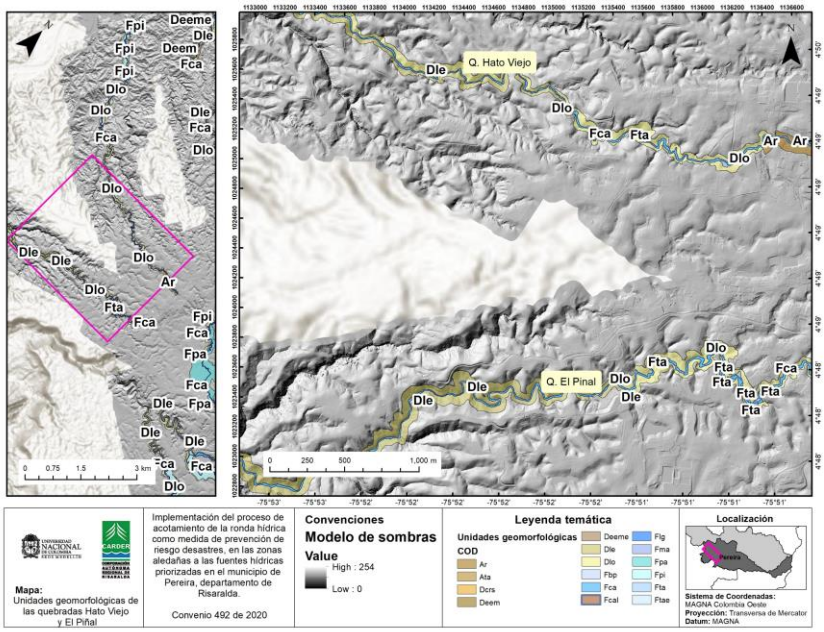


Figura 87. Unidades geomorfológicas de las quebradas Hato Viejo y El Piñal.

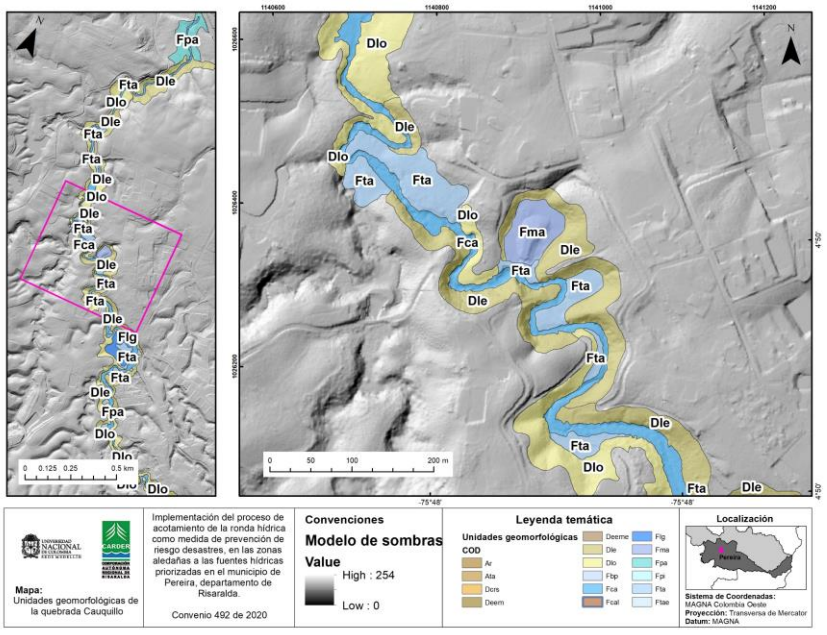


Figura 88. Unidades geomorfológicas de la quebrada Cauquillo.

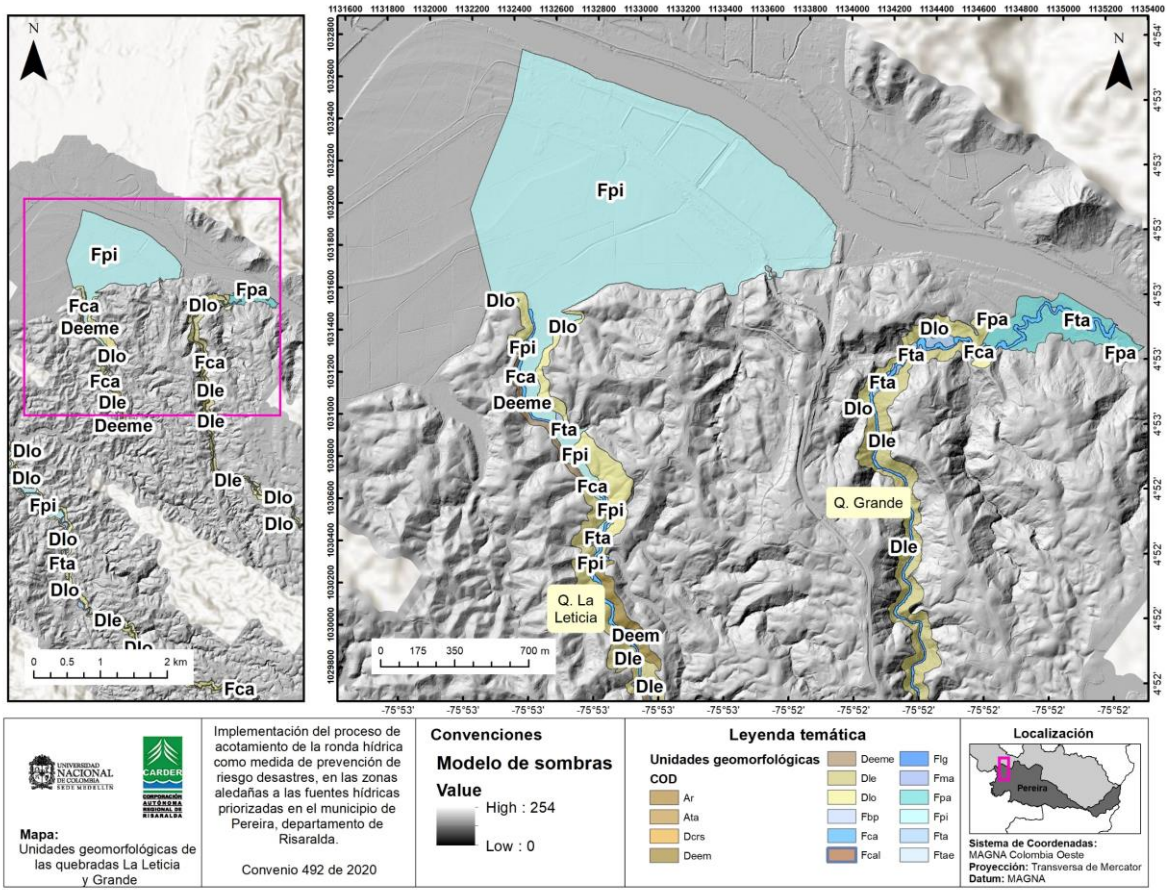


Figura 89. Unidades geomorfológicas de las quebradas La Leticia y Grande.

5.1.2.6 Unidad 6

El río Cestillal ubicado al sureste del casco urbano de Pereira es la unidad 6 de análisis. El río tiene recorrido este-oeste, un cauce sinuoso, que está encajado en laderas erosivas escarpadas entre 35 y 45 ° (Figura 90), y en lomeríos cuyos relieves relativos son en promedio de 100 m. La única unidad fluvial corresponde al cauce de la quebrada.

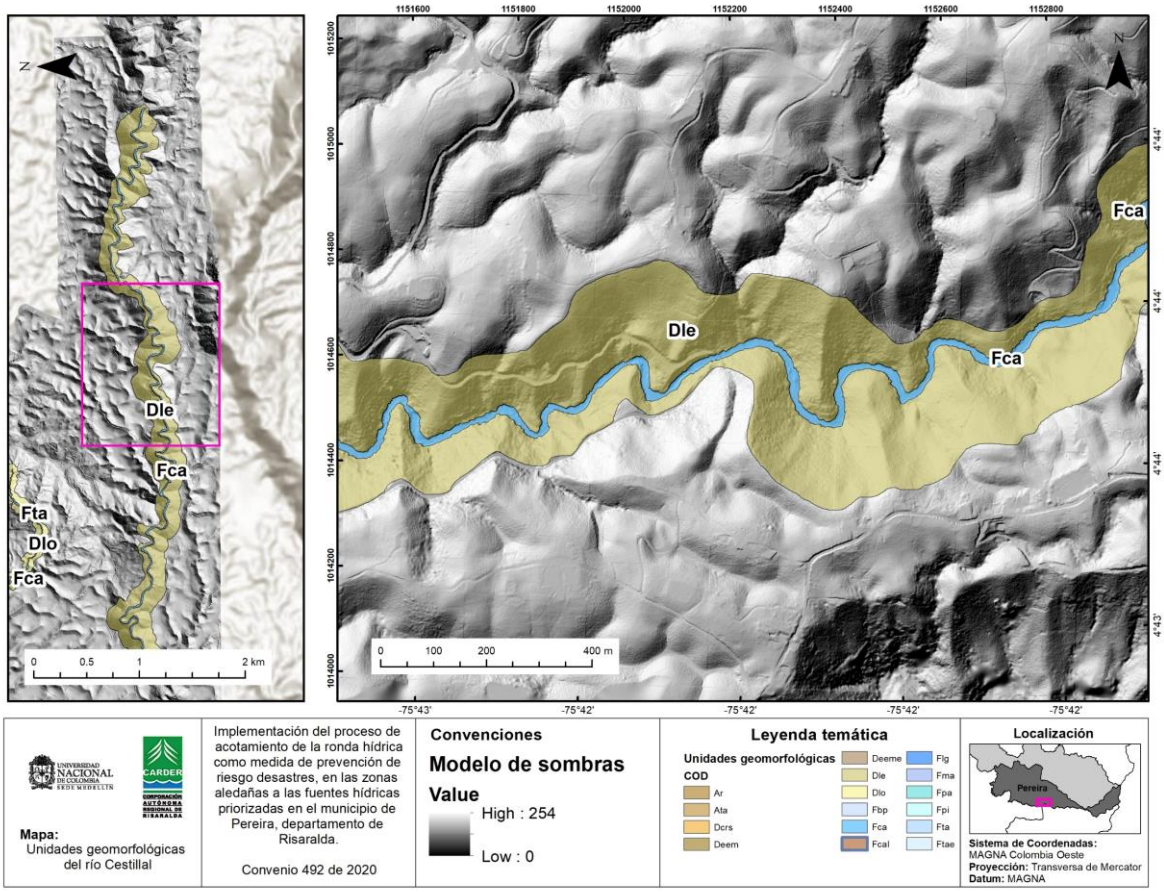


Figura 90. Unidades geomorfológicas del río Cestillal.

5.1.3 Delimitación del componente geomorfológico

5.1.3.1 Quebrada Hato Viejo

El componente geomorfológico de este cuerpo de agua está clasificado en cuatro (4) segmentos que representan distintas formas del cauce. El primero está localizado en la parte alta, tiene en promedio 20 m de ancho, es de sinuoso a recto y está urbanizado a sus alrededores; la unidad fluvial que limita este segmento es la del Cauce aluvial (Fca). En el segundo segmento, el cauce es encajado y sinuoso (Figura 91), el ancho es de 15 m en promedio, con algunos sectores con vegetación primaria y en otros rodeado de cultivos. Las unidades fluviales que limitan este segmento es el Cauce aluvial (Fca) y un par de Terrazas de acumulación (Fta) en la parte alta del segmento. Para el tercer segmento, la cuenca de la quebrada es más amplia (50 m en promedio), de forma sinuosa (Figura 91), y

con una serie de terrazas en ambas márgenes que junto con el cauce limitan el componente, rodeado de guaduales en galería. Para el ultimo segmento, la quebrada es de sinuosa a recta, con llanuras de inundación y terrazas que conforman el límite del componente y cuyo ancho promedio es de 130 m, para este segmento se observa guaduales en galería y cultivos con cercas naturales.

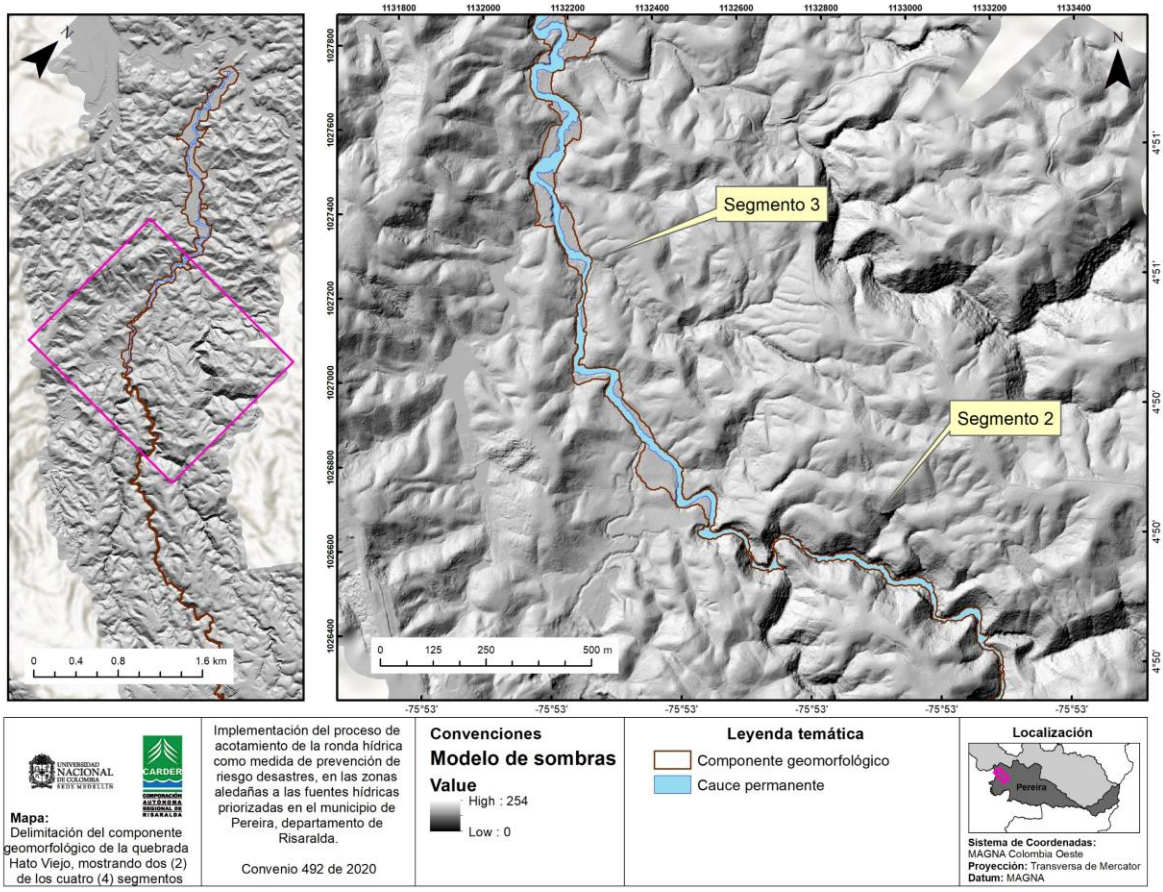


Figura 91. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada Hato Viejo, mostrando dos (2) de los cuatro (4) segmentos.

5.1.3.2 Quebrada Grande

Para este tramo priorizado el componente geomorfológico se clasifica en seis (6) segmentos que representan distintas formas del cauce. El primero está localizado en la parte alta (Figura 92), tiene en promedio 150 m de ancho, es de sinuoso a recto, con guaduales en galería y urbanizado a sus alrededores. El componente está limitado por unidades como cauce aluvial, plano anegadizo, terrazas de acumulación y una laguna

artificial. En el segundo segmento, el cauce es encajado y sinuoso, con algunas zonas donde se generan llanuras de inundación y terrazas y con un ancho de 50 m en promedio, rodeado de vegetación alta, urbanizaciones y cultivos. El tercer segmento, se caracteriza por estrecharse la cuenca, generando un cauce encajado y sinuoso, con algunas terrazas de acumulación y guaduales en galerías alrededor del componente.

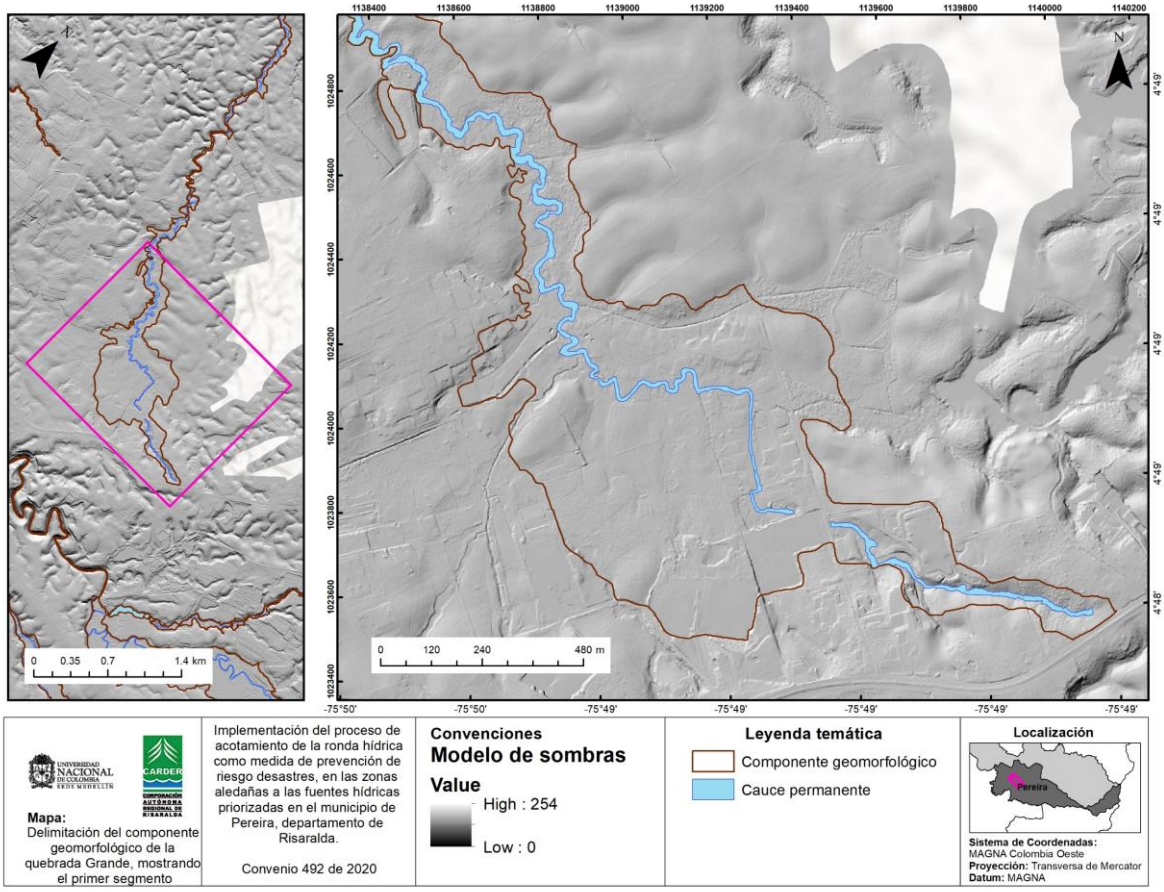


Figura 92. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada Grande, mostrando el primer segmento.

Para el segmento 4, la quebrada es en su mayoría recta y encajada y no desarrolla geoformas fluviales, restringiendo el componente al cauce aluvial que en promedio es de 15 m de ancho. Para este segmento se observa guaduales en galería y cultivos con cercas naturales. En el quinto segmento la cuenca se amplía, con un ancho promedio de 40 m, generando una serie de terrazas en cada margen, con un cauce sinuoso rodeado de vegetación arbustiva intercalado con guaduales. Finalmente, el segmento 6, la cuenca de

la quebrada es la más amplia (Figura 93), comparado con los demás segmentos, con un par de terrazas, una barra puntual y planos anegadizos que se presumen son generadas por el río Cauca y son sometidos a procesos denudacionales y antrópicos; estos planos limitan el componente en este segmento.

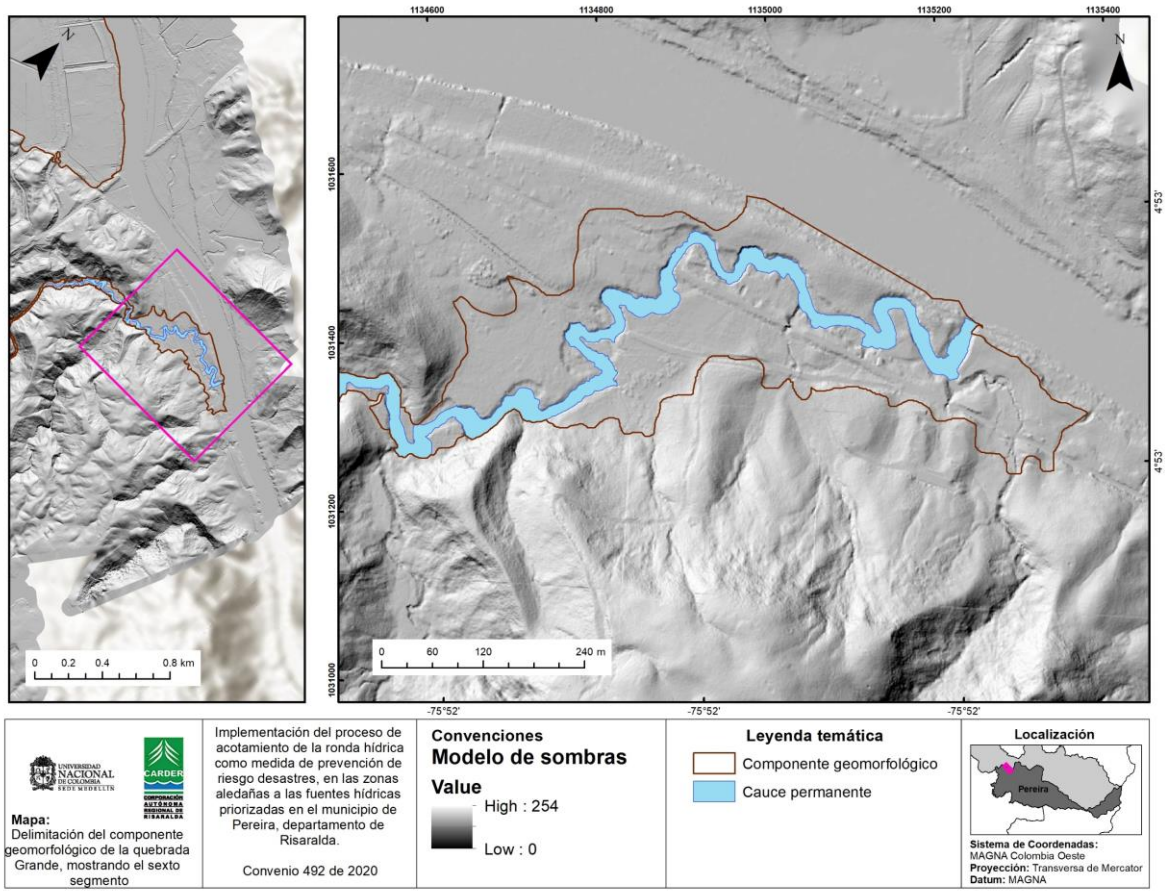


Figura 93. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada Grande, mostrando el sexto segmento.

5.1.3.3 Quebrada Leticia (caimalito)

El componente geomorfológico en este tramo priorizado se clasifica en dos (2) segmentos que representan distintas formas del cauce. El primero está localizado en la parte alta, tiene en promedio 60 m de ancho, es de sinuoso a recto y encajado en la primera sección del tramo, con guaduales en galería, arbustos y cultivos a sus alrededores. El segundo segmento, es conformado por el plano o llanura de inundación cuyo origen se le atribuye al

río Cauca y que ha sufrido de procesos antrópicos del tipo cultivos y urbanización; en este tramo no fue posible identificar el cauce de la quebrada (Figura 94). El componente en general está limitado por unidades como cauce aluvial, una laguna artificial, terrazas de acumulación y plano o llanura de inundación.

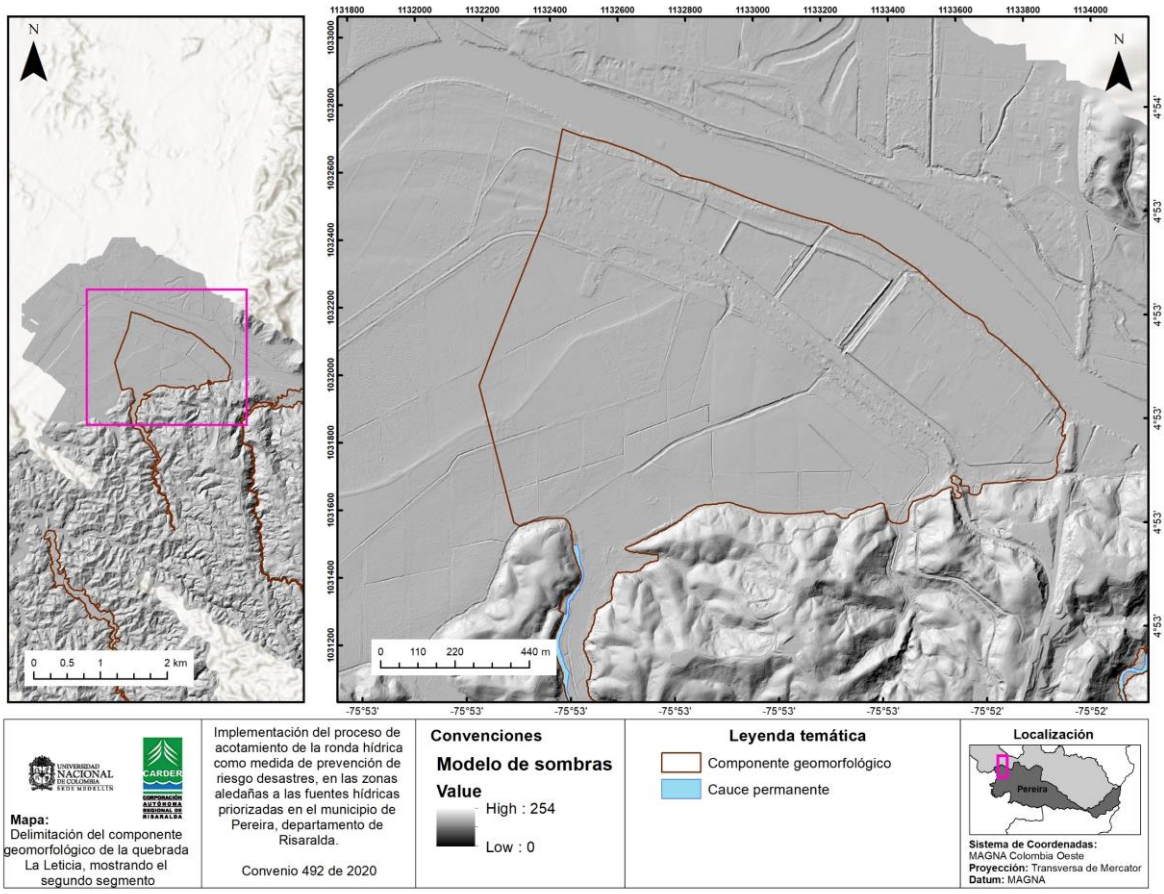


Figura 94. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada La Leticia, mostrando el segundo segmento.

5.1.3.4 Quebrada El Caucho (cuenca baja y alta)

El componente geomorfológico de los afluentes de esta quebrada, está limitado por la unidad de cauce aluvial, el cual es de forma recta, encajado y con un ancho promedio de 20 m. Para el cauce principal, se observan terrazas de acumulación y llanuras de inundación que se amplían en la parte baja de la cuenca (Figura 95) y que se desarrollan en guaduales en galería y cultivos. En la desembocadura de la quebrada en el Consotá se observa que

no hay desarrollo de geoformas aluviales y el cauce es sinuoso encajado en laderas erosivas.

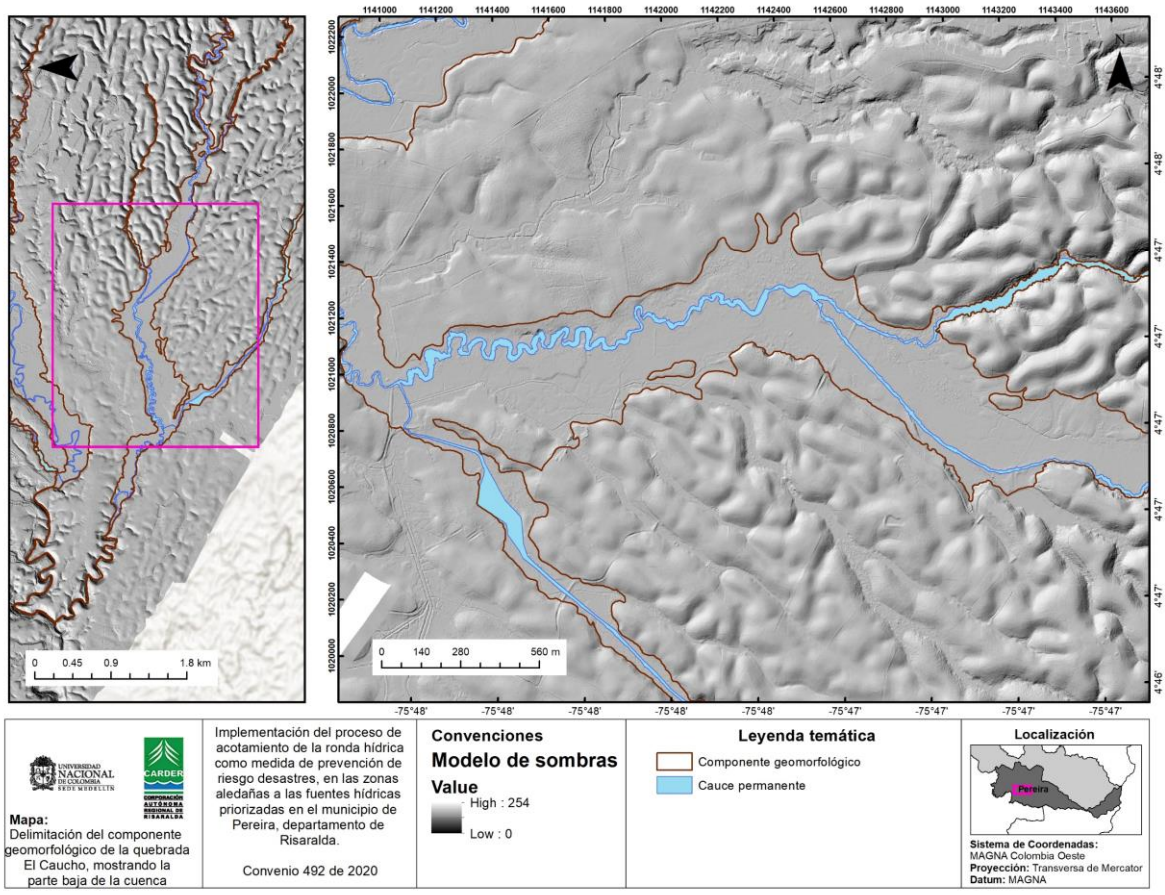


Figura 95. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada El Caucho, mostrando la parte baja de la cuenca.

5.1.3.5 Quebrada El Piñal

En este tramo priorizado el componente geomorfológico se clasifica en tres (3) segmentos que representan distintas formas del cauce. El primer segmento del cauce es sinuoso, encajado con algunas terrazas de acumulación y se encuentra rodeado de urbanizaciones y guaduales en galería; tiene un ancho promedio de 20 m. El cauce se estrecha en el segmento 2 y no desarrolla geoformas aluviales (Figura 96), es por esto que el componente

geomorfológico en este caso se restringe a la unidad cauce aluvial (Fca) y su ancho promedio no supera los 20 m. Finalmente para el tercer segmento, la cuenca de la quebrada es más amplia y se observan geoformas como terrazas, depósitos coluvio-aluviales y llanura de inundación en la parte más baja y la componente tiene un ancho de 70 m en promedio. En este segmento el cauce es sinuoso y se transita en una zona de guaduales en galería y arbustos bajos.

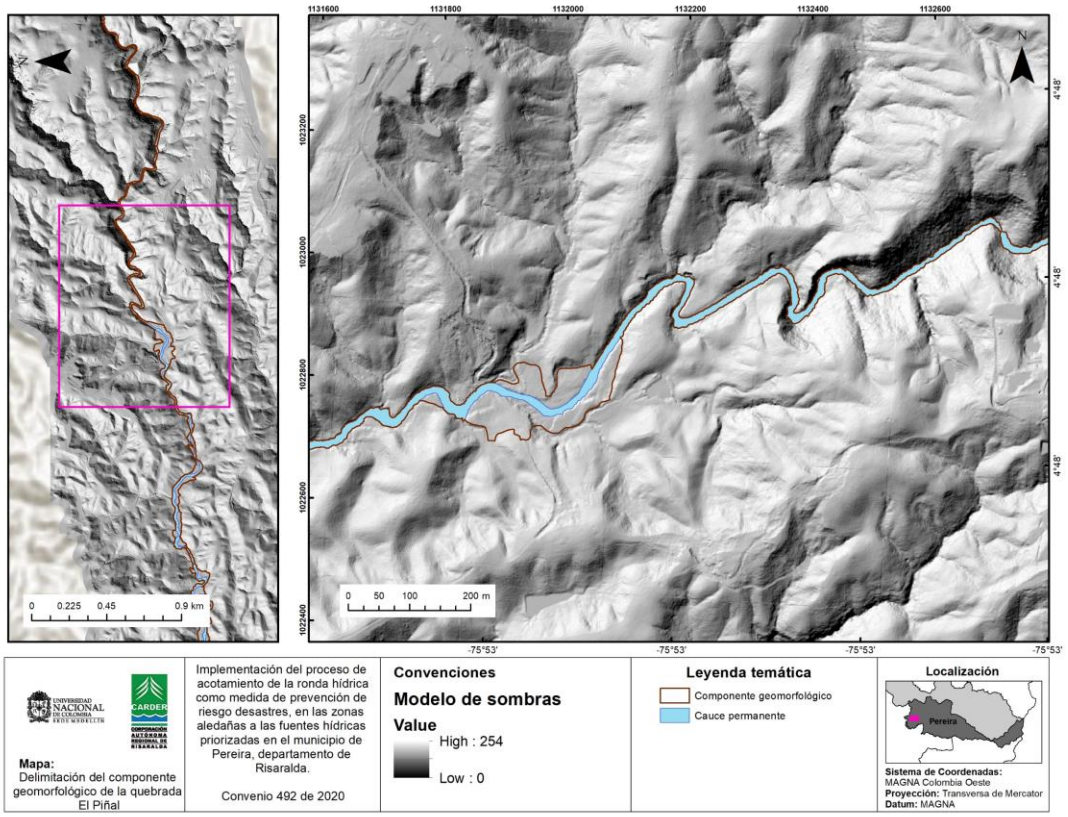


Figura 96. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada El Piñal.

5.1.3.6 Quebrada Cauquillo

En este tramo priorizado el componente geomorfológico se clasifica en 2 segmentos que representan distintas formas del cauce. En el primer tramo localizado en la parte alta, presenta un cauce sinuoso con terrazas, meandros abandonados y lagunas artificiales (Figura 97); la componente aquí tiene un ancho promedio de 40 m y está rodeado de construcciones y algunos cultivos. Para el segundo segmento, el cauce es estrecho con algunas terrazas, de sinuoso a recto, y un plano anegadizo en su desembocadura sobre el

río Otún. El ancho promedio del componente es de 25 m y se desarrolla en guaduales, cultivos y pastos.

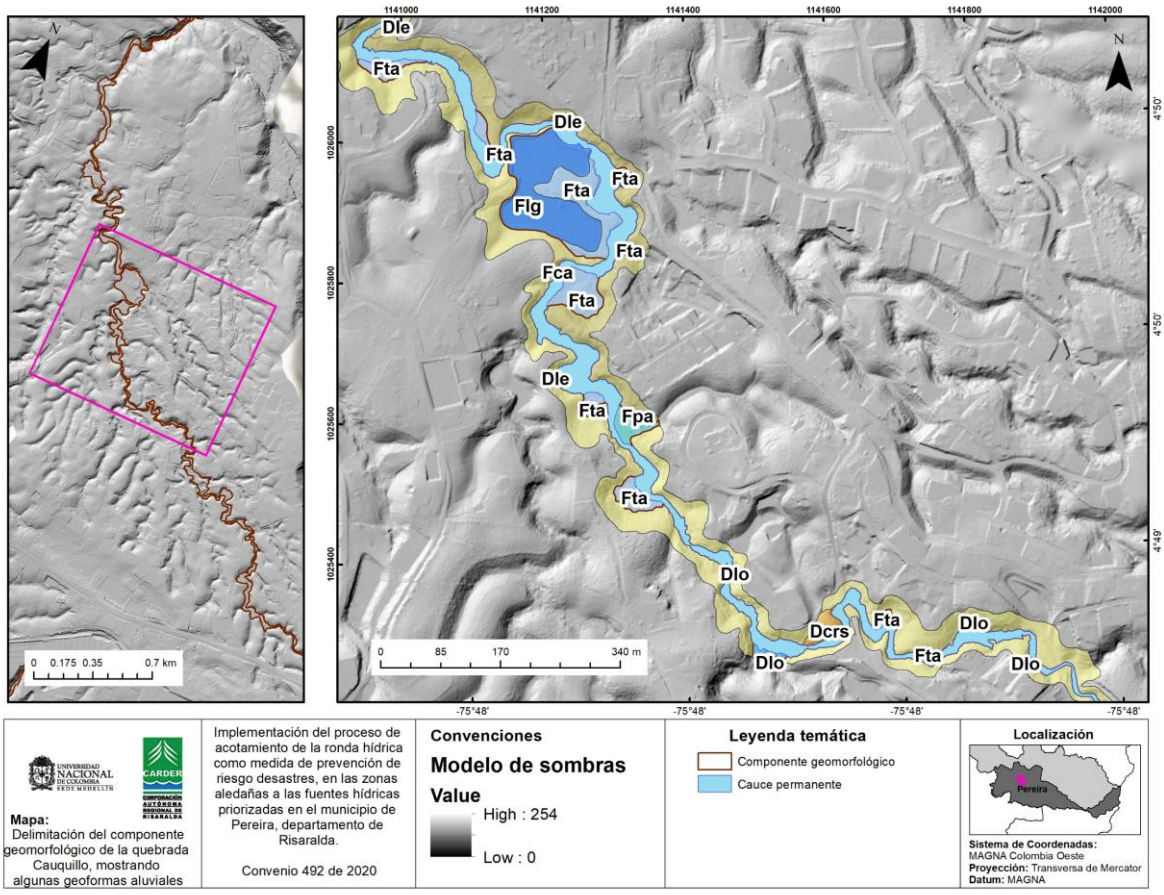


Figura 97. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada Cauquillo, mostrando algunas geoformas aluviales.

5.1.3.7 Río Cestillal (cuenca media)

El componente geomorfológico para este tramo se clasifica en un solo segmento ya que el cauce tiene las mismas características en todo el tramo. Es por esto que el componente se restringe a la geoforma Cauce aluvial (Fca) (Figura 98), que tiene un ancho promedio de 24 m, es sinuoso encajado y se desarrolla en guaduales y algunos cafetales.

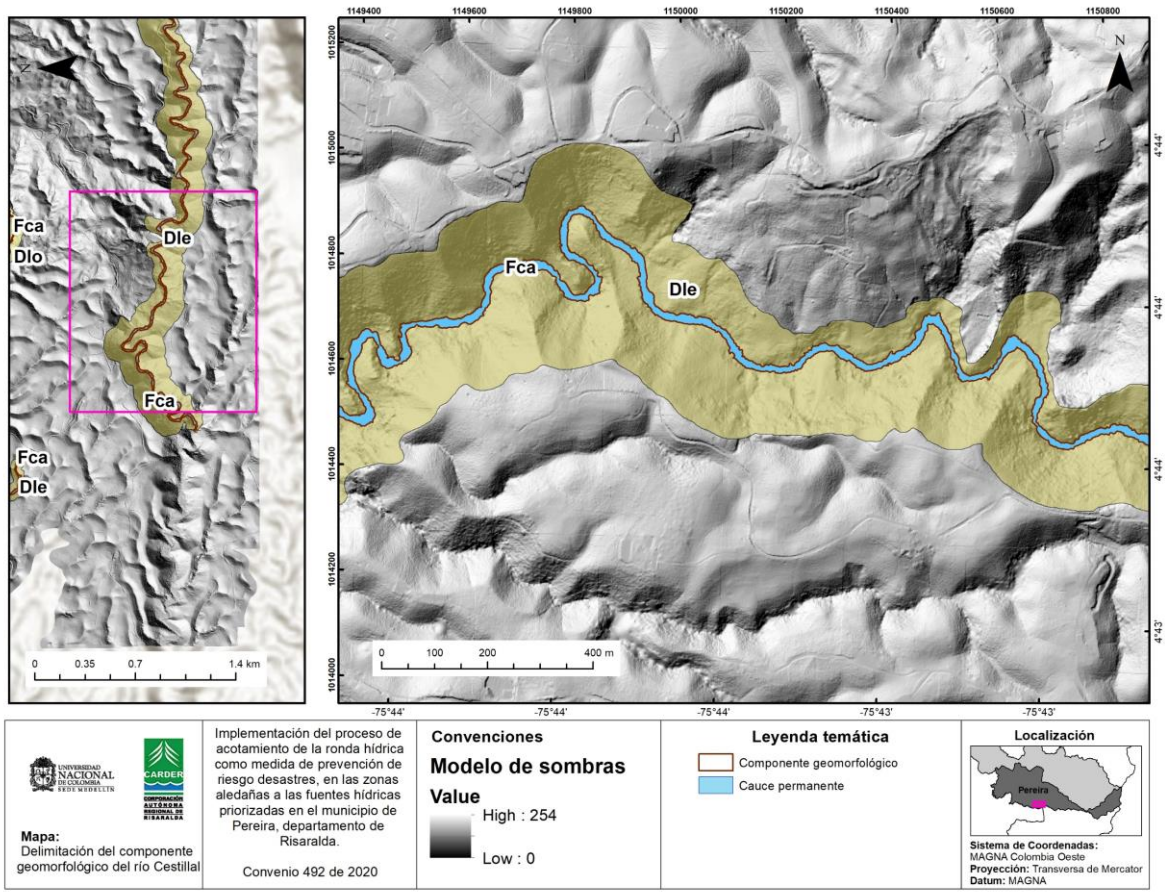


Figura 98. Delimitación del componente geomorfológico del río Cestillal.

5.1.3.8 Río Consotá (cuenca alta)

Aquí se agrupan los afluentes de la cuenca alta del Consotá como son La Dulcera, El Chocho, El Púlpito, La Víbora, El Tinajas y el cauce principal del Consotá. El componente geomorfológico de los afluentes de La Dulcera, El Chocho, El Púlpito y La Víbora (Figura 99), está definido, en la mayoría de los casos, por el cauce aluvial el cual tiene como característica ser estrecho, sinuoso a recto y las pocas terrazas que se encontraron se asocian a El Chocho y La Dulcera. El ancho promedio de estos cauces es de 20 m y se encuentran rodeados por construcciones y guaduales.

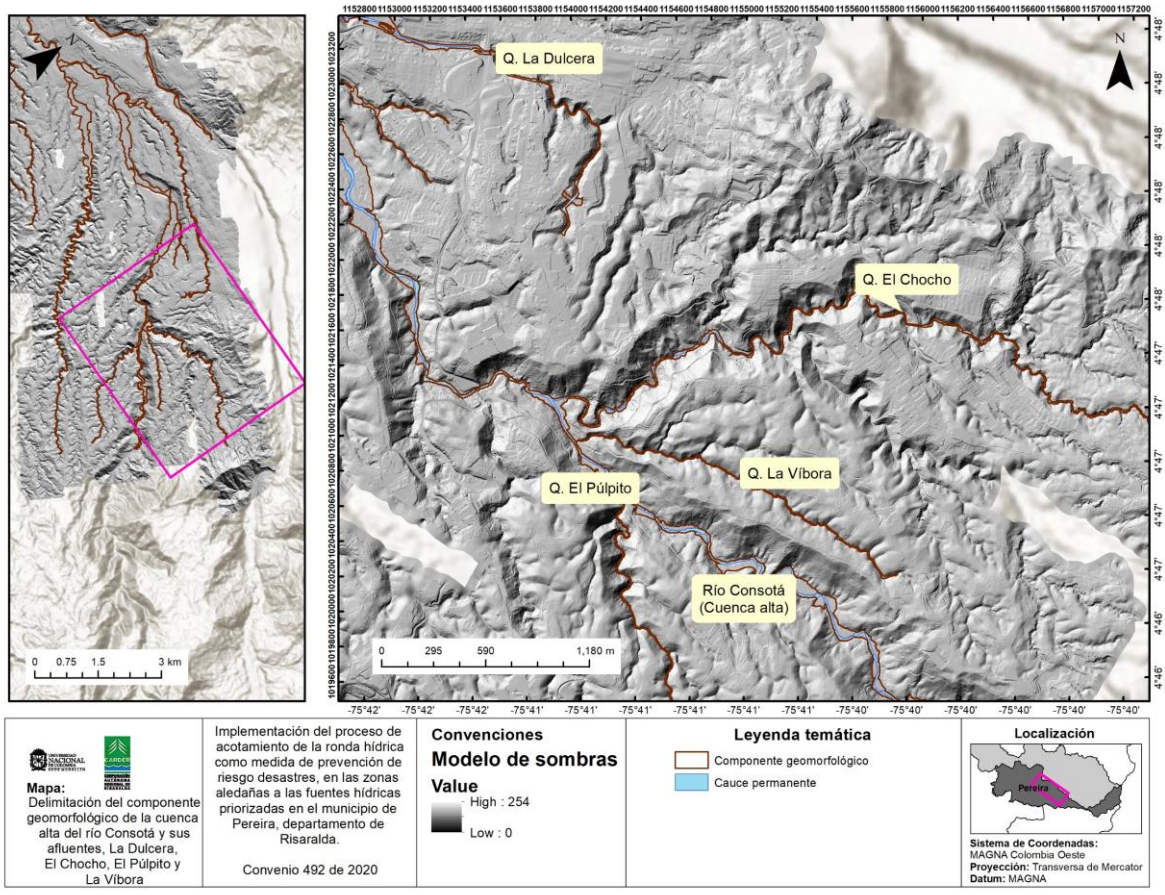


Figura 99. Delimitación del componente geomorfológico de la cuenca alta del río Consotá y sus afluentes, La Dulcera, El Chocho, El Púlpito y La Víbora.

El cauce principal de la cuenca alta del Consotá, es en una zona amplia de plano o llanura de inundación entre 180 y 300 m, con algunas terrazas de acumulación y el tramo de la quebrada Tinajas tiene en algunas zonas, Planos o llanura de inundación (Fpi) y en otras Planos anegadizos (Fpa) urbanizados con una amplitud promedio de 270 m de longitud (Figura 100). Ambos tienden a ser sinuosos a rectos y se dan en la zona urbanizada de Pereira.

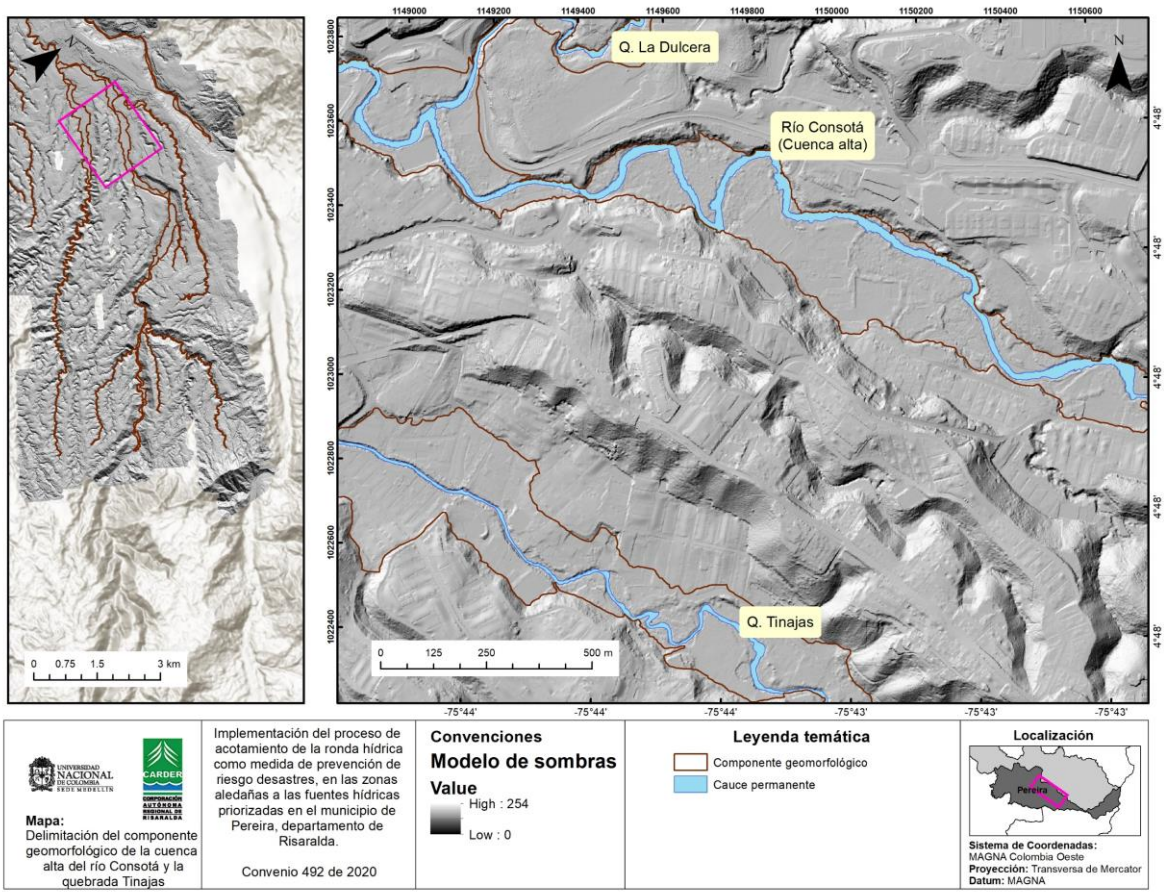


Figura 100. Delimitación del componente geomorfológico de la cuenca alta del río Consotá y la quebrada Tinajas.

5.1.3.9 Quebrada El Oso

En este tramo priorizado el componente geomorfológico en su mayoría se restringe al cauce aluvial con algunas terrazas, depósitos coluviales y llanura de inundación en la parte baja de la quebrada y el cual está intervenido antrópicamente. El cauce es de recto a sinuoso (Figura 101) y tiene un ancho promedio de 20 m y se desarrolla en guaduales.

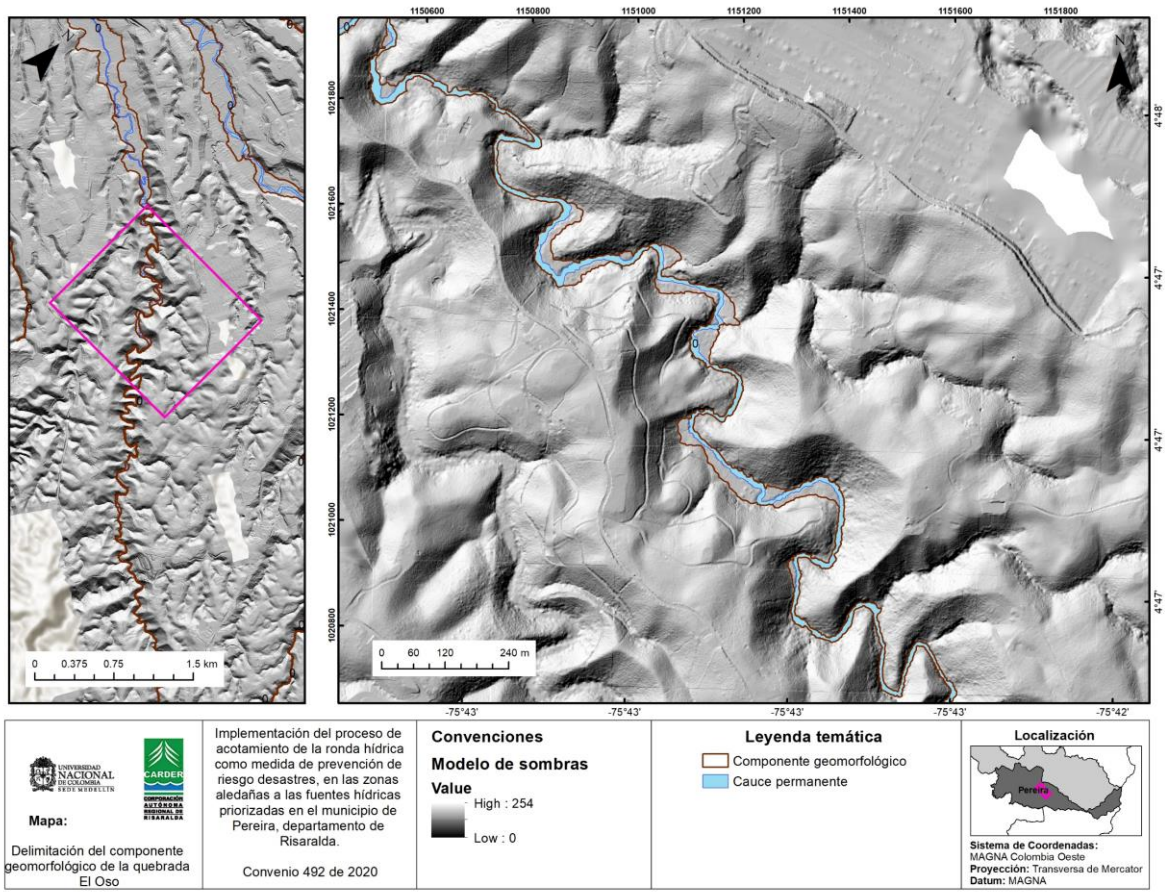


Figura 101. Delimitación del componente geomorfológico de la quebrada El Oso.

5.1.3.10 Río Otún

El componente geomorfológico del río Otún está conformado por las unidades fluviales de Escarpe de terraza de acumulación (Ftae), Terraza de acumulación (Fta) y Cauce aluvial (Fca). El cauce es estrecho, de recto a sinuoso, encañonado (Figura 102) y recorre toda la zona urbana del municipio de Pereira.

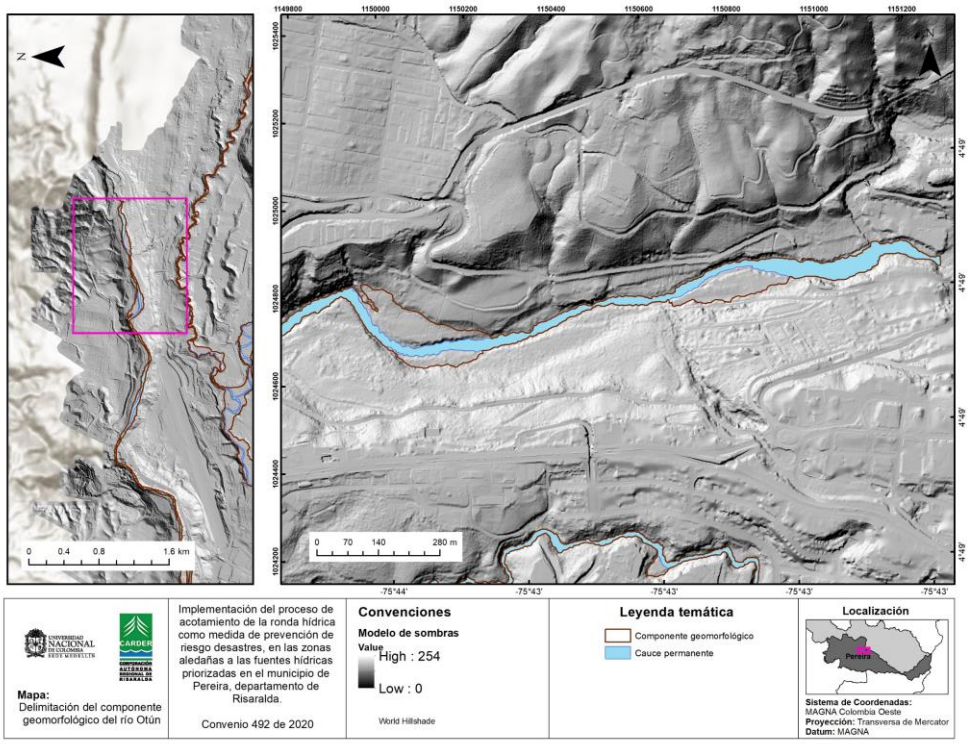


Figura 102. Delimitación del componente geomorfológico del río Otún.

5.2 DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO

Para delimitar el componente hidrológico de la ronda hídrica es fundamental estimar los caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno de un sistema lótico. Lo anterior, implica la necesidad de conocer y caracterizar el comportamiento hidrológico del área de estudio, estimar las intensidades asociadas a diversos periodos de retorno mediante análisis de frecuencias de datos de precipitación, escalamiento simple, curvas IDF de referencia para las estaciones de análisis, entre otros.

Los caudales máximos son utilizados para la definición de banca llena o caudal formador y también para estimar las amenazas por inundación asociadas a diferentes periodos de retorno. Así mismo, son la principal variable de entrada para conocer las alturas y velocidades del flujo de las inundaciones o crecidas sobre el terreno. Es decir, la identificación de caudales máximos permitirá alimentar los modelos hidráulicos y así conocer la distribución espacial y temporal de la profundidad y velocidad del flujo sobre el terreno, así como la extensión en el espacio (ocupación) de la avenida.

En la zona de estudio, municipio de Pereira, no se cuenta con registros de nivel y/o caudal en la mayoría de sus quebradas, excepto en el río Otún. En este sentido, la estimación de caudales máximos en los tramos de estudio se realizó mediante modelos de precipitación-escorrentía. Estos modelos fueron alimentados con la precipitación de diseño, que a su vez fue obtenida para cada periodo de retorno de la curva Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) del Aeropuerto Matecaña. Se utilizó el hidrograma unitario sintético de Clark para la transformación de la lluvia en escorrentía y el tránsito mediante metodología de Muskingum-Cunge.

Esta representación de la hidrología en las cuencas permitió calcular los caudales máximos a partir del hietograma de la tormenta de diseño y los parámetros morfométricos de las microcuencas, en la Figura 103 se muestra la metodología general para estimar los caudales máximos de diversos periodos de retorno.

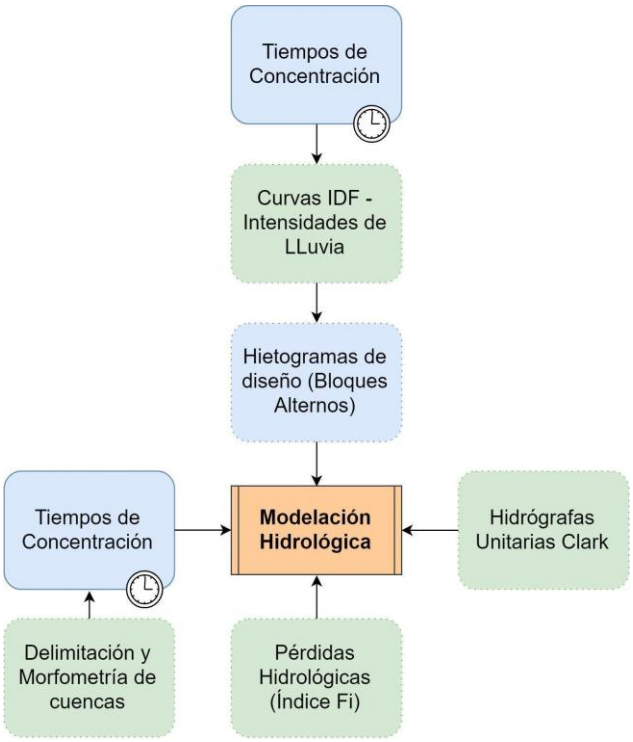


Figura 103. Metodología empleada para estimar caudales máximos.

5.2.1 Revisión y análisis de información hidrometeorológica

5.2.1.1 Estaciones meteorológicas del IDEAM

Se hizo la revisión y análisis de todas las estaciones meteorológicas del IDEAM, localizadas en la zona de estudio, que tengan registros de precipitación y temperatura. En la página Web del IDEAM para la zona de estudio, además de las estaciones del IDEAM, se encuentran estaciones operadas por la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), la Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC), del Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC), del Ministerio de Economía (MINECONOMIA), la Corporación Autónoma Regional del Valle Del Cauca (CVC), Ferrocarriles Nacionales (FN) y el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA).

Adicionalmente, se solicitó información de las estaciones hidrometereológicas presentes en la zona operadas por la Central Hidroeléctrica de Caldas S.A E.S.P - CHEC y por a la Universidad Tecnológica de Pereira, de esta última se obtuvo respuesta, pero estas estaciones no cumplen los criterios para realizar el análisis hidrológico. De la información de la CHEC no se obtuvieron registros.

En la Tabla 6 se listan todas las estaciones con registros de precipitación cercanas a los tramos priorizados, en la Tabla 7 las estaciones de temperatura, y en la Figura 104, se espacializan las mismas. Además, la información recolectada se presenta en el anexo 5.

Según la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (Minambiente, 2018), solo se deben utilizar las estaciones que tengan más de 15 años de registro y menos del 10% de valores faltantes. Dado lo anterior, de las estaciones que se encuentran en la Tabla 6, sólo 18 estaciones cumplen este criterio.

Finalmente, de estas 18 estaciones se utilizarán las más cercanas a los tramos y las que según el análisis de los polígonos de Thiessen, que se muestra en la Figura 105, tienen incidencia en las cuencas de interés. En la Tabla 8 se listan las estaciones seleccionadas para el presente estudio.

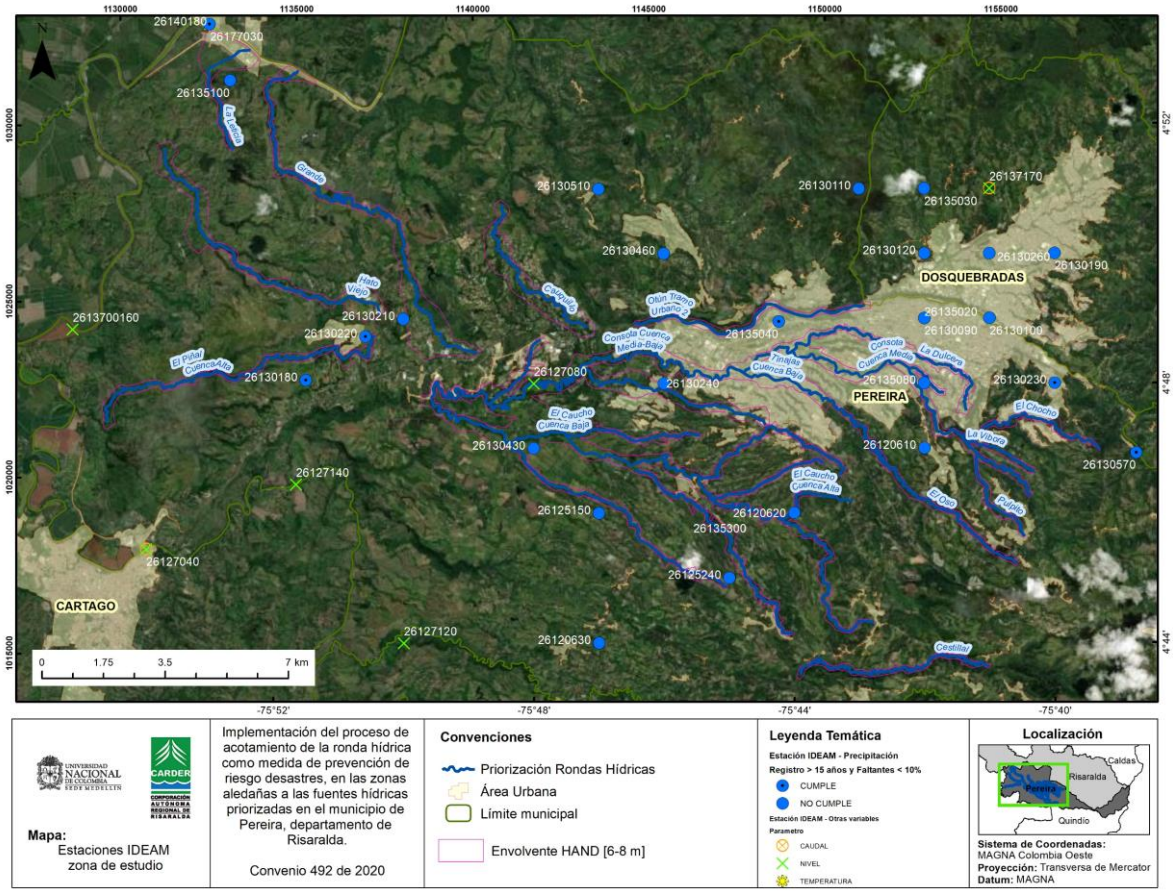


Figura 104. Estaciones de precipitación, temperatura, caudal y nivel en la zona de estudio.

Tabla 6. Listado de estaciones con registros de precipitación cercanas a los tramos de estudio.

Estación	Fecha Inicial	Fecha Final	Escala Temporal	Tipo de estación	Parámetro	Entidad	Total datos [años]	Faltantes	Criterios
Salento [26120160]	4/11/1974	29/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	46	10%	No Cumple
Bosque El [26130260]	1/05/1978	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	17	12%	No Cumple
Sub La Rosa [26130120]	1/07/1978	31/12/1995	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CHC	18	11%	No Cumple
Calamar [26140210]	1/01/1976	31/08/1980	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	5	70%	No Cumple
Maratón [26140220]	1/10/1988	31/12/1988	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	0	2%	No Cumple
Sub La Virginia [26140140]	1/08/1978	30/03/1991	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CHC	13	34%	No Cumple
Suiza La [26135130]	4/06/1971	31/12/1974	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	FNC	4	0%	No Cumple
Virginia La [26140330]	17/01/1952	31/10/1972	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	21	4%	Cumple
Virginia La-Alerta [26140180]	4/04/1979	29/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	42	3%	Cumple
Esc Voc Marsella [26130350]	1/03/1956	31/12/1966	Diaria	Pluviográfica	Precipitación	FNC	11	26%	No Cumple
Jardín Botánico [26135090]	1/07/1978	31/07/2001	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	IDEAM	23	44%	No Cumple
Marsella-Ita [26130270]	1/05/1985	31/01/1989	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	4	50%	No Cumple
Marsella-Ita [26135120]	1/05/1979	31/07/1987	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	IDEAM	8	14%	No Cumple
Morenita La [26130310]	1/01/1987	31/12/1990	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	4	2%	No Cumple
Palmera La [26130450]	1/01/1987	30/06/1990	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	3	0%	No Cumple
Recuerdo El [26130200]	9/09/1970	31/12/2020	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	50	8%	Cumple
Abuelita La [26120630]	8/05/1988	30/09/1990	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	2	0%	No Cumple

Estación	Fecha Inicial	Fecha Final	Escala Temporal	Tipo de estación	Parámetro	Entidad	Total datos [años]	Faltantes	Criterios
Aeropuerto Matecana [26135040]	1/09/1947	29/03/2021	Diaria	Sinóptica Principal	Precipitación	IDEAM	74	2%	Cumple
Bananera La [26130100]	1/01/1963	31/12/1981	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IGAC	19	91%	No Cumple
Belmonte [26130240]	1/08/1973	31/12/1986	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	13	1%	No Cumple
Bohemia La [26135100]	1/10/1963	11/03/2021	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	IDEAM	57	11%	No Cumple
Cámbulos Los [26130210]	1/01/1968	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	27	18%	No Cumple
Catalina La [26125240]	1/01/1987	31/12/1992	Diaria	Climática Principal	Precipitación	FNC	6	17%	No Cumple
Cataluna 2 [26130110]	1/01/1963	30/09/1963	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IGAC	1	0%	No Cumple
Cedral El [26135070]	1/01/1961	31/12/1998	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	FNC	38	29%	No Cumple
Col La Salle [26135020]	1/08/1934	31/10/1944	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	MINECO-NOMIA	10	36%	No Cumple
Combia [26130510]	1/01/1987	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	8	25%	No Cumple
Dosquebradas Rosa [26135030]	1/01/1956	31/12/1969	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	FNC	14	67%	No Cumple
Hiroshima [26120620]	1/01/1987	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	8	25%	No Cumple
Joya La [26125150]	1/01/1976	31/12/1986	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	FNC	11	1%	No Cumple
La Laguna Del Otun - Aut [26135330]	1/11/2010	29/11/2010	Diaria	Climática Principal	Precipitación	IDEAM	0	0%	No Cumple
Laguna La [26135140]	1/03/1994	30/03/2020	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	IDEAM	26	27%	No Cumple
Maracay [26130220]	14/09/1978	28/02/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	42	2%	Cumple
Nuevo Libare [26130570]	1/09/2004	31/01/2020	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	15	0%	Cumple

Estación	Fecha Inicial	Fecha Final	Escala Temporal	Tipo de estación	Parámetro	Entidad	Total datos [años]	Faltantes	Criterios
Palacio Mpal Perei [26130090]	1/01/1962	30/09/1963	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	ICEE	2	57%	No Cumple
Pastora La [26130150]	1/01/1968	31/12/1987	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	20	78%	No Cumple
Playa La [26130460]	1/01/1987	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	8	26%	No Cumple
Plta D Tratamiento [26130230]	1/01/1971	31/12/1994	Diaria	Pluviográfica	Precipitación	FNC	24	10%	No Cumple
Renta La [26120610]	1/01/1988	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	7	29%	No Cumple
San Isidro [26130180]	10/09/1970	21/11/2020	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	50	1%	Cumple
Tierrica La [26130430]	1/08/1980	30/09/1983	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	3	0%	No Cumple
Univ Pereira-Utp [26135080]	1/03/1963	31/08/1971	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	IDEAM	9	4%	No Cumple
Boquerón El [26135170]	1/03/1981	27/06/1984	Diaria	Meteorológica Especial	Precipitación	IDEAM	3	52%	No Cumple
Boquerón [26130190]	15/09/1970	6/05/1980	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	10	9%	No Cumple
Brisas Las Hacienda [26130550]	1/12/1993	31/12/1996	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	3	12%	No Cumple
Campoalegre [26130340]	1/06/1978	31/12/1995	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CHC	18	9%	Cumple
Castillo El [26130410]	21/04/1981	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	14	24%	No Cumple
Cedral El [26130290]	1/01/1963	31/12/1976	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CHC	14	58%	No Cumple
Florida La [26130130]	1/07/1978	31/12/1995	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CHC	18	10%	No Cumple
Guayabito [26130250]	25/05/1978	31/07/1985	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	7	5%	No Cumple
Jazmín El [26135060]	1/01/1961	31/12/1998	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	FNC	38	14%	No Cumple
Miranda La [26135150]	1/04/1981	31/05/1984	Diaria	Meteorológica Especial	Precipitación	IDEAM	3	63%	No Cumple
Pez Fresco [26130560]	1/10/1993	29/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	28	2%	Cumple

Estación	Fecha Inicial	Fecha Final	Escala Temporal	Tipo de estación	Parámetro	Entidad	Total datos [años]	Faltantes	Criterios
Pico Paramo Santa R [26135230]	26/02/1983	28/03/1983	Diaria	Meteorológica Especial	Precipitación	IDEAM	0	0%	No Cumple
Playa Rica [26130540]	4/10/1993	28/02/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	27	4%	Cumple
Potreros [26130170]	1/09/1970	29/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	51	2%	Cumple
Refugio El [26130080]	1/01/1961	30/11/1961	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	1	9%	No Cumple
San Ramon [26130070]	1/07/1978	30/03/1991	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CHC	13	15%	No Cumple
San Remo [26135160]	1/01/1987	29/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	34	16%	No Cumple
Sta Helena [26130500]	1/09/1989	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	5	64%	No Cumple
Sta Rosa De Cabal [26135010]	1/01/1965	30/06/1965	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	MINECONOMIA	0	3%	No Cumple
Sub Sta Rosa [26130060]	1/07/1978	31/12/1995	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CHC	18	10%	No Cumple
Teresita La [26130480]	1/01/1988	31/12/1990	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	3	3%	No Cumple
Termales [26130020]	1/05/1971	29/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	50	2%	Cumple
Veracruz [26135110]	28/10/1977	21/11/2017	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	IDEAM	40	21%	No Cumple
Villa Nubia [26130040]	1/01/1956	31/10/1963	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	8	4%	No Cumple
Alcala [26120150]	1/03/1972	15/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	49	3%	Cumple
Arturo Gómez [26125100]	1/06/1966	31/12/1998	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	FNC	33	18%	No Cumple
Bellavista [26110130]	1/01/1978	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	17	36%	No Cumple
Inmaculada La [26110150]	1/01/1958	26/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	63	10%	No Cumple
Las Brisas - Aut [26115090]	1/12/1973	29/03/2021	Diaria	Climática Principal	Precipitación	IDEAM	47	11%	No Cumple
Placer El [26110270]	1/01/1987	31/12/1994	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	8	25%	No Cumple

Estación	Fecha Inicial	Fecha Final	Escala Temporal	Tipo de estación	Parámetro	Entidad	Total datos [años]	Faltantes	Criterios
Granario El [26110200]	18/05/1972	31/03/2011	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CVC	39	4%	Cumple
Sta Marta [26110260]	1/01/1987	31/12/1992	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	FNC	6	17%	No Cumple
Villa Nueva [26110120]	8/09/1970	28/02/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	51	5%	Cumple
Cruces [26100290]	2/08/1967	31/01/2011	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CVC	44	1%	Cumple
Molino El [26100260]	1/08/1967	30/09/1970	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	INCORA	3	0%	No Cumple
Obando Ferrocarril [26105060]	1/03/1934	30/11/1942	Diaria	Climática Ordinaria	Precipitación	FN	9	21%	No Cumple
Obando [26100300]	3/08/1967	28/02/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM	54	4%	Cumple
Pto Molina [26100280]	1/08/1967	28/02/2011	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	CVC	44	0%	Cumple

Tabla 7. Listado de estaciones con registros de temperatura cercanas a los tramos de estudio.

Estación	Fecha Inicial	Fecha Final	Escala Temporal	Categoría	Parámetro	Entidad	Total datos [años]	Faltantes	Criterio
Jardín Botánico [26135090]	23/02/1990	30/06/2001	Diaria	Climática Ordinaria	Temperatura máxima	IDEAM	9	35%	No Cumple
					Temperatura mínima		9	30%	No Cumple
Marsellaita [26135120]	2/02/1983	23/06/1984	Diaria	Climática Ordinaria	Temperatura máxima	IDEAM	1	23%	No Cumple
					Temperatura mínima		0	4%	No Cumple
Aeropuerto Matecana [26135040]	1/05/1977	31/01/2020	Diaria	Sinóptica Principal	Temperatura máxima	IDEAM	36	20%	No Cumple
					Temperatura mínima		37	16%	No Cumple
Bohemia La [26135100]	1/09/1978	5/03/2020	Diaria	Climática Ordinaria	Temperatura máxima	IDEAM	31	36%	No Cumple
					Temperatura mínima		36	20%	No Cumple
Laguna La [26135140]	4/07/1997	31/10/2002	Diaria	Climática Ordinaria	Temperatura máxima	IDEAM	2	119%	No Cumple
					Temperatura mínima		5	56%	No Cumple
	1/03/1984	30/04/1984	Diaria		Temperatura máxima	IDEAM	0	5%	No Cumple

Estación	Fecha Inicial	Fecha Final	Escala Temporal	Categoría	Parámetro	Entidad	Total datos [años]	Faltantes	Criterio
Boqueron El [26135170]				Meteorológica Especial	Temperatura mínima		0	3%	No Cumple
Jazmin El [26135060]	1/01/1975	31/01/1995	Diaria	Climática Ordinaria	Temperatura máxima	FNC	18	14%	No Cumple
					Temperatura mínima		18	14%	No Cumple
Pantanos Los [26135190]	1/02/1984	31/07/1984	Diaria	Meteorológica Especial	Temperatura máxima	IDEAM	0	12%	No Cumple
					Temperatura mínima		0	14%	No Cumple
San Remo [26135160]	13/06/1994	15/01/2007	Diaria	Pluviométrica	Temperatura máxima	IDEAM	12	6%	No Cumple
					Temperatura mínima		15	10%	No Cumple
Sta Rosa De Cabal [26135010]	1/04/1984	30/04/1984	Diaria	Climática Ordinaria	Temperatura máxima	MINECONOMIA	0	0%	No Cumple
					Temperatura mínima		0	0%	No Cumple
Veracruz [26135110]	1/04/1979	27/05/2015	Diaria	Climática Ordinaria	Temperatura máxima	IDEAM	27	31%	No Cumple
					Temperatura mínima		27	34%	No Cumple

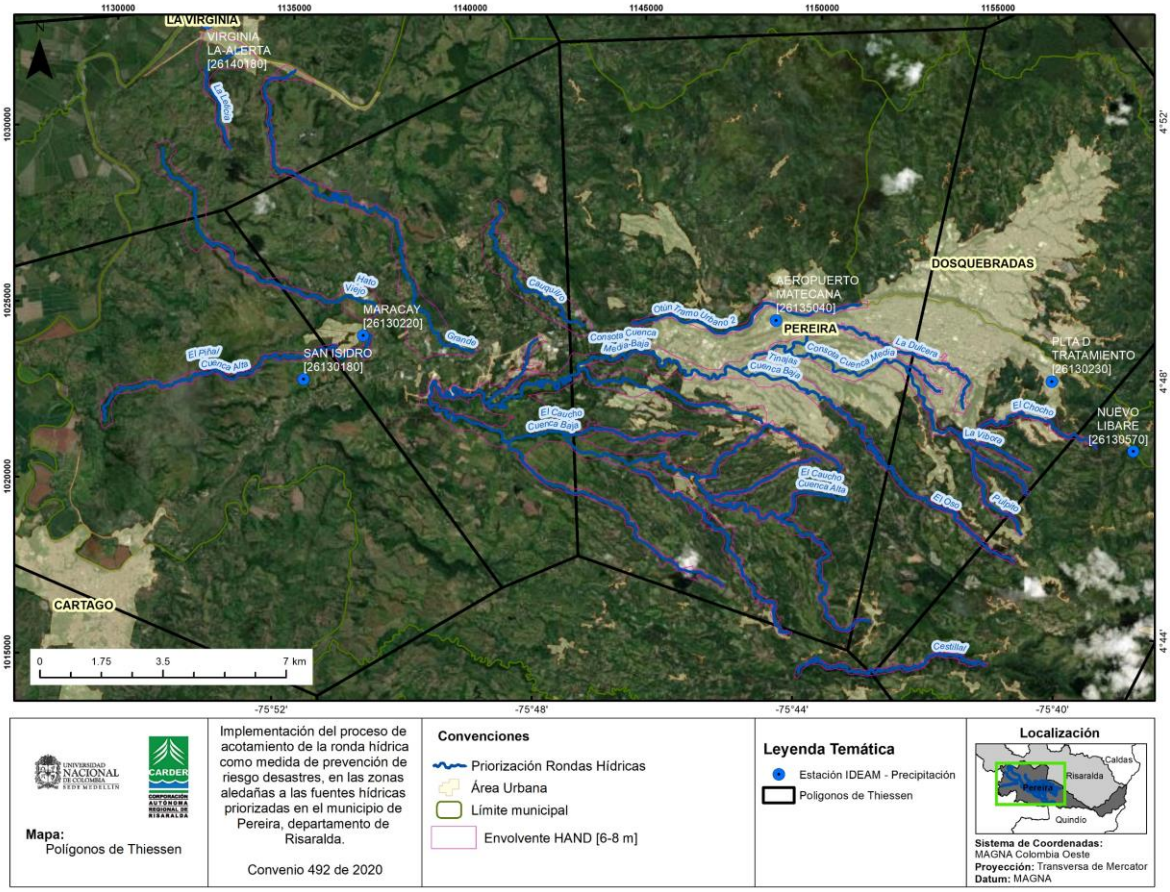


Figura 105. Polígonos de Thiessen

Tabla 8. Estaciones del IDEAM seleccionadas para la zona de estudio.

Estación	Fecha inicial	Fecha final	Escala temporal	Tipo de estación	Parámetro	Entidad encargada
Virginia La-Alerta [26140180]	4/04/1979	29/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM
Aeropuerto Matecana [26135040]	1/09/1947	29/03/2021	Diaria	Sinóptica Principal	Precipitación	IDEAM
Maracay [26130220]	14/09/1978	28/02/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM
Nuevo Libare [26130570]	1/09/2004	31/01/2020	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM
San Isidro [26130180]	10/09/1970	21/11/2020	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM

Estación	Fecha inicial	Fecha final	Escala temporal	Tipo de estación	Parámetro	Entidad encargada
Alcalá [26120150]	1/03/1972	15/03/2021	Diaria	Pluviométrica	Precipitación	IDEAM

5.2.1.1.1 Análisis de consistencia y homogeneidad

Inicialmente se realizó un análisis exploratorio basado en una revisión cualitativa de los datos de la serie hidrológica por medio de la gráfica de la serie de tiempo mensual de precipitación (ver Figura 106), la curva de masas simple (ver Figura 107) y el diagrama de caja y bigotes (ver Figura 108).

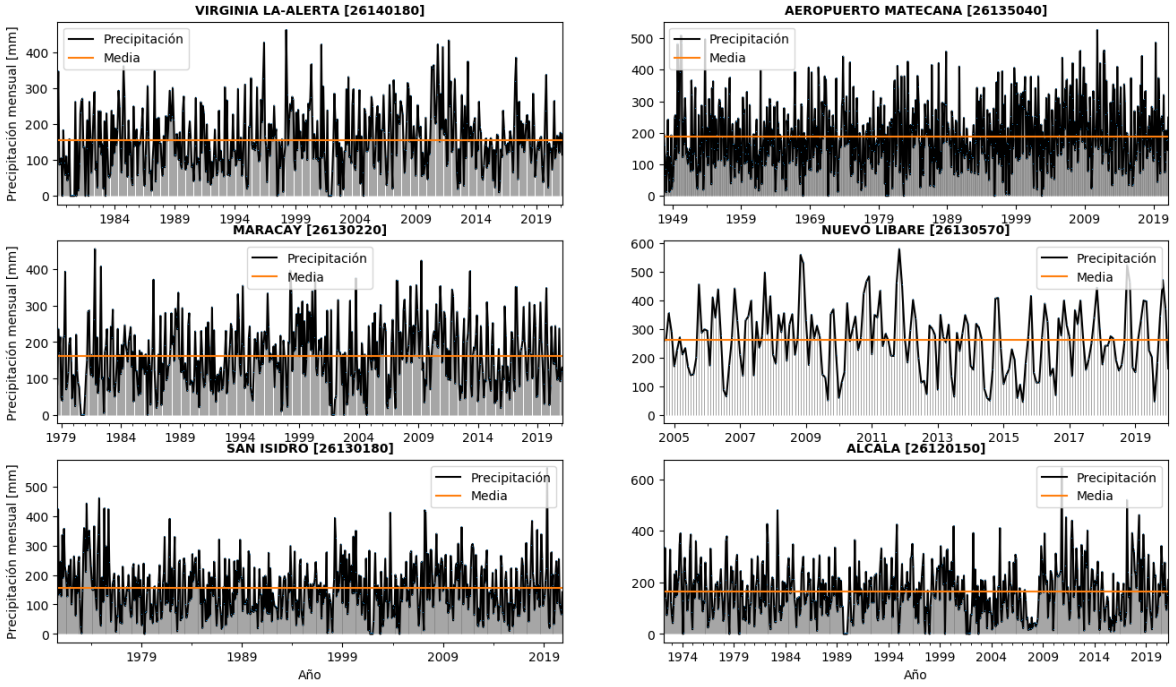


Figura 106. Series mensuales de precipitación para el periodo de registro disponible de cada estación.

Las series de todas las estaciones muestran un comportamiento uniforme tanto en la media como en la varianza en todo el periodo de registro. Para la detección de cambios en las series de precipitación es importante identificar puntos en las curvas de masa donde se presenten cambios de pendientes. A simple vista en todas las estaciones la pendiente permanece constante, tal como se observa en la Figura 107.

Para efectos de los análisis posteriores fue necesario dividir la serie de cada estación en 2 subseries; para ello, se escogió un punto de corte donde se presente un cambio de pendiente en la curva de masa. En la Tabla 9 se presenta el punto donde se dividirá cada serie.

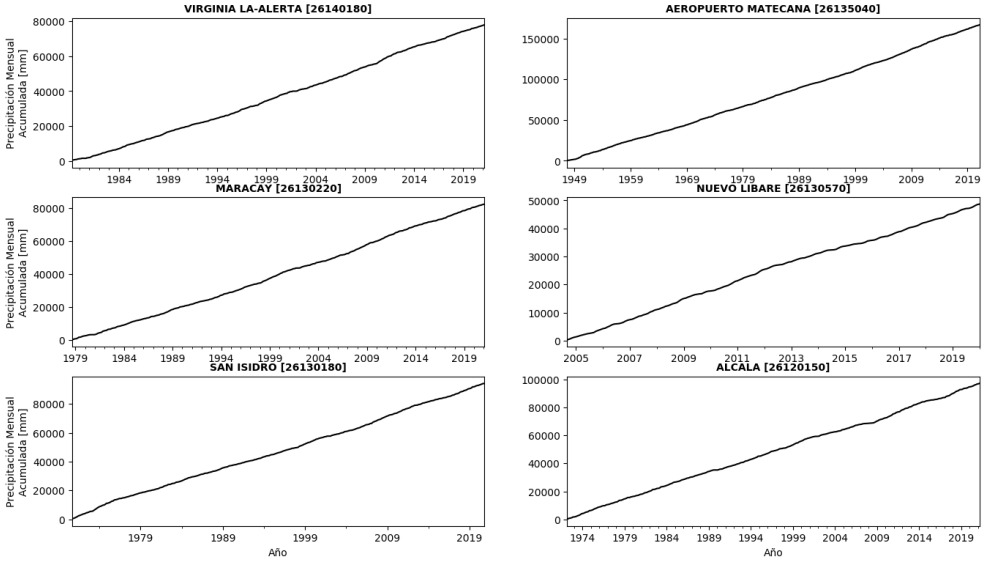


Figura 107. Curva de masa de precipitación para cada estación.

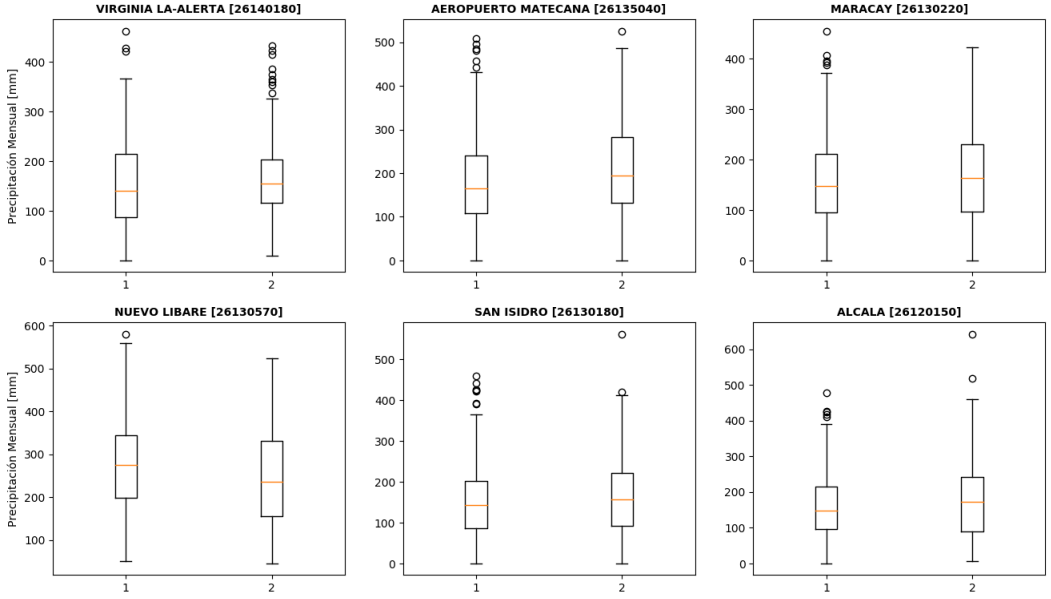


Figura 108. Diagramas de caja y bigotes series de precipitación.

Tabla 9. Rango de fechas en las que se divide cada serie de precipitación.

Estación	Fecha Inicial	Fecha división	Fecha Final
Virginia La-Alerta [26140180]	4/04/1979	31/01/2010	29/03/2021
Aeropuerto Matecana [26135040]	1/09/1947	01/01/1999	29/03/2021
Maracay [26130220]	14/09/1978	01/01/2002	28/02/2021
Nuevo Libare [26130570]	1/09/2004	01/06/2014	31/01/2020
San Isidro [26130180]	10/09/1970	01/01/1999	21/11/2020
ALCALA [26120150]	1/03/1972	01/01/2008	15/03/2021

Los diagramas de caja y bigotes, que se presentan en la Figura 108, se realizan para cada subserie, donde 1 representa la serie desde la fecha inicial hasta la fecha de división y 2 desde la fecha de división hasta la fecha final. En estos diagramas se observa que la primera subserie presenta una mediana inferior a la subserie 2 en todas las estaciones, menos en la estación Nuevo Libare donde la mediana de la subserie 1 es mayor. Los rangos intercuantiles de cada subserie no son iguales, se observa que la mayor diferencia en la estación Nuevo Libare y la menor diferencia en la estación San Isidro. También, la serie que más valores extremos presenta es la estación La Virginia en la subserie 2.

Posteriormente se realiza un análisis cuantitativo de la información, a través de las pruebas estadística de Mann-Kendall, Mann-Whitney, Smirnoff-Kolmogorov, prueba Z, prueba T de student, prueba F de Fisher y Ansari -Bradley.

La prueba de Mann-Kendall es una prueba estadística no paramétrica utilizada para detectar tendencias. La hipótesis nula establece que no hay tendencia y la hipótesis alterna establece que hay una tendencia que puede ser creciente o decreciente. Para más información de esta prueba se recomienda consultar la guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2009). Aplicando esta prueba a toda la serie de cada estación se obtienen los resultados que se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados de la prueba de Mann-Kendall

Estación	Tendencia	Valor p	Hipótesis nula
Virginia La-Alerta [26140180]	Creciente	0,008	Rechaza
Aeropuerto Matecana [26135040]	Creciente	1,29E-04	Rechaza
Maracay [26130220]	Creciente	0,013	Rechaza
Nuevo Libare [26130570]	No	0,306	Acepta

Estación	Tendencia	Valor p	Hipótesis nula
San Isidro [26130180]	No	0,958	Acepta
Alcalá [26120150]	No	0,843	Acepta

La prueba de Mann-Whitney es una prueba no paramétrica de homogeneidad y estacionalidad. La hipótesis nula establece que las muestras provienen de la misma población, es decir, que se distribuyen igual. Por otro lado, el cambio en la hipótesis alternativa establece que las muestras no tienen la misma distribución. Aplicando esta prueba a cada subserie que se obtuvo dividiendo la serie de cada estación en 2 según el punto de cambio, de la misma forma en que se construyeron los diagramas de bigotes, los resultados obtenidos de la prueba se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados de la prueba de Mann-Whitney

Estación	Estadístico	Valor P	Hipótesis nula
Virginia La-Alerta [26140180]	22.323,5	0,037	Rechaza
Aeropuerto Matecana [26135040]	68.139,0	2,56E-05	Rechaza
Maracay [26130220]	29.597,5	0,058	Acepta
Nuevo Libare [26130570]	3.294,0	0,026	Rechaza
San Isidro [26130180]	42.245,0	0,123	Acepta
Alcalá [26120150]	31.195,0	0,051	Acepta

La prueba de Smirnoff-Kolmogorov es una prueba no-paramétrica, es decir, que se adapta a los datos y establece como hipótesis nula que ambas muestras siguen la misma distribución Tabla 12.

Tabla 12. Resultados prueba de Smirnoff-Kolmogorov

Estación	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Virginia La-Alerta [26140180]	0,13	0,03	Rechaza
Aeropuerto Matecana [26135040]	0,16	9,42E-05	Rechaza
Maracay [26130220]	0,21	0,06	Acepta
Nuevo Libare [26130570]	0,17	0,13	Acepta
San Isidro [26130180]	0,12	0,05	Acepta
Alcala [26120150]	0,11	0,81	Acepta

La prueba Z (Tabla 13) y la prueba T de Student (Tabla 14), son pruebas no paramétricas que permiten valuar la centralidad de una distribución, y establecen como hipótesis nula que la media de las dos muestras es igual.

Tabla 13. Resultados prueba Z

Estación	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Virginia La-Alerta [26140180]	2,2	0,027	Rechaza
Aeropuerto Matecana [26135040]	5,2	1,72E-07	Rechaza
Maracay [26130220]	2,3	0,024	Rechaza
Nuevo Libare [26130570]	-2,4	0,016	Rechaza
San Isidro [26130180]	1,3	0,194	Acepta
Alcala [26120150]	2,7	0,007	Rechaza

Tabla 14. Resultados prueba T

Estación	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Virginia La-Alerta [26140180]	2,2	0,986	Acepta
Aeropuerto Matecana [26135040]	4,9	1,00E+00	Acepta
Maracay [26130220]	2,2	0,984	Acepta
Nuevo Libare [26130570]	-2,3	0,013	Rechaza
San Isidro [26130180]	1,3	0,895	Acepta
Alcalá [26120150]	2,2	0,985	Acepta

Las pruebas F de Fisher (Tabla 15) y Ansari -Bradley (Tabla 16) son pruebas no paramétricas que permiten evaluar la dispersión de una distribución, y establecen como hipótesis nula que la varianza de las dos muestras es igual.

Tabla 15. Resultados prueba F

Estación	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Virginia La-Alerta [26140180]	1,0	0,496	Acepta
Aeropuerto Matecana [26135040]	0,9	0,243	Acepta
Maracay [26130220]	1,0	0,364	Acepta
Nuevo Libare [26130570]	0,9	0,376	Acepta
San Isidro [26130180]	1,0	0,380	Acepta
Alcalá [26120150]	0,8	0,050	Acepta

Tabla 16. Resultados prueba Ansari -Bradley

Estación	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Virginia La-Alerta [26140180]	44882,5	0,013	Rechaza
Aeropuerto Matecana [26135040]	138463,0	0,212	Acepta
Maracay [26130220]	36587,5	0,367	Acepta
Nuevo Libare [26130570]	5727,0	0,143	Acepta
San Isidro [26130180]	52424,0	0,346	Acepta
Alcalá [26120150]	65742,0	0,016	Rechaza

En la prueba de tendencia se puede ver que las series de las primeras tres estaciones presentan una tendencia creciente y que las demás estaciones no presentan tendencia. Y según la prueba de Mann-Whitney, las series de las estaciones de: Virginia, Aeropuerto Matecaña y Nuevo Libare no presentan la misma distribución, es decir, que tienen variaciones en los estadísticos de centralidad y dispersión.

En las pruebas Z y T donde se analiza el posible cambio en la media, la estación Nuevo Libare rechaza en las dos pruebas la igualdad en las medias, por el contrario, la estación San Isidro acepta en las dos pruebas la igualdad de las medias; en las demás estaciones en la prueba Z se rechaza y en la T se acepta por lo que estos resultados no son concluyentes. En las pruebas F y Ansari-Bradley donde se analiza el posible cambio en la varianza, en la mayoría de las estaciones se acepta la igualdad de las varianzas en las 2 pruebas, menos para las estaciones Virginia y Alcalá donde se rechaza la igualdad de las varianzas en la prueba de Ansari-Bradley.

De lo anterior, se concluye que las series de precipitación en general presentan variaciones respecto a la media y que la dispersión de los datos respecto a la media no es significativa. Los cambios en la media se pueden relacionan con la tendencia que presentan las series.

5.2.1.2 Estaciones limnigráficas IDEAM

Después de la revisión de las estaciones con medición de caudal disponibles en la página web del IDEAM, la única corriente perteneciente a los tramos de interés que cuenta con medición de caudales es el río Otún. Esta corriente tiene 2 estaciones del IDEAM con medición de caudales y niveles que se listan en la Tabla 17.

Tabla 17. Estaciones con medición de caudales y nivel del IDEAM para el río Otún.

Estación	Fecha Inicial	Fecha Final	Escala Temporal	Tipo de estación	Parámetro	Entidad Encargada	Total datos [Años]	Faltantes
Bananera La 6-909 [26137110]	1/10/1971	25/05/2017	Diaria	Limnigráfica	Caudal máximo diario	IDEAM	44	4%
	1/01/1971	24/05/2017			Caudal medio diario		45	4%
	1/01/2016	25/05/2017			Nivel máximo diario		1	0%
	1/10/1971	24/05/2017			Nivel medio diario		44	5%
El Reten - Aut [26137220]	18/07/1995	4/05/2020	Diaria	Limnigráfica	Caudal máximo diario	IDEAM	25	1%
	1/01/1996	4/05/2020			Caudal medio diario		23	6%
	1/01/2016	4/05/2020			Nivel máximo diario		4	1%
	1/01/1994	4/05/2020			Nivel medio diario		26	1%

5.2.1.2.1 Análisis de consistencia y homogeneidad

Para el análisis de consistencia y homogeneidad de las series de caudales se sigue el mismo procedimiento de las series de precipitación mencionado anteriormente. En la Figura 109 se presenta la serie de caudales máximos de las estaciones del IDEAM sobre el río Otún.

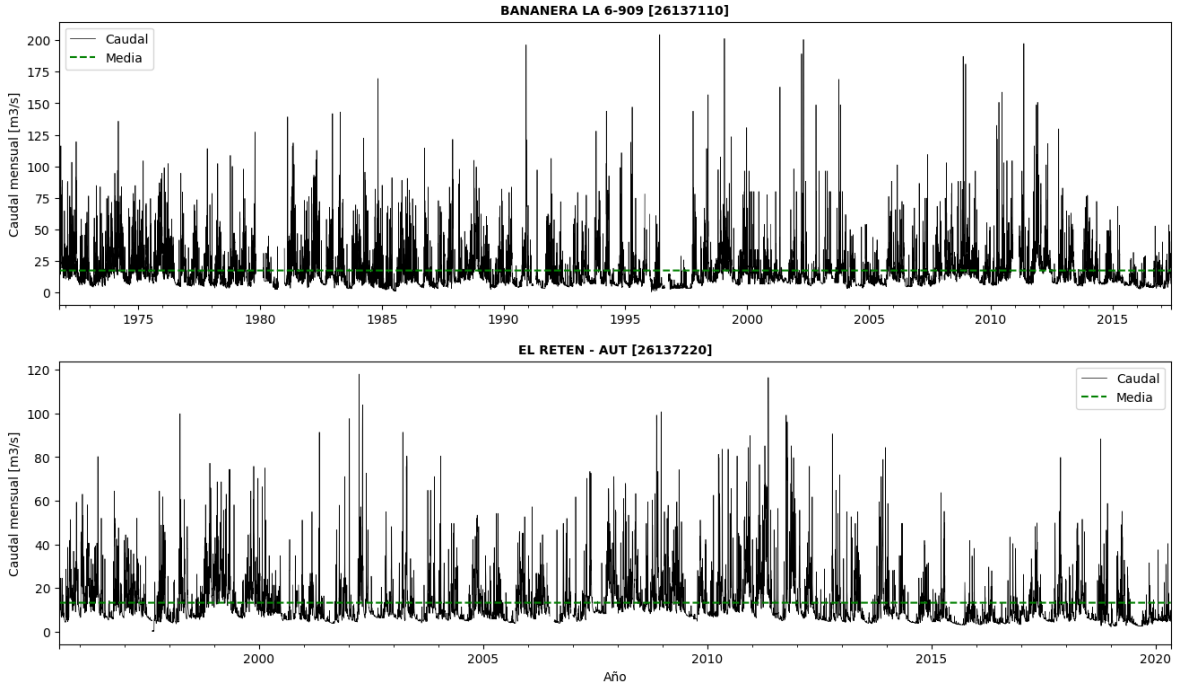


Figura 109. Serie de caudales máximos estaciones del IDEAM del río Otún.

En la curva de masa de caudales, que se presenta en la Figura 110, para la estación Bananera no se aprecian cambios de pendiente significativos, pero en la estación El Retén si se pueden ver dos cambios de pendiente, el primero se da alrededor del año 2017 y el segundo alrededor del 2012. También se puede apreciar que al final del registro las dos curvas presentan una concavidad hacia abajo lo cual es un indicativo de tendencia en la serie de datos. En el diagrama de caja y bigotes de la Figura 111, llama la atención la cantidad de puntos extremos que hay en cada subserie, además el rango intercuartil de la primeria subserie es mayor que el de la subserie 2 en las dos estaciones, y las medianas se encuentran en un rango similar.

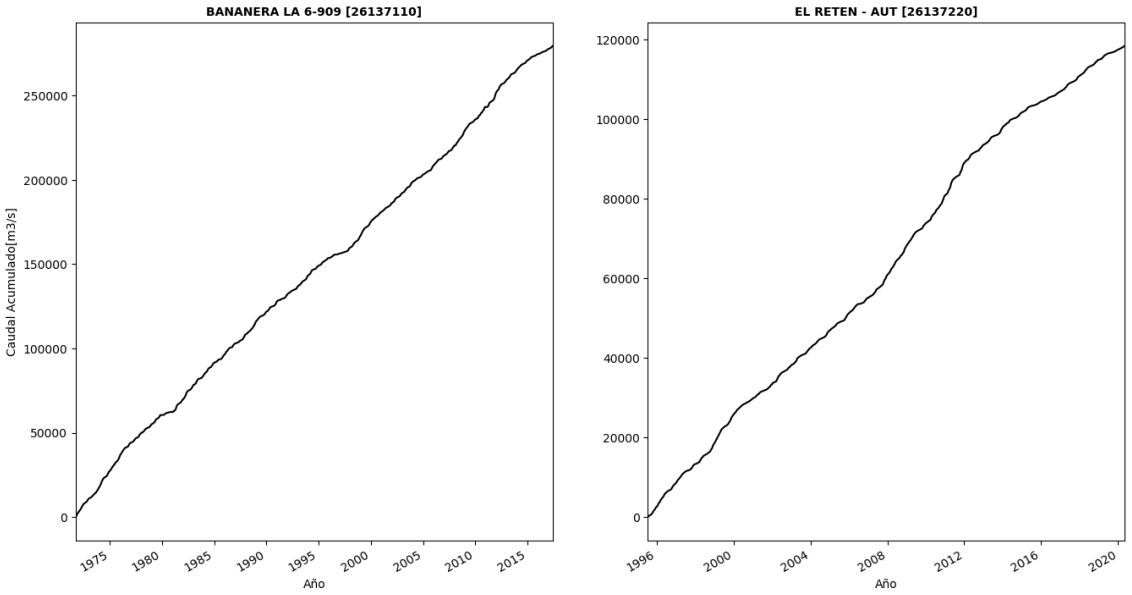


Figura 110. Curva de masa caudales

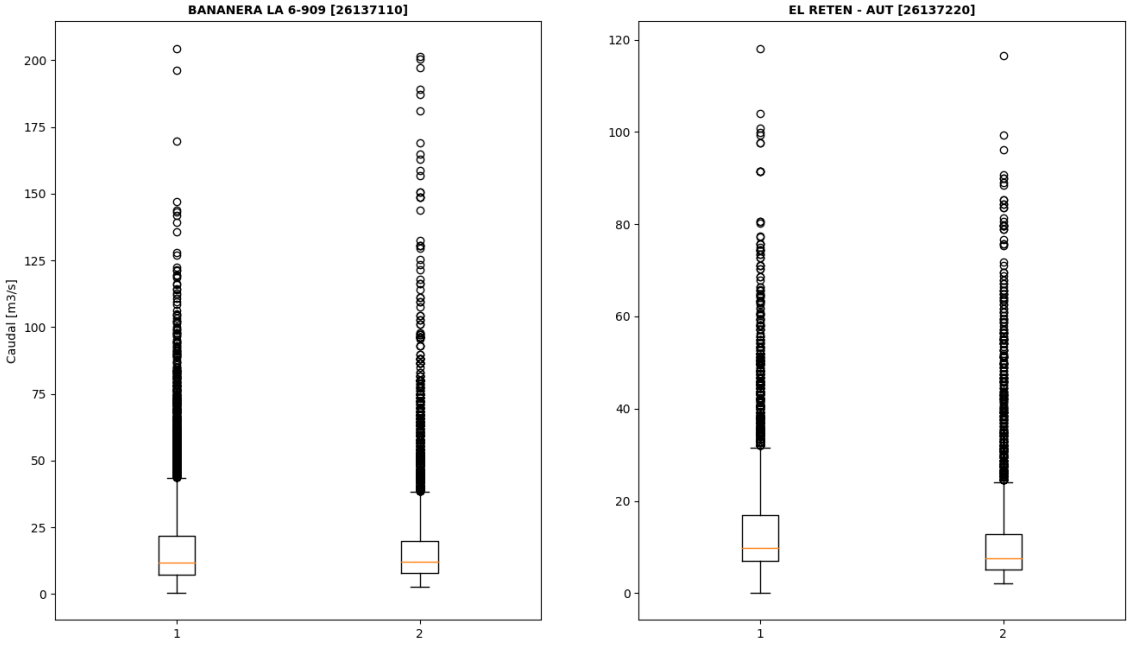


Figura 111. Diagramas de caja y bigotes caudal.

A continuación, de la Tabla 18 a la Tabla 20, se presentan los resultados de las pruebas de hipótesis cuantitativas.

Los resultados de las pruebas estadísticas muestran que las dos series de caudal presentan una tendencia decreciente, y que no presentan la misma distribución, hay variaciones en la media debido a que se rechaza la hipótesis de igualdad en la media. Asimismo, en las pruebas de dispersión, en la prueba F se acepta la hipótesis nula y en la prueba Ansari-Brandley se rechaza, como la prueba Ansari es más sólida que la prueba F se puede concluir que las muestras no tienen la misma varianza.

Tabla 18. Resultados pruebas de tendencia e igualdad en la distribución.

Estación	*Mann-Kendall*			*Mann-Whitney*			*Smirnoff-Kolmogorov*		
	Tendencia	Valor p	Hipótesis nula	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Bananera La 6-909 [26137110]	Decreciente	0,00	Rechaza	31566012,0	0,204	Acepta	0,06	5,12E-14	Rechaza
El Reten - Aut [26137220]	Decreciente	0,00	Rechaza	7295967,5	2,96E-90	Rechaza	0,22	7,85E-92	Rechaza

Tabla 19. Resultados pruebas de igualdad en la media.

Estación	*Prueba Z*			*Prueba T*		
	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Bananera La 6-909 [26137110]	-3,764	1,67E-04	Rechaza	-3,836	6,29E-05	Rechaza
El Reten - Aut [26137220]	-11,945	6,90E-33	Rechaza	-11,417	5,32E-30	Rechaza

Tabla 20. Resultados pruebas de igualdad en la varianza.

Estación	*Prueba F*			*Ansari-Brandley*		
	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Bananera La 6-909 [26137110]	0,981	0,20	Acepta	33560481,5	3,08E-30	Rechaza
El Reten - Aut [26137220]	1,046	0,93	Acepta	12515990	4,21E-39	Rechaza

5.2.2 Caracterización microcuencas

A continuación, se describe la caracterización morfométrica e hidrológica de las microcuencas asociados a los tramos priorizados para el acotamiento de la ronda hídrica.

5.2.2.1 Delimitación y caracterización morfométrica de las microcuencas

Los parámetros morfométricos de las cuencas fueron estimados a partir del modelo digital de elevación de la Misión Satelital ALOS (sensor PALSAR), el satélite ALOS operó entre 2006 y 2011, en este tiempo recopiló imágenes de Radar en escenas de 50 km x 70 km de todo el planeta cada 45 días aproximadamente. El DEM tiene una resolución espacial de celda de 12,5 m de lado, obtenido mediante descarga directa y de libre acceso en la página web del centro de procesamiento de datos y estación terrestre de rastreo satelital del Instituto Geofísico de la Universidad de Alaska Fairbanks.

La delimitación para cada microcuenca se realizó desde el punto más alto de la cuenca o subcuenca hasta el punto de cierre de los tramos de estudio. El proceso para delimitar las microcuencas y obtener los parámetros morfométricos se ilustra en la Figura 112.

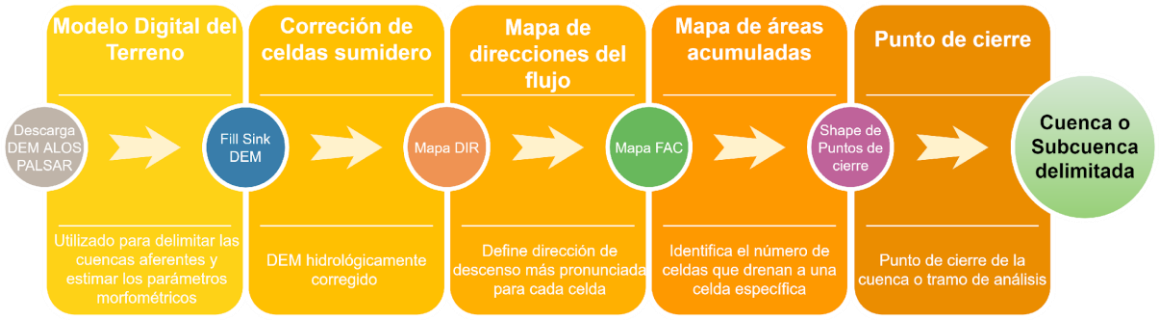


Figura 112. Metodología para la delimitación de subcuencas.

Una vez descargado el DEM ALOS PALSAR fue indispensable modificar las celdas sin 'salida' de flujo. A las celdas rodeadas por celdas de mayor elevación se les modificó el valor de elevación con el fin de garantizar que el agua no quede 'atrapada' (Fill Sink). Garantizado el drenaje de todas las celdas se determinó la dirección del flujo (DIR); en este paso se cambiaron los valores de elevación en las celdas por un dato que indica la dirección del descenso más pronunciado desde esa celda. Finalmente, se acumularon 4.800 celdas, equivalentes a la identificación de microcuencas con tamaño superior a 0,75 km^2.

En las zonas planas debido a las imprecisiones verticales de los modelos digitales del terreno, se pueden presentar errores en las corrientes identificadas. Las líneas de flujo no coinciden con la realidad del terreno y se debe implementar un proceso adicional que reacondicione el DEM y hacer coincidir las direcciones de flujo. En los tramos de estudio de la cuenca baja del río Consotá, cuenca baja de la quebrada El Caucho y la quebrada La Leticia (Caimalito), antes de estimar las direcciones de flujo fue necesario hacer 'Stream – Burning' de la red de drenaje sobre el DEM, es decir, previamente se reacondicionó el DEM para evitar errores de desplazamiento del cauce en las zonas de baja pendiente. Con este pre –proceso se logró forzar el encauzamiento, el 'Stream – Burning' impone la red de drenaje sobre el DEM, forzando el análisis del flujo a seguir en la red impuesta hasta la salida o punto de cierre de la cuenca (Figura 113).

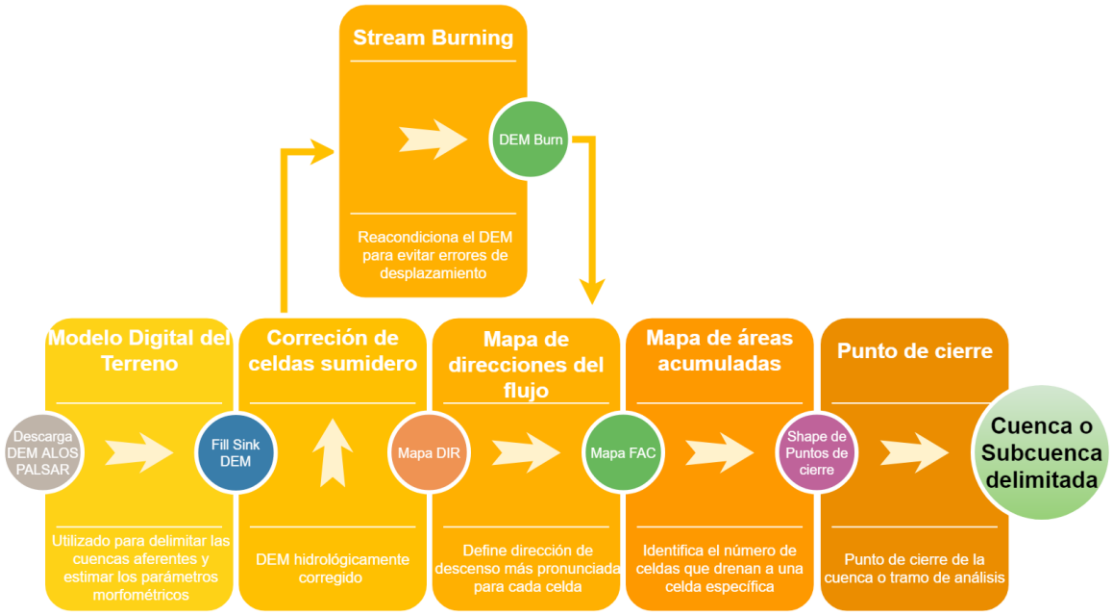


Figura 113. Metodología para la delimitación de subcuencas con Stream Burning.

En la Tabla 21 se muestran los resultados de los parámetros morfométricos de las microcuencas objeto de estudio. Para los 17 tramos objeto de priorización se identificaron los parámetros morfométricos necesarios para la estimación del tiempo de concentración.

Tabla 21. Parámetros morfométricos de las cuencas asociadas a los tramos de estudio.

ID	CUENCA	ÁREA CUENCA [km²]	COTA MÁXIMA [m.s.n.m]	COTA SALIDA [m.s.n.m]	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL [km]	PENDIENTE MEDIA CAUCE [%]	PERÍMETRO [km]	X CENTROIDE	Y CENTROIDE
1	Quebrada El Piñal (cuenca alta).	13,49	1223,25	937,25	11,29	2,53	29,40	1133548	1023408
2	Quebrada Hato Viejo	16,18	1233,25	936,25	10,01	2,97	29,45	1133827	1026327
3	Quebrada Grande	21,01	1230,25	933,25	18,20	1,63	41,00	1137359	1026397
4	Quebrada Cauquillo	5,94	1279,25	1065,25	6,53	3,28	19,28	1141277	1025506
5	Río Cestillal (Cuenca Media)	21,30	2074,25	1344,25	16,95	4,31	44,53	1156341	1014377
6	Río Otún (Urbano)	409,24	4936,25	1180,25	64,54	5,82	189,13	1170362	1019310
7	Quebrada El Caucho (cuenca baja)	24,06	1463,25	954,25	14,33	3,55	59,65	1143361	1020056
8	Quebrada El Caucho (cuenca alta)	27,87	1591,25	1214,00	15,96	2,36	32,65	1148443	1018647
9	Quebrada Consotá (cuenca media - baja)	16,70	1333,00	1161,00	16,16	1,06	37,45	1143750	1022914
10	Quebrada Tinajas (cuenca baja)	17,37	1829,00	1288,00	16,12	3,36	43,73	1152272	1018246
11	Río Consotá (cuenca media - alta)	42,77	2221,00	1288,00	29,52	3,16	74,40	1157305	1018169
12	Quebrada La Dulcera	7,30	1635,00	1307,00	9,92	3,31	23,73	1153148	1023404
13	Quebrada El Oso	9,43	1771,00	1307,00	13,99	3,32	28,38	1153364	1018856
14	Quebrada El Chocho	7,43	1849,00	1398,00	6,50	6,94	17,78	1156504	1020968

ID	CUENCA	ÁREA CUENCA [km²]	COTA MÁXIMA [m.s.n.m]	COTA SALIDA [m.s.n.m]	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL [km]	PENDIENTE MEDIA CAUCE [%]	PERÍMETRO [km]	X CENTROIDE	Y CENTROIDE
15	Quebrada Púlpito	1,85	1656,00	1421,00	4,11	5,72	9,73	1154825	1019356
16	Quebrada La Víbora	0,87	1601,00	1042,00	3,07	18,18	7,13	1155175	1020774
17	Quebrada Leticia	4,10	1066,00	925,00	4,96	2,84	14,525	1133033	1030784

La Figura 114 muestra las cuencas aferentes a cada tramo priorizado. Siendo la cuenca aferente al río Otún la más grande, con 409,24 km^2, seguido por la cuenca de media y alta del río Consotá, 16,7 km^2 y 42,77 km^2 respectivamente.

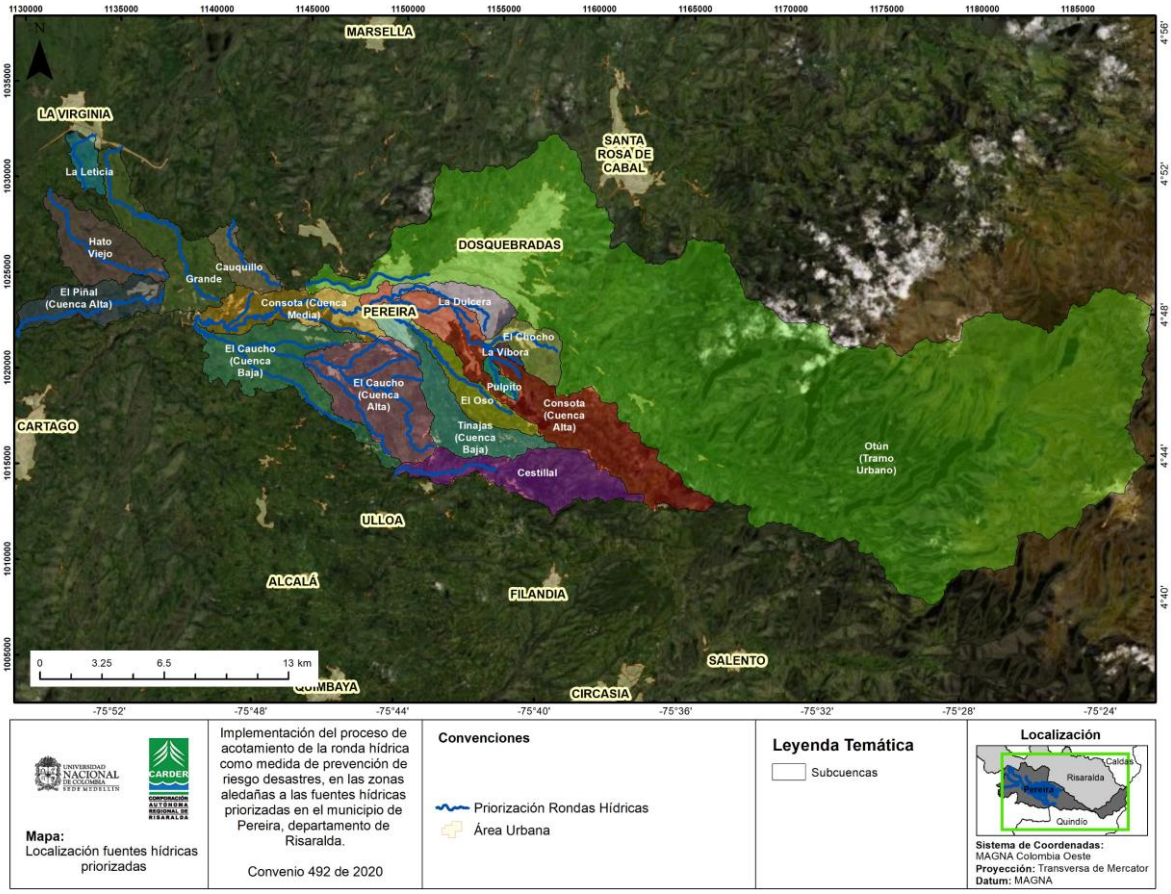


Figura 114. Cuencas aferentes a los tramos priorizados.

5.2.2.2 Caracterización hidrológica a partir de estaciones de precipitación

Un paso importante para el análisis hidrológico es la construcción de las curvas Intensidad-Frecuencia-Duración (IDF). Después del análisis de la información recopilada de las estaciones de precipitación disponibles en el IDEAM, se encuentra que la mayoría de las estaciones son pluviométricas, es decir que solo cuentan con medición de precipitación diaria, por lo cual no se dispone de información con frecuencia minutal para crear las curvas IDF a partir de datos medidos por una estación pluviométrica.

Consecuentemente, las opciones que se tienen para obtener las curvas IDF en el área de interés son: primero verificar la distribución espacial de la lluvia en la zona para comprobar si se pueden utilizar las curvas IDF con las que cuenta el IDEAM en las estaciones Aeropuerto Matecaña y Veracruz, o segundo construir unas curvas IDF sintéticas a partir de los datos diarios de las estaciones utilizando las metodologías de regionalización o escalamiento simple.

Inicialmente, se analiza la distribución temporal de las estaciones, verificando sus parámetros estadísticos como son la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación de la precipitación máxima anual para cada estación (Figura 115).

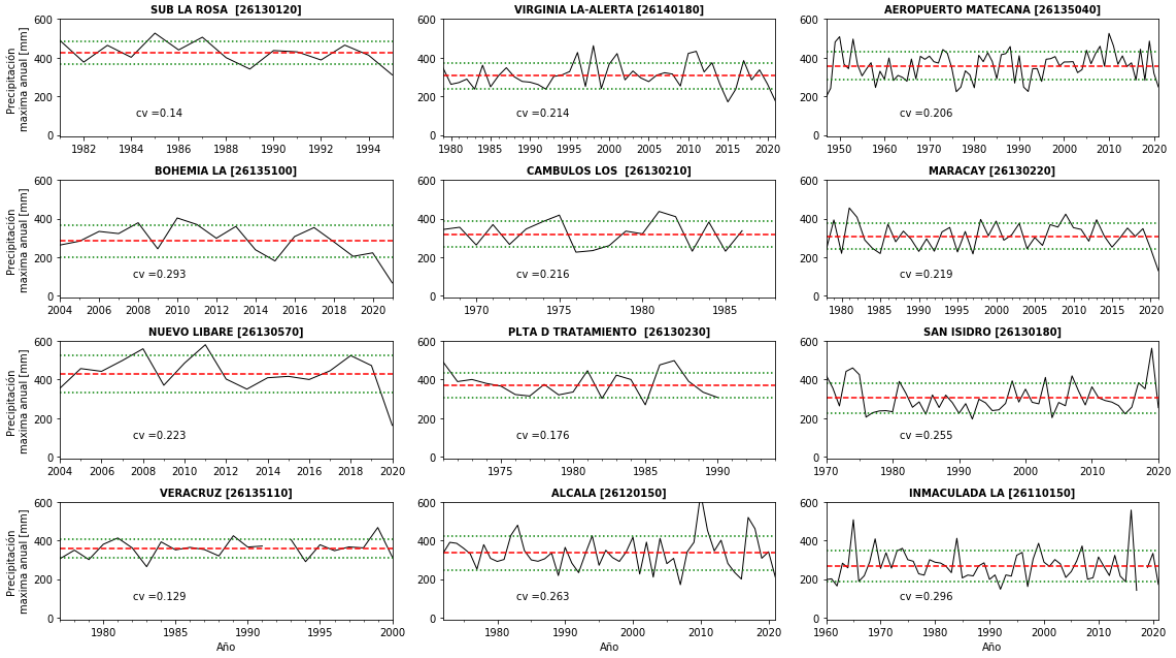


Figura 115. La línea punteada roja representa la media y las líneas verdes punteadas la desviación respecto a la media.

Se puede observar en la mayoría de las estaciones la media están alrededor de 300 mm/h, también la dispersión de los datos alrededor de la media es ±80 mm/h. Además, el valor del coeficiente de variación oscila entre 0,14 y 0,358.

Posteriormente para comprobar que la distribución de la lluvia en todas las estaciones se distribuye homogéneamente, se revisan los parámetros estadísticos dividiendo la población

en muestras de 15 años y calculando la media y la desviación estándar para cada una (Figura 116).

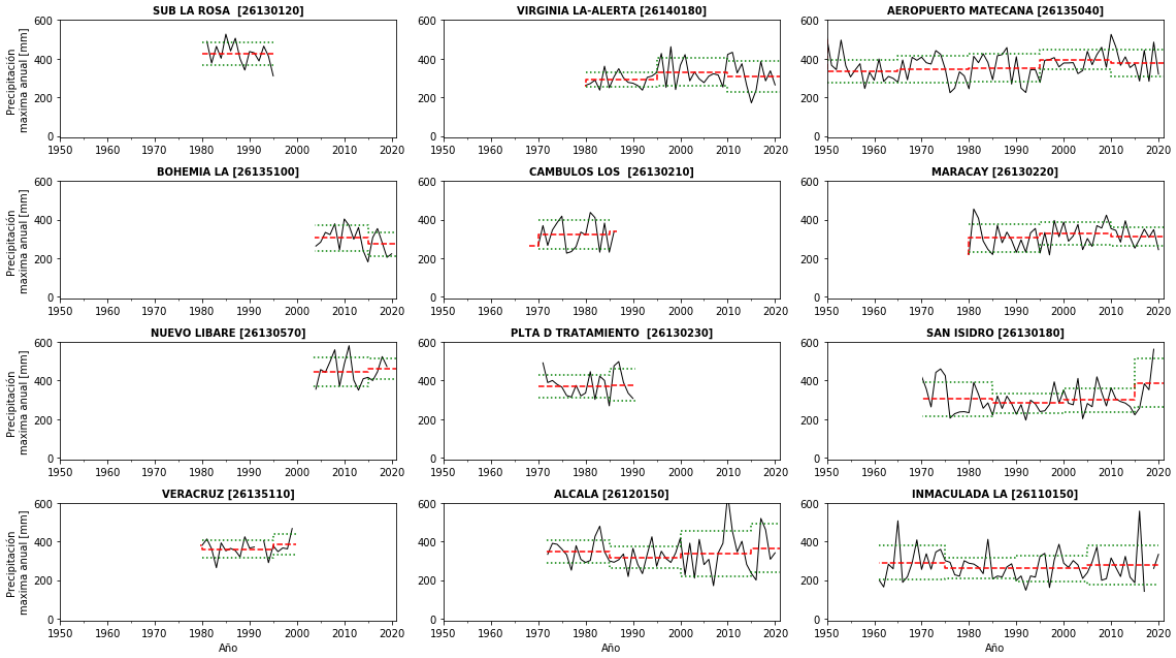


Figura 116. La línea punteada roja representa la media y las líneas verdes punteadas la desviación estándar para muestras de 15 años.

Se observa, en la Figura 116, que para cada estación la variación de las medias entre muestras no es significativa. Con lo anterior se verifica que las variaciones corresponden a un tema muestral y que se puede aceptar la suposición de que la lluvia en la región se distribuye homogéneamente. Por lo que es razonable utilizar en toda el área de estudio las curvas IDF construidas para una sola estación.

Como se mencionó anteriormente en la zona de estudio el IDEAM tiene dos (2) estaciones que cuentan con curvas IDF, en la Figura 116 se observa que la estación Aeropuerto Matecaña tiene el mayor periodo de registro, además de ser la estación más cercana a los tramos de interés. Por lo tanto, para el presente estudio, se utilizarán las curvas IDF de la estación Aeropuerto Matecaña [26135040] operada por el IDEAM (Figura 117).

Siendo de ese modo, las curvas IDF del IDEAM se rigen por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{C1}{(D+X0)^{C2}} \qquad (1)$$

Para periodos de retorno de 2, 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años, los coeficientes C1, C2 Y X0 varían para cada estación. Esta información fue consultada en la pestaña Información Especial de la página web del IDEAM.

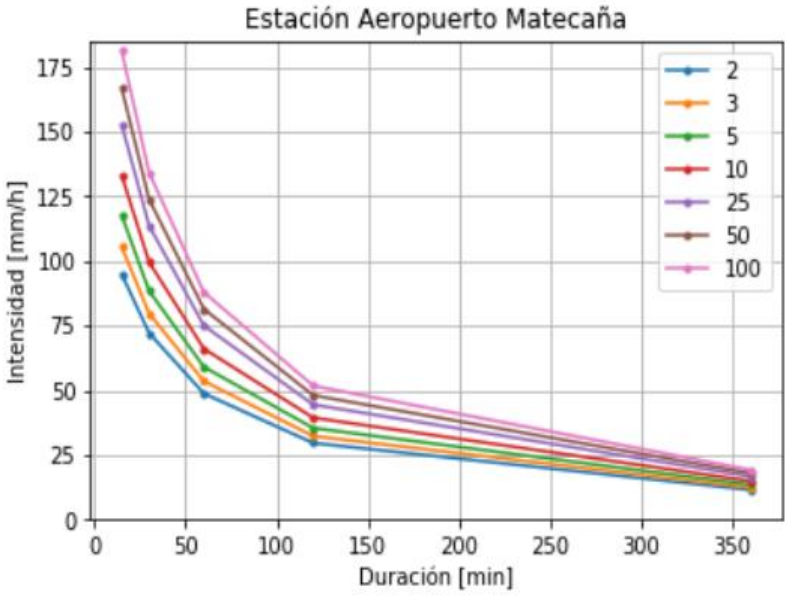


Figura 117. Curvas IDF estación Aeropuerto Matecaña.

Según la Guía Técnica para el acotamiento de rondas hídricas hay tres (3) periodos de retorno importantes: el primero es el de 2,33 años que corresponde al caudal formador de cauce, el segundo es el de 15 años para los sistemas lóticos que no han tenido alteraciones morfológicas considerables en su cauce y el tercero es el de 100 años para los sistemas lóticos que si han tenido alteraciones en su cauce.

Se puede ver que las curvas IDF suministradas por el IDEAM no tienen los valores de los coeficientes para los periodos de retorno de 2,33 y 15 años por lo que se hace necesario calcularlos a partir de los datos de los periodos de retorno que si están. El procedimiento que se sigue es encontrar los parámetros de la distribución de probabilidad Gumbel para cada duración.

$$F(x) = exp\left[-exp\left(-\frac{x-U}{\alpha}\right)\right] \qquad (2)$$

Para:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} * S}{\pi} \qquad y \qquad U = \underline{X} - 0.5772 * \alpha \qquad (3)$$

donde

$\underline{X}$: media de la muestra

S: desviación estándar de la muestra

Después de obtener los parámetros en la distribución Gumbel para cada duración, entonces se pueden calcular las intensidades correspondientes a los periodos de retorno deseados.

5.2.3 Modelación hidrológica

Se utilizó el modelo precipitación - escorrentía HEC-HMS 4.8 desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers para la modelación hidrológica de los tramos de estudio. El programa computacional estima los hidrogramas de escorrentía directa generados por las precipitaciones en cada una de las microcuencas durante un periodo correspondiente al tiempo de duración del hietograma de diseño, los modelos se incluyen en el Anexo 6.

5.2.3.1 Estimación de la precipitación de diseño

Para determinar la duración de la precipitación de diseño se usó como parámetro el tiempo de concentración, definido como el tiempo que tarda una gota en recorrer la distancia entre el punto más alejado de la cuenca y el punto de cierre del tramo de estudio. Su importancia radica en que, una vez pasado este tiempo, se presentan los caudales más altos, ya que es toda la cuenca quien aporta caudal al cauce principal, su valor depende de las características morfométricas de la cuenca. En este caso, con los parámetros de cada cuenca se calcula el tiempo de concentración utilizando la ecuación de Kirpich (4) y los resultados se presentan en la Tabla 22.

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{S_O}} \right)^{0.77} \qquad (4)$$

Donde L es la longitud siguiendo el cauce principal (km), S_o es la pendiente promedio del cauce (m/m) y T_c es el tiempo de concentración (horas).

Asumiendo que el tiempo de duración de la tormenta de diseño es igual al tiempo de concentración de Kirpich, se calculan las intensidades de lluvia para los diferentes periodos de retorno usando la IDF del aeropuerto Matecaña.

Tabla 22. Tiempos de concentración de Kirpich.

ID	CUENCA	TC KIRPICH [min]
1	Quebrada El Piñal (cuenca alta)	105,81
2	Quebrada Hato Viejo	90,79
3	Quebrada Grande	181,04
4	Quebrada Cauquillo	62,83
5	Río Cestillal (cuenca media)	117,93
6	Río Otún (urbano)	294,08
7	Quebrada El Caucho (cuenca baja)	111,60
8	Quebrada El Caucho (cuenca alta)	141,86
9	Río Consotá (cuenca media - baja)	287,00
10	Quebrada Tinajas (cuenca baja)	124,92
11	Río Consotá (cuenca media - alta)	203,73
12	Quebrada La Dulcera	86,41
13	Quebrada El Oso	112,50
14	Quebrada El Chocho	46,95
15	Quebrada Púlpito	35,54
16	Quebrada La Víbora	18,20
17	Quebrada Leticia	53,74

Se empleó el método de bloques alternos para distribuir temporalmente la intensidad de la precipitación y así desarrollar el hietograma de diseño que especifica la profundidad de precipitación utilizando las curvas IDF. Este método consiste en que para cada periodo de retorno se calcula la profundidad de precipitación multiplicando la duración por la intensidad respectiva, luego se obtienen las diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación. Estas diferencias de precipitación se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida y alternando hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central los demás valores de forma descendente para formar el hietograma de diseño (Chow et al., 1994).

5.2.3.2 Precipitación efectiva y pérdidas hidrológicas

Parte de la lluvia de un evento de precipitación es susceptible de ser interceptada por la vegetación, de infiltrarse y permanecer como flujo base o percolarse y también de

almacenarse temporalmente como depósito. En general, esa porción de la lluvia se conoce como perdidas hidrológicas y es fundamental para la estimación de la precipitación efectiva, la cual es la parte de la precipitación que se convierte en escorrentía y es el insumo para los modelos precipitación – escorrentía.

Obtenida la precipitación total y su distribución en la duración de la tormenta de diseño para cada período de retorno, se calculó la precipitación efectiva asumiendo una capacidad de infiltración media constante conocido como índice φ. Se utilizó un valor de 15 mm/h para las microcuencas rurales y de 10 mm/h para las microcuencas urbanizadas.

5.2.3.3 Transformación de la lluvia en escorrentía

Se utilizó como modelo de transformación de la precipitación efectiva en escorrentía el hidrograma unitario sintético de Clark, el cual considera la cuenca como un depósito lineal, asumiendo una relación lineal entre el volumen almacenado en el depósito y el caudal de salida. La transformación de la lluvia en escorrentía se realizó de forma agregada o semi-distribuída, dependiendo del área de las subcuencas, se trabajó con áreas acumuladas de 0,65 km^2 para las subcuencas más pequeñas y difíciles de discretizar y hasta 2 km^2 para las cuencas más grandes. Siempre verificando la existencia de líneas de flujo para las áreas acumuladas.

El método de Muskingum-Cunge fue utilizado para realizar el tránsito (enrutamiento) de los caudales en cada subcuenca hacia aguas abajo, la metodología de Muskingam-Cunge emplea la onda difusiva la cual es la más aplicable desde el punto de vista práctico ya que se encuentra en un rango medio de atenuación, es decir permite tener en cuenta una pequeña amortiguación del caudal pico que se genera cuando al creciente se desplaza a lo largo del cauce. Además, permite el cálculo de los parámetros de enrutamiento en función de variables geométricas e hidráulicas (pendiente promedio del cauce, ancho del fondo, rugosidad de Manning, longitud del tramo y pendiente del talud).

5.2.3.4 Modelo hidrológico en HMS y caudales máximos

Se estimaron los caudales máximos asociados a los periodos de retorno $T_{R\ 2.33}$, $T_{R\ 5}$, $T_{R\ 10}$, $T_{R\ 15}$, $T_{R\ 50}$, $T_{R\ 100}$, para los tramos objeto de estudio. Se presentan los Hietogramas de diseño correspondientes a cada periodo de retorno para cada tramo y los caudales máximos asociados.

5.2.3.4.1 Quebrada Hato Viejo

La quebrada Hato Viejo es un afluente del río Cauca, se ubica al occidente de la ciudad de Pereira, con área de 16,18 km^2 con punto de cierre en el tramo de interés. Hasta dicho punto, la quebrada tiene trayectoria o recorrido del cauce principal en dirección Noroeste, con cota de nacimiento sobre los 1.233,25 m.s.n.m y cota mínima hasta el punto de priorización de 936,25 m.s.n.m.

En la Figura 118 se observa el hietograma de diseño estimado a partir de bloques alternos para la quebrada Hato Viejo, para los periodos de retorno $T_{R\,2.33}$, $T_{R\,5}$, $T_{R\,10}$, $T_{R\,15}$, T_{R50}, T_{R100}.

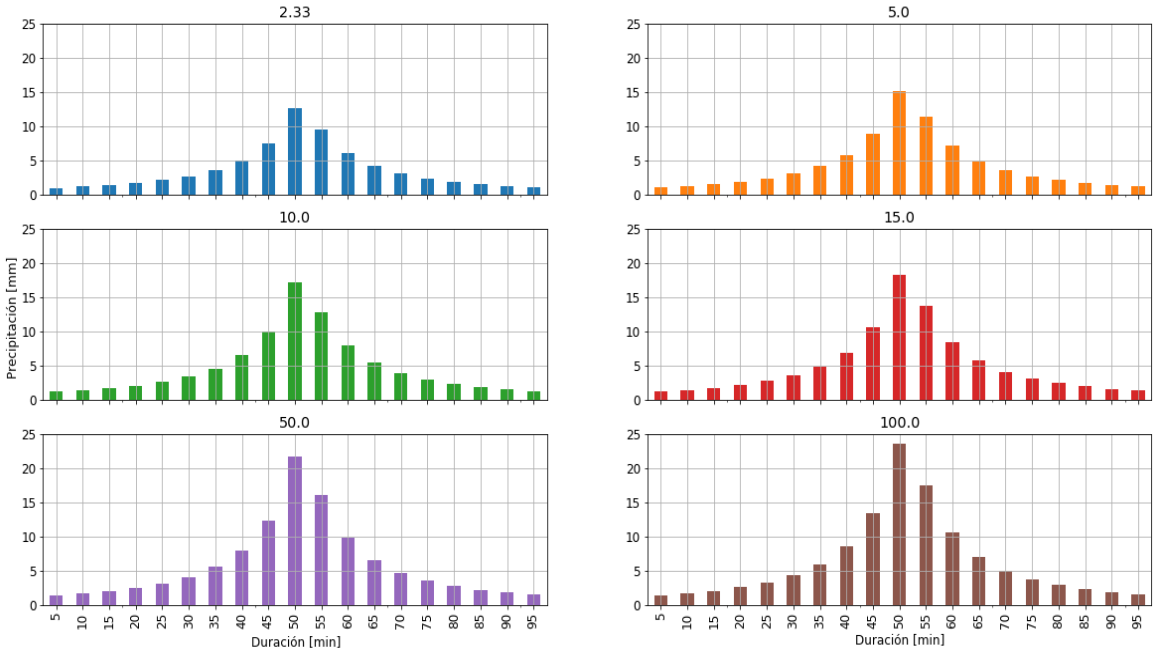


Figura 118. Hietograma de diseño quebrada Hato Viejo.

En la representación esquemática del modelo hidrológico, se utilizó un umbral de área de 2 km^2 para la quebrada Hato Viejo. Se identificaron tres (3) subcuencas principales, tal como se muestra en la Figura 119. Los caudales pico asociados a los periodos de retorno $T_{R\,2.33}$, $T_{R\,15}$ y $T_{R\,100}$ se observan en la Tabla 23.

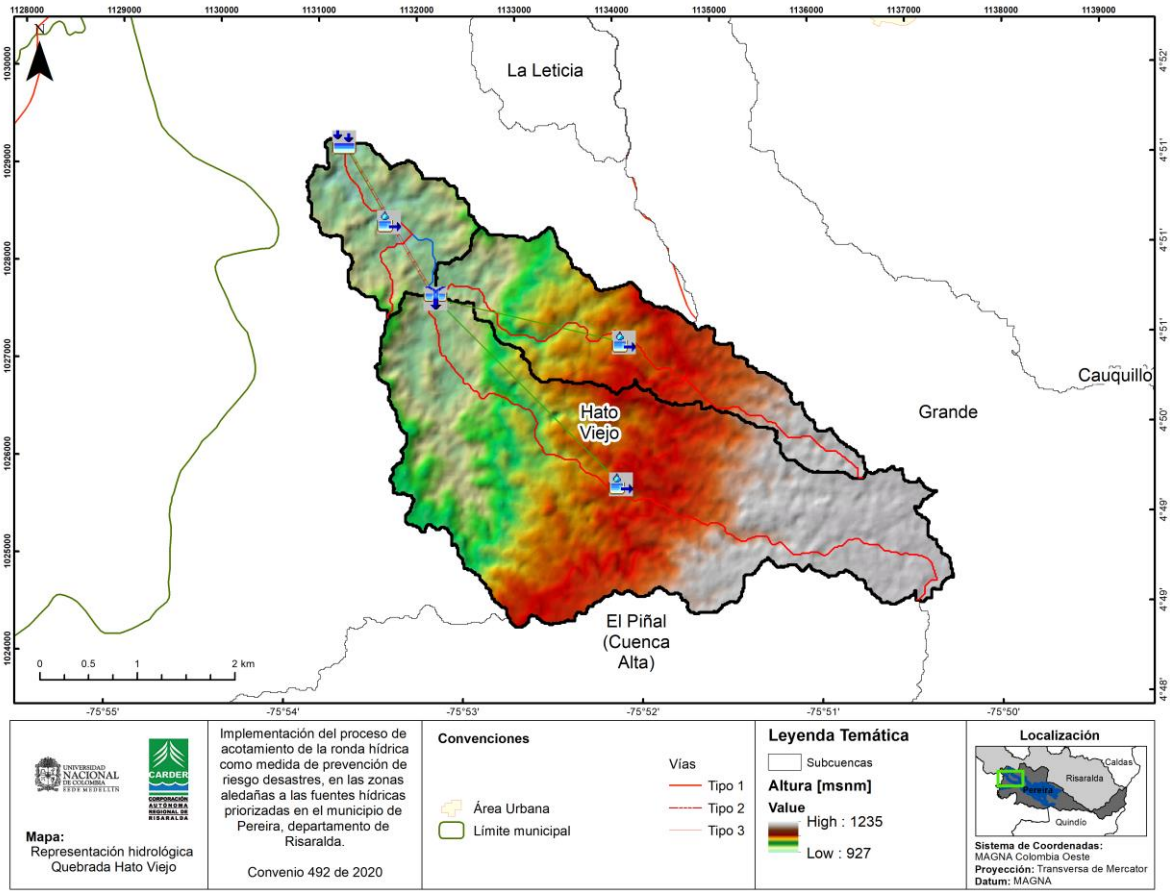


Figura 119. Representación hidrológica en HMS de la quebrada Hato Viejo.

Tabla 23. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada Hato Viejo.

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	126,5
$T_{R\ 15}$	148,2
$T_{R\ 100}$	199,4

5.2.3.4.2 Quebrada Grande

La quebrada Grande es un afluente del río Cauca, se ubica al occidente de la ciudad de Pereira, con área de 21,01 km^2 y con punto de cierre en el tramo de interés. Hasta dicho punto, la quebrada tiene trayectoria o recorrido del cauce principal en dirección

Nornoroeste, con cota de nacimiento sobre los 1.230,25 m.s.n.m y cota mínima hasta el punto de priorización de 933,25 m.s.n.m.

En la Figura 120 se observa el hietograma de diseño estimado a partir de bloques alternos para la quebrada Grande, para los periodos de retorno $T_{R\ 2.33}$, $T_{R\ 5}$, $T_{R\ 10}$, $T_{R\ 15}$, T_{R50}, T_{R100}. Se utilizó la IDF del aeropuerto Matecaña y el tiempo de concentración de Kirpich.

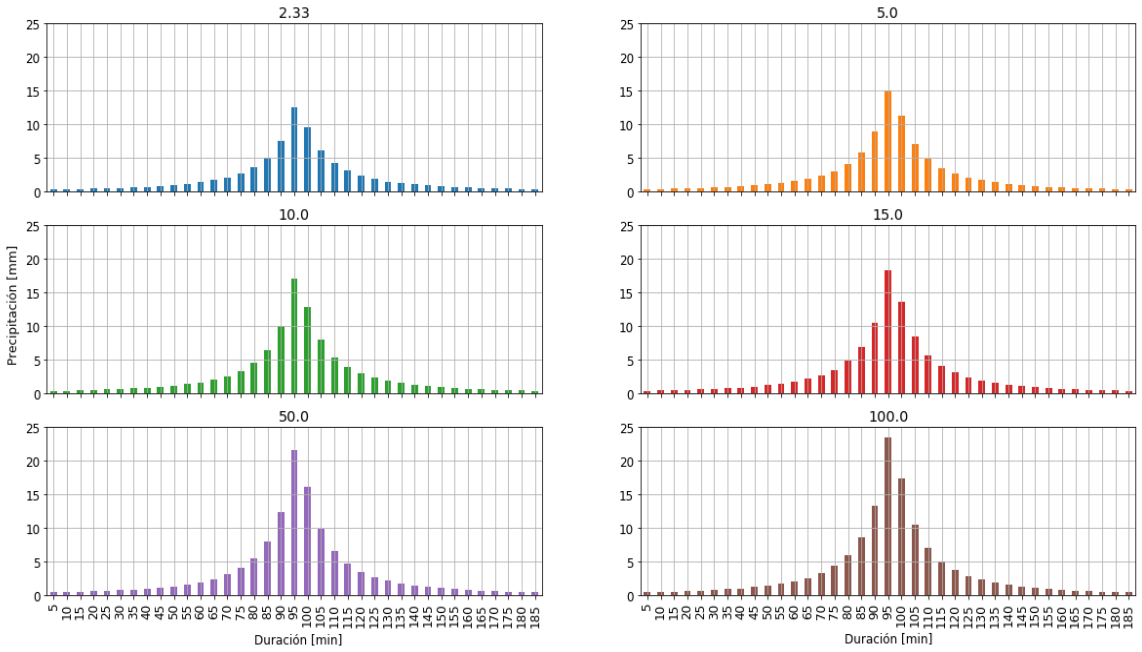


Figura 120. Hietograma de diseño quebrada Grande

La representación hidrológica en HMS se realizó identificando 3 subcuencas principales, se utilizó umbral de área de 2 km^2 para la quebrada Grande, tal como se muestra en la Figura 121. Los resultados de caudales pico para cada periodo de retorno de interés simulado TR 2.33, TR 15 y TR 100 se observan en la Tabla 24. Los resultados indican que el evento de una crecida con periodicidad de 100 años (TR 100) podría alcanzar un caudal pico hasta 167,3 m^3/s.

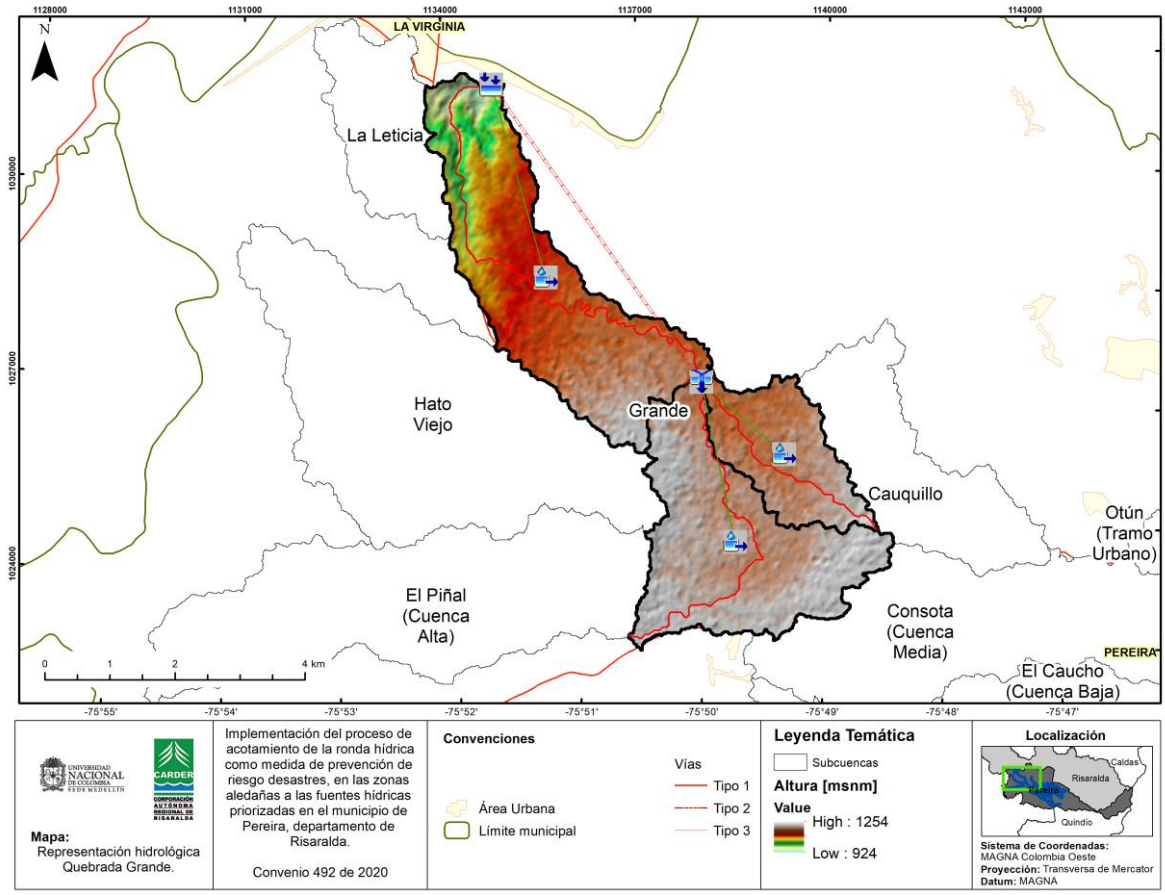


Figura 121. Representación hidrológica en HMS de la quebrada Grande.

Tabla 24. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada Grande.

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	61,0
$T_{R\ 15}$	125,90
$T_{R\ 100}$	167,30

5.2.3.4.3 Quebrada Leticia (Caimalito)

La quebrada La Leticia es un afluente del río Cauca, se ubica al Oestenoroeste de la ciudad de Pereira, con área de 4,10 km^2 con punto de cierre en el tramo de interés. Hasta dicho punto, la quebrada tiene trayectoria o recorrido del cauce principal en dirección Noroeste

en la parte alta de la microcuenca y en dirección Noreste en la parte baja hasta la desembocadura, con cota de nacimiento sobre los 1.066 m.s.n.m. y cota mínima hasta el punto de priorización de 925 m.s.n.m. que corresponde al punto de desembocadura o entrega de aguas al río Cauca, con recorrido desde el punto más alto hasta la desembocadura de 4,96 km.

En la Figura 122 se detallan los hietogramas para la quebrada La Leticia correspondiente a los periodos de retorno $T_{R\ 2.33}$, $T_{R\ 5}$, $T_{R\ 10}$, $T_{R\ 15}$, T_{R50}, T_{R100}.

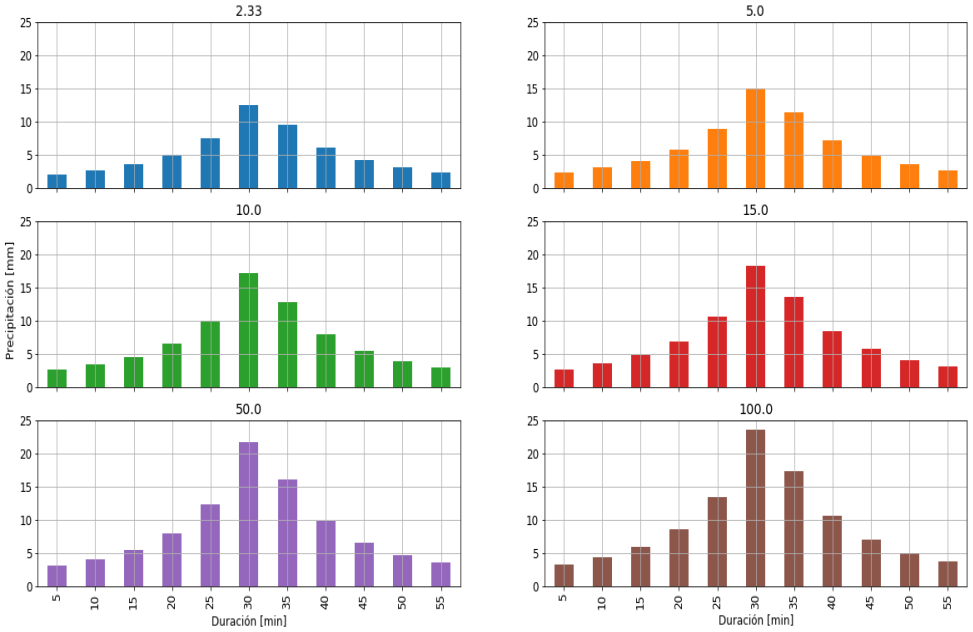


Figura 122. Hietograma de diseño quebrada La Leticia (Caimalito)

Para identificar adecuadamente la cuenca y poder discretizar la misma en la conceptualización hidrológica, se acumularon áreas superiores a 0,5 km^2, lo anterior permitió definir cinco (5) subcuencas aportantes y realizar el tránsito de la escorrentía como se observa en la Figura 123. En la Tabla 25 se muestran los caudales pico estimados para los periodos de retorno de interés.

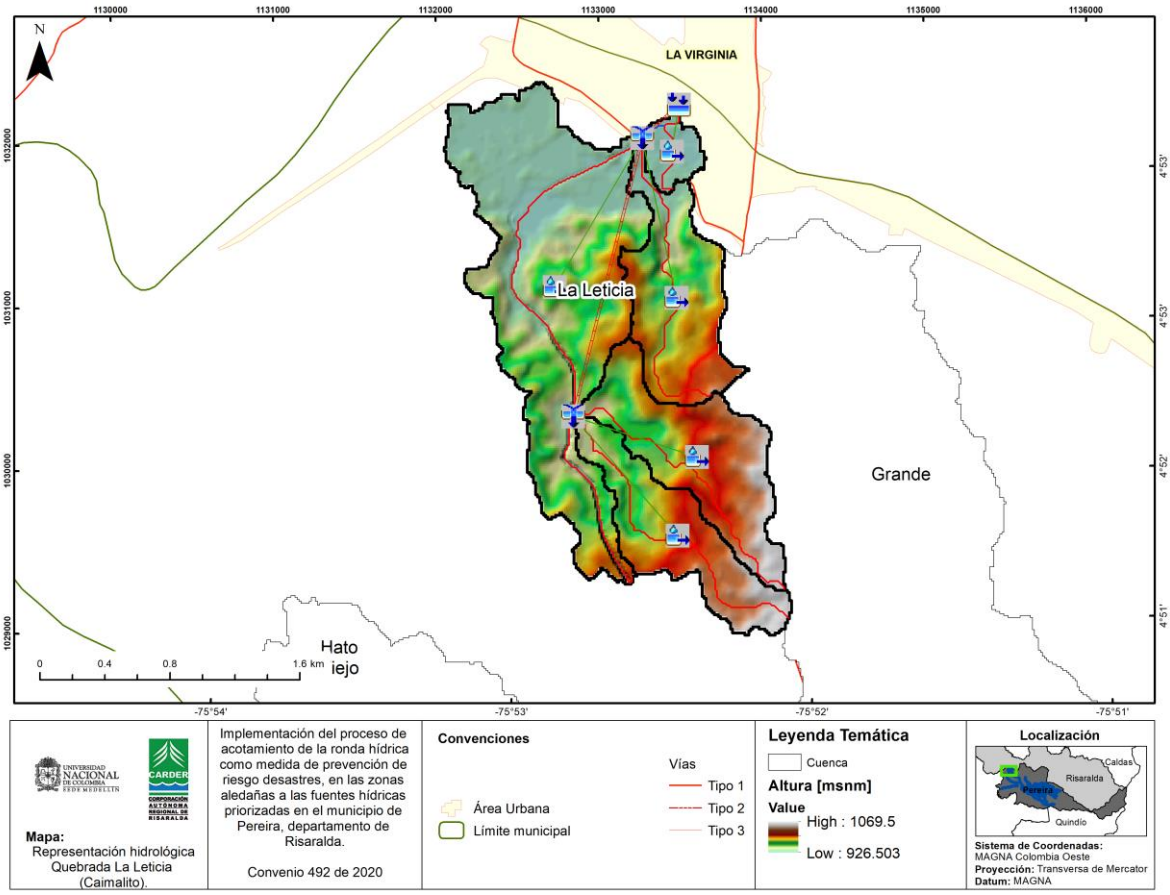


Figura 123. Representación hidrológica en HMS de la quebrada La Leticia (Caimalito).

Tabla 25. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada La Leticia (Caimalito).

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	38,2
$T_{R\ 15}$	47,7
$T_{R\ 100}$	65,4

5.2.3.4.4 Quebrada El Caucho (cuenca baja)

La cuenca baja de la quebrada El Caucho es un afluente del río Consotá, se ubica al Suroeste de la ciudad de Pereira, con área de 24,06 km^2 con punto de cierre en el tramo de interés. Hasta dicho punto, la quebrada El Caucho entrega sus aguas al río Consotá a

954,25 m.s.n.m., y 1.463,25 m.s.n.m. como cota de separación con la parte alta de la quebrada. La cuenca baja de la quebrada El Caucho tiene trayectoria o recorrido del cauce principal en dirección Oeste noroeste.

En la Figura 124 se detallan los hietogramas para la cuenca baja de la quebrada El Caucho correspondiente a los periodos de retorno $T_{R\ 2.33}$, $T_{R\ 5}$, $T_{R\ 10}$, $T_{R\ 15}$, T_{R50}, T_{R100}.

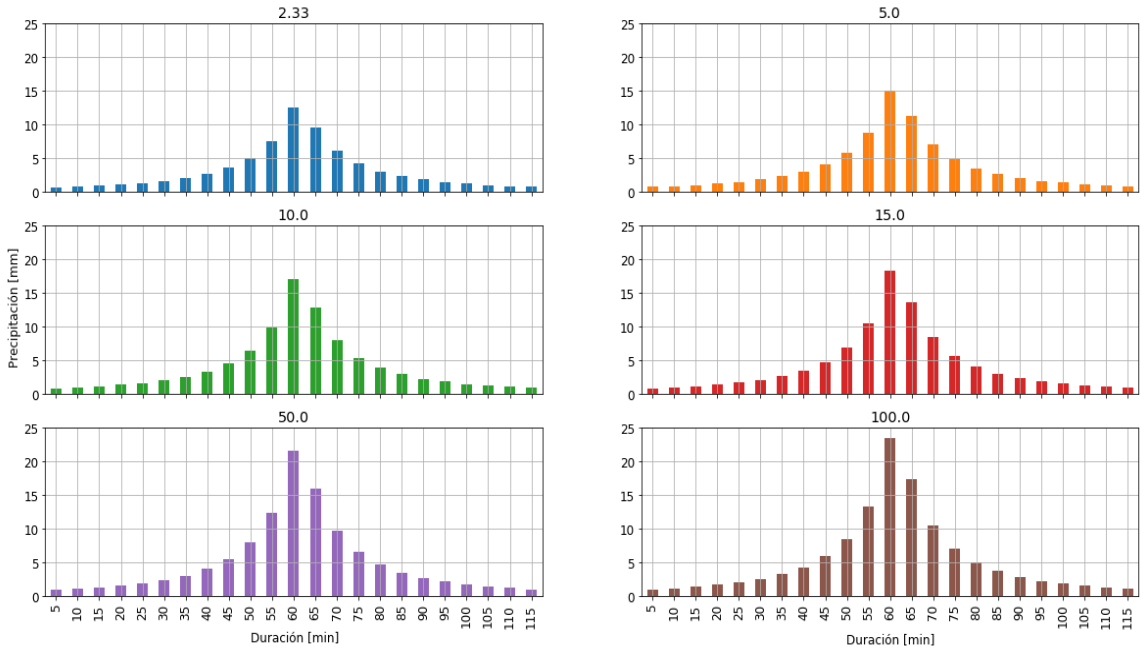


Figura 124. Hietograma de diseño quebrada El Caucho (cuenca baja).

Para la representación esquemática en HMS de la cuenca baja de la quebrada El Caucho se utilizó umbral de áreas acumuladas de 0,75 km^2, con el objetivo principal de identificar los principales tramos aferentes en la cuenca (Figura 125). Se realizó un solo modelo hidrológico para toda la cuenca, sin embargo, los resultados de caudal pico se muestran por separado. Los resultados para cada periodo de retorno (T_R) corresponden a los caudales pico de toda la cuenca de la quebrada El Caucho (cuenca baja y alta) (Tabla 26).

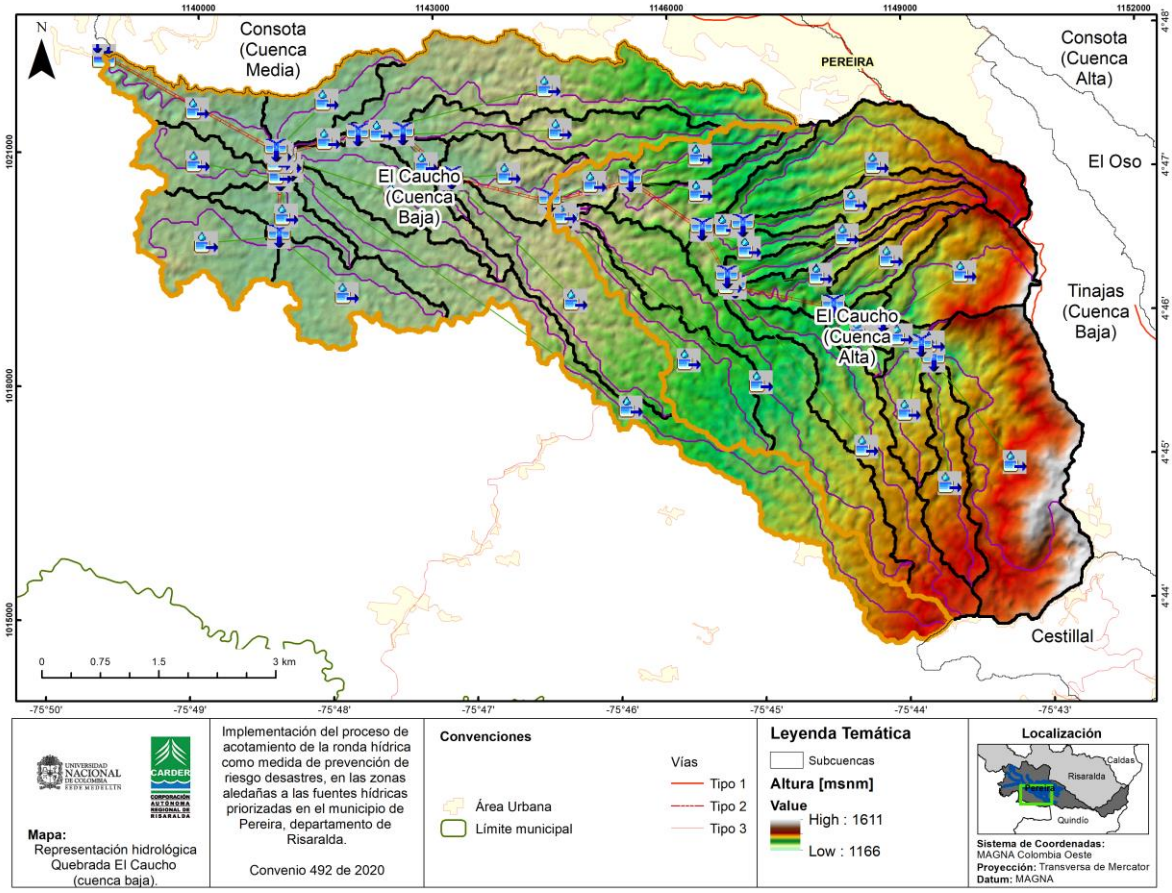


Figura 125. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Caucho (cuenca baja).

Tabla 26. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada El Caucho (cuenca baja).

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	169,0
$T_{R\ 15}$	316,4
$T_{R\ 100}$	426,3

5.2.3.4.5 Quebrada El Caucho (cuenca alta)

La cuenca alta de la quebrada el Caucho se ubica al suroeste de la ciudad de Pereira, con área de 27,87 km^2 con punto de cierre en el tramo de interés. Hasta dicho punto, la quebrada El Caucho entrega sus aguas a la cuenca baja a 1.463,25 m.s.n.m. como cota de

separación con la parte baja y alta de la quebrada. La cuenca baja de la quebrada El Caucho tiene trayectoria o recorrido del cauce principal en dirección Noroeste y nace a 1.591,25 m.s.n.m. En la Figura 126 se muestra el Hietograma de diseño de la cuenca alta de la quebrada El Caucho, obtenido a partir del tiempo de concentración de la cuenca alta y la intensidad de la lluvia para cada T_R de la IDF del aeropuerto Matecaña.

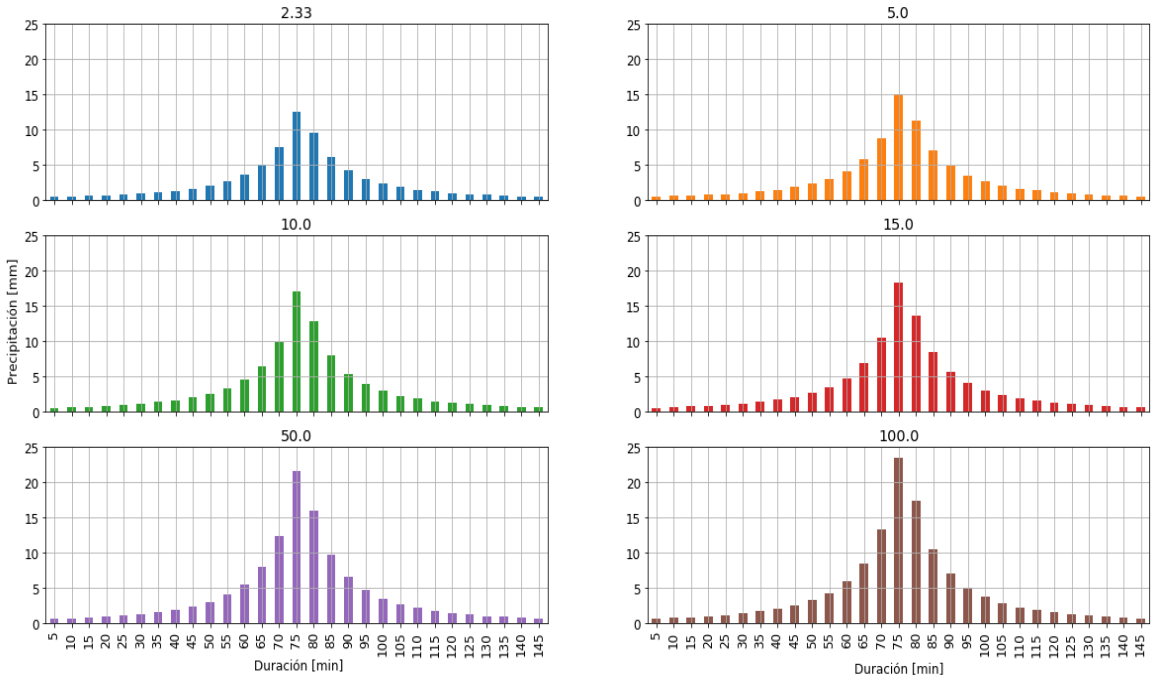


Figura 126. Hietograma de diseño quebrada El Caucho (Cuenca Alta).

Para la representación esquemática en HMS de la cuenca alta de la quebrada El Caucho se utilizó umbral de áreas acumuladas de 0,75 km^2, con el objetivo principal de identificar los principales tramos aferentes en la cuenca. Se realizó un solo modelo hidrológico para toda la cuenca, sin embargo, los resultados de caudal pico se muestran por separado (Figura 127). Los resultados para cada periodo de retorno (T_R) corresponden a los caudales pico de toda la cuenca de la quebrada El Caucho (cuenca baja y alta). En la Tabla 27 se muestran los resultados de caudales pico para la cuenca alta de la quebrada El Caucho, con caudal pico de 333,7 m^3/s para un T_R de 100 años y para el T_R de 2,33 años o caudal formador, se estimó un caudal pico del hidrograma de 110,0 m^3/s.

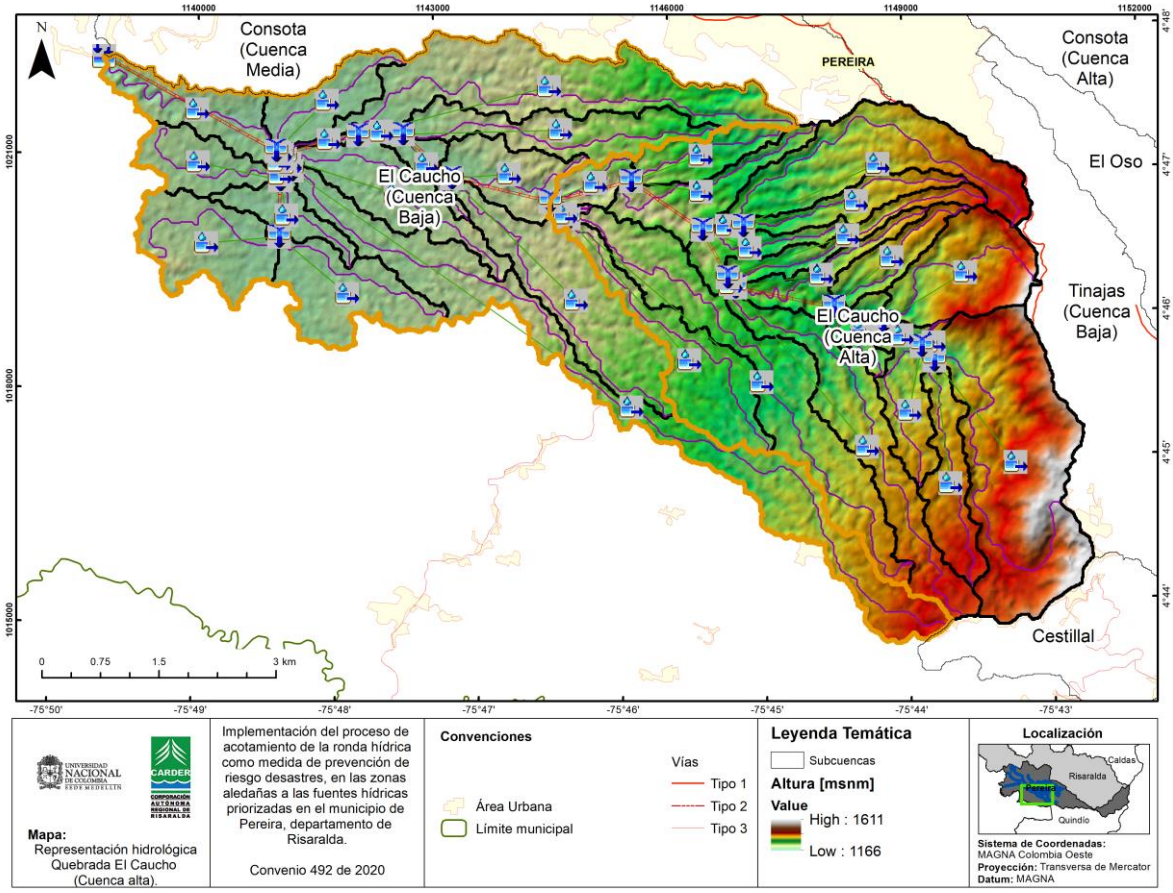


Figura 127. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Caucho (Cuenca alta).

Tabla 27. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada El Caucho (cuenca alta).

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	179,7
$T_{R\ 15}$	288,2
$T_{R\ 100}$	387,0

5.2.3.4.6 Quebrada El Piñal (cuenca alta)

La quebrada El Piñal se encuentra ubicada al sur occidente del departamento de Risaralda, en el límite con el departamento Valle del Cauca. Esta quebrada desemboca en el río La Vieja, a pocos kilómetros de la confluencia de este último con el río Cauca. El tramo de

estudio priorizado corresponde a la cuenca media y alta de la quebrada, sin llegar hasta la desembocadura. Es así, que el punto de salida de la cuenca El Piñal en el tramo en estudio se encuentra metros aguas arriba de su desembocadura en el río La Vieja. Esta cuenca tiene un área de 13,49 kilómetros cuadrados y su altitud se encuentra entre los 932 y 1.236 m.s.n.m.; la parte alta y baja de esta cuenca presenta zonas de bajas pendientes.

En la Figura 128 se observa el hietograma de diseño estimado a partir de bloques alternos para la quebrada El Piñal, para los periodos de retorno $T_{R\ 2.33}$, $T_{R\ 5}$, $T_{R\ 10}$, $T_{R\ 15}$, T_{R50}, T_{R100}.

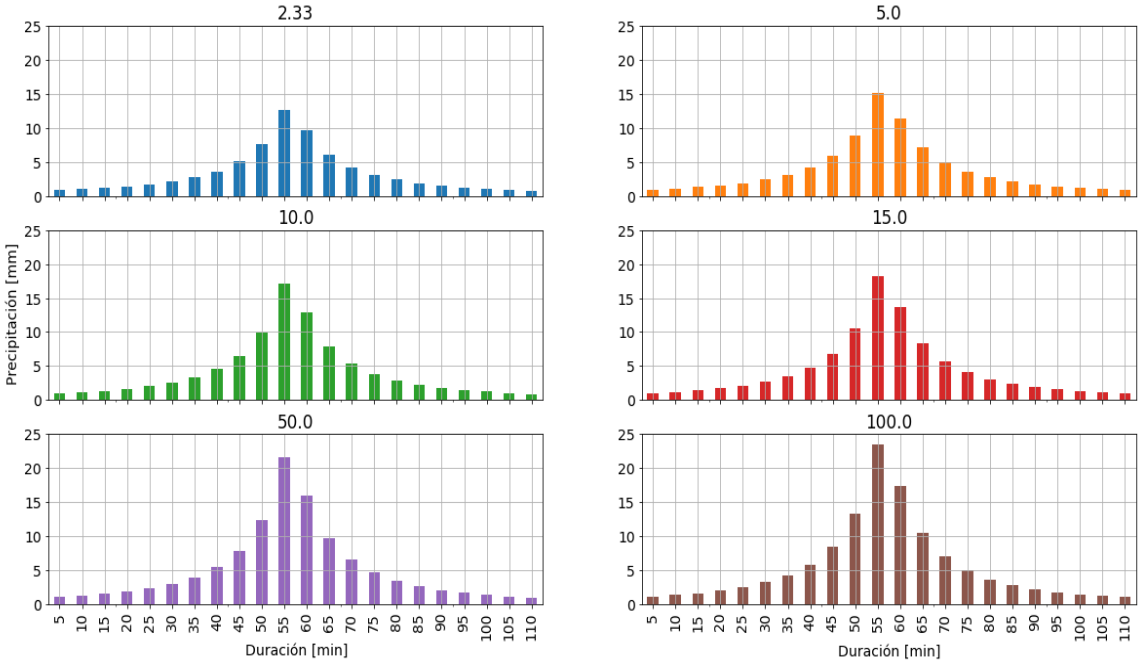


Figura 128. Hietograma de diseño quebrada El Piñal.

Para el modelo hidrológico se utilizó el software HEC-HMS, se dividió la cuenca en tres (3) subcuencas de 2 kilómetros de longitud de cauce (Figura 129) y se usó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 110 minutos. Se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 28.

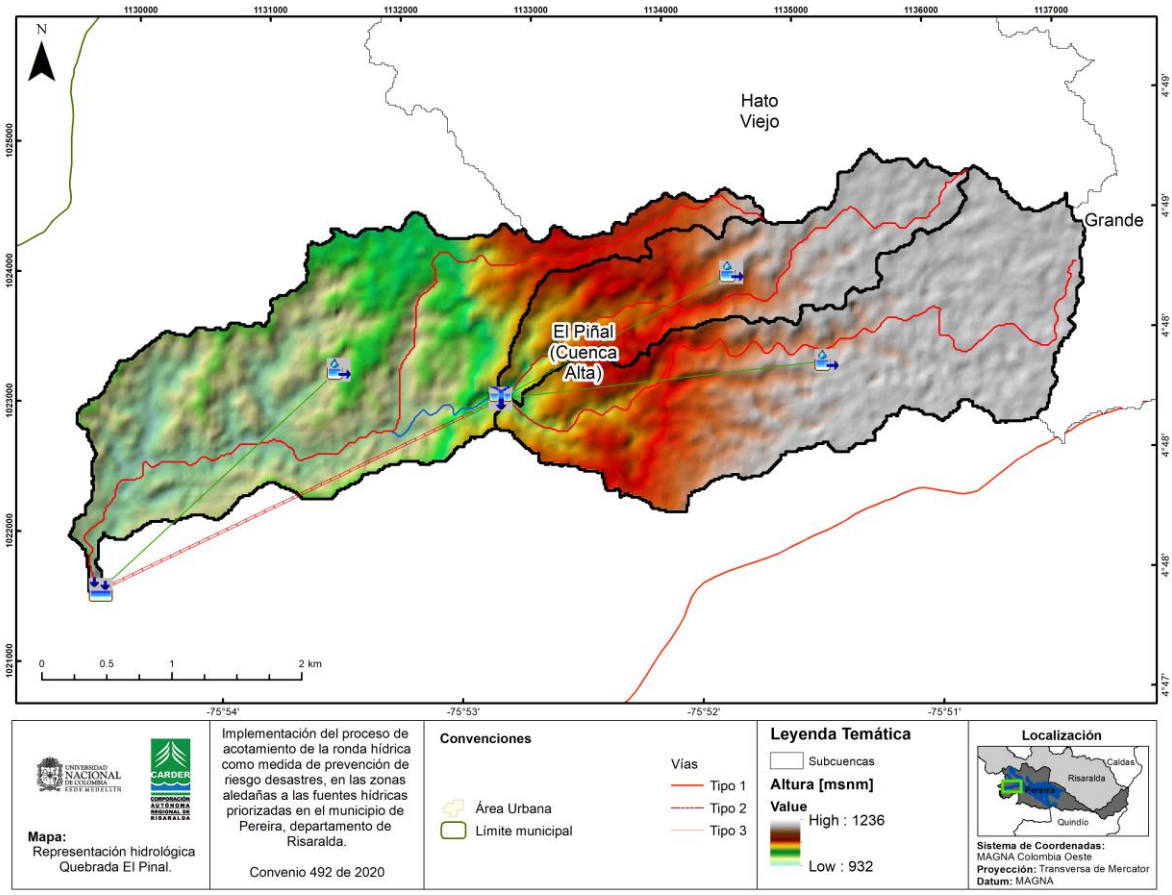


Figura 129. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Piñal.

Tabla 28. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés de la quebrada El Piñal.

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	59,7
$T_{R\ 15}$	163,2
$T_{R\ 100}$	215,1

5.2.3.4.7 Quebrada Cauquillo

La quebrada Cauquillo que se localiza al noroccidente de la ciudad de Pereira, capital departamento de Risaralda, desemboca en el río Otún. El tramo de estudio priorizado abarca toda la cuenca de la quebrada Cauquillo. Para este tramo, el punto de salida de la

cuenca se encuentra en la desembocadura al río Otún. Esta cuenca tiene un área de 5,94 kilómetros cuadrados y su altitud se encuentra entre los 1.065 y 1.279 m.s.n.m.

En la Figura 130 se observa el hietograma de diseño estimado a partir de bloques alternos para la quebrada Cauquillo, para los periodos de retorno $T_{R\ 2.33}$, $T_{R\ 5}$, $T_{R\ 10}$, $T_{R\ 15}$, T_{R50}, T_{R100}.

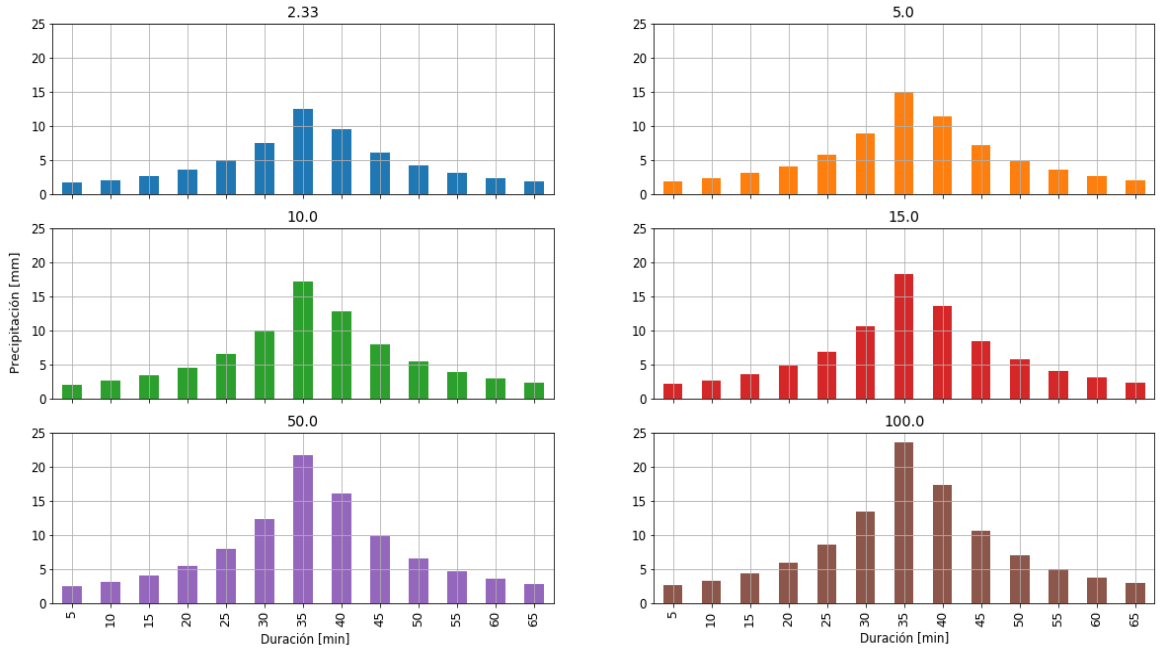


Figura 130. Hietograma de diseño quebrada Cauquillo.

Para el modelo hidrológico se utilizó el software HEC-HMS, se dividió la cuenca en tres (3) subcuencas de 1 kilómetro de longitud de cauce (Figura 131) y se usó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 65 minutos. Se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 29.

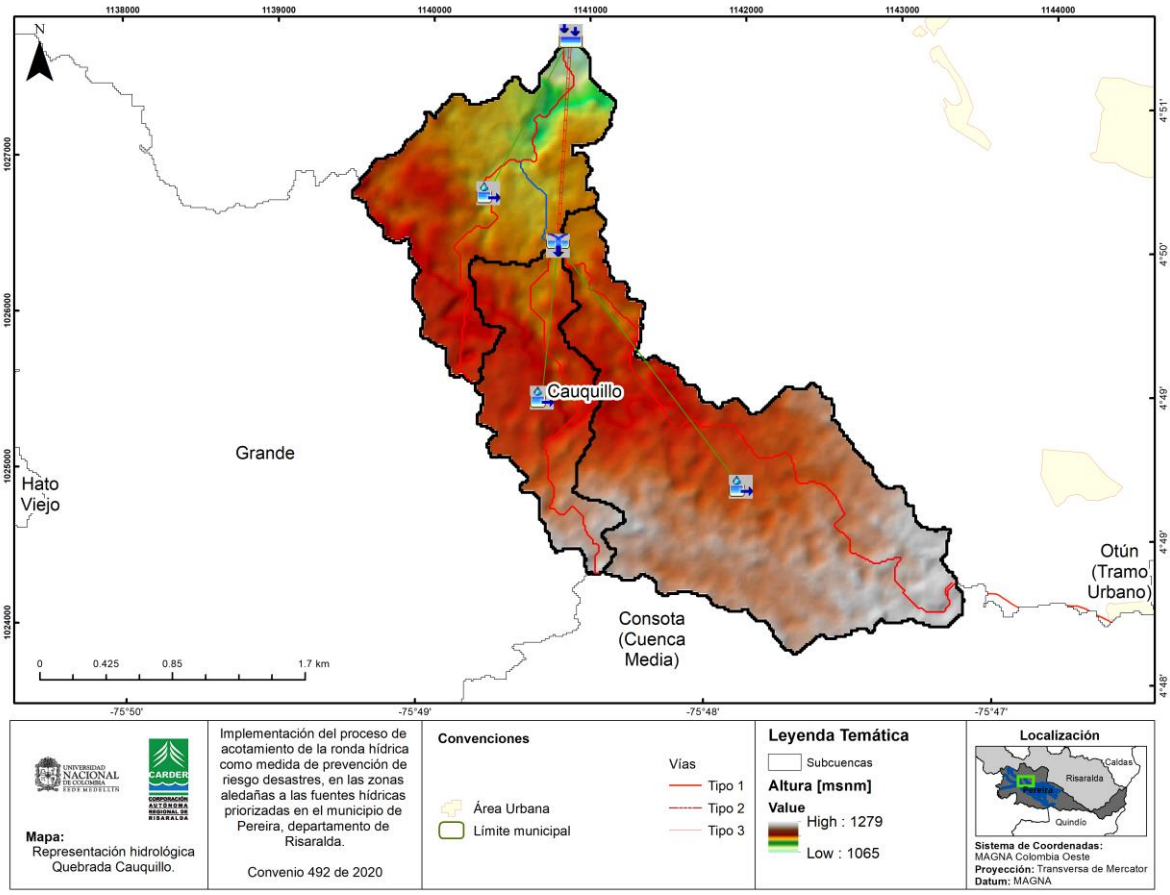


Figura 131. Representación hidrológica en HMS de la quebrada Cauquillo.

Tabla 29. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés para la quebrada Cauquillo.

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	35,2
$T_{R\ 15}$	58,5
$T_{R\ 100}$	80,0

5.2.3.4.8 Río Cestillal (cuenca media)

El río Cestillal se localiza al sur del departamento de Risaralda en el límite con el departamento Valle del Cauca y desemboca en el río La Vieja. El tramo de estudio priorizado corresponde a la cuenca media del mismo. Para este tramo, el punto de salida

de la cuenca del río Cestillal se encuentra aguas arriba de su desembocadura en el río La Vieja. Esta cuenca tiene un área de 21,3 kilómetros cuadrados y su altitud se encuentra entre los 1.340 y 2.073 m.s.n.m.

En la Figura 132 se observa el hietograma de diseño estimado a partir de bloques alternos para el río Cestillal, para los periodos de retorno $T_{R\ 2.33}$, $T_{R\ 5}$, $T_{R\ 10}$, $T_{R\ 15}$, T_{R50}, T_{R100}.

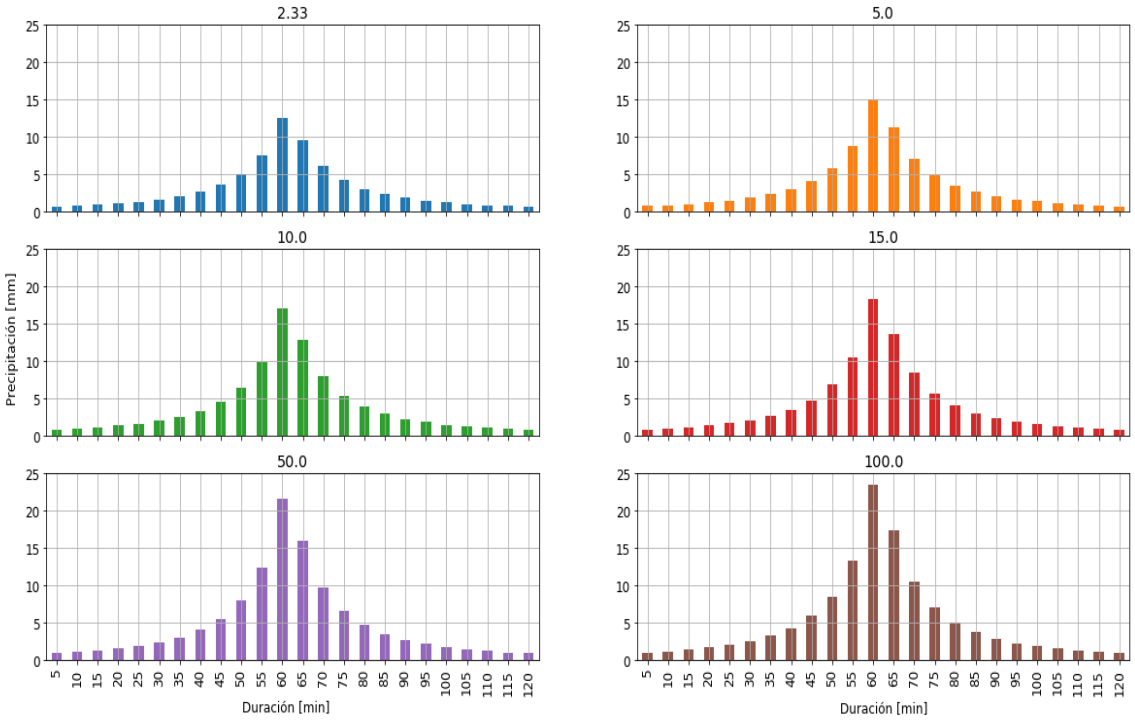


Figura 132. Hietograma de diseño del río Cestillal.

Para el modelo hidrológico se utilizó el software HEC-HMS, se dividió la cuenca en tres subcuencas de 2 kilómetros de longitud de cauce (Figura 133) y se usó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 2 horas. Se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 30.

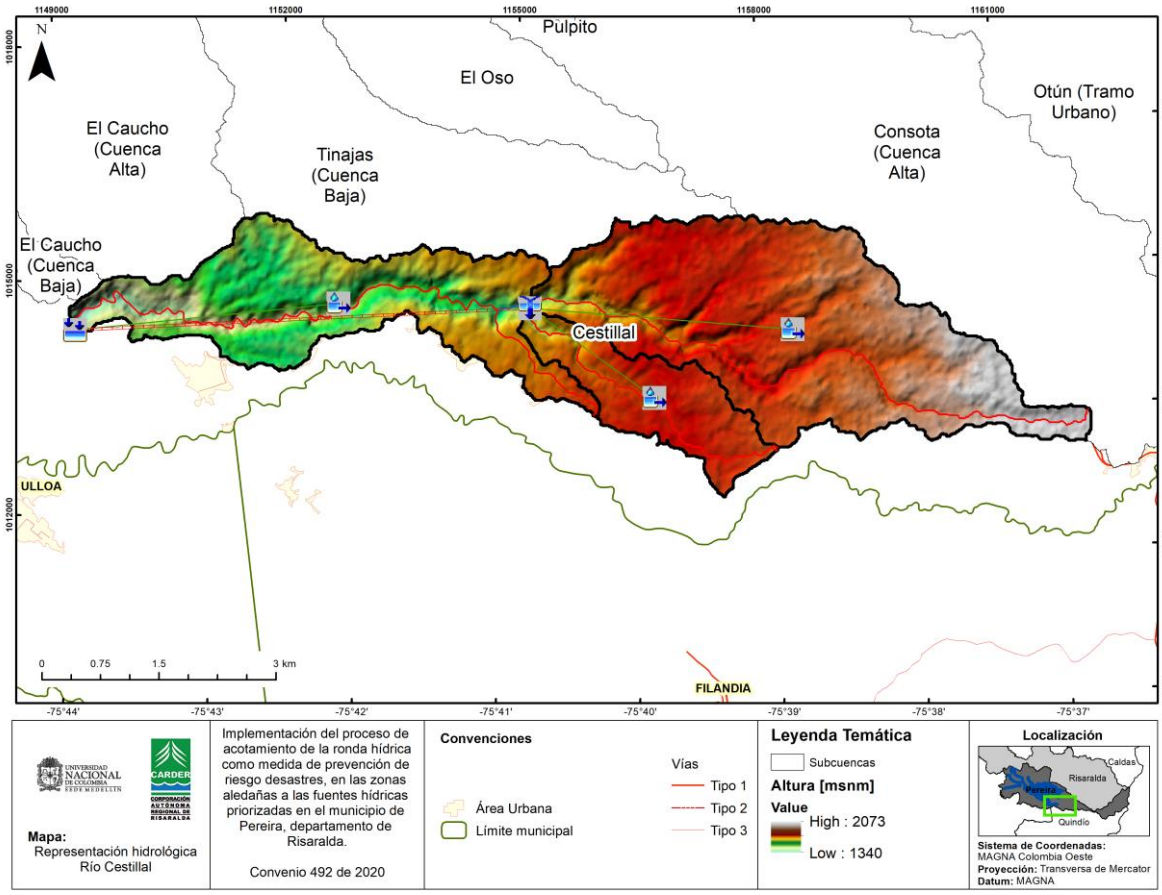


Figura 133. Representación hidrológica en HMS del río Cestillal

Tabla 30. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés para el río Cestillal.

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	86,4
$T_{R\ 15}$	143,0
$T_{R\ 100}$	195,4

5.2.3.4.9 Río Consotá y afluentes

El río Consotá se localiza en la parte sur occidental del municipio de Pereira (Risaralda) y desemboca en el río La Vieja, su cuenca abarca una gran parte de la zona urbana de este municipio. El tramo de estudio priorizado corresponde a la cuenca media y alta del río, sin llegar hasta su desembocadura, con un área total de 101,87 km^2. Teniendo en cuenta el

tramo priorizado, el punto de salida de la cuenca del río Consotá en estudio se encuentra aguas arriba de su confluencia con el río La Vieja y su altitud varía entre los 1.158 y 2.224 m.s.n.m. Esta cuenca incluye varios tramos priorizados que requieren un análisis individual, los cuales con sus respectivas subcuencas se describen a continuación y se espacializan en la Figura 134.

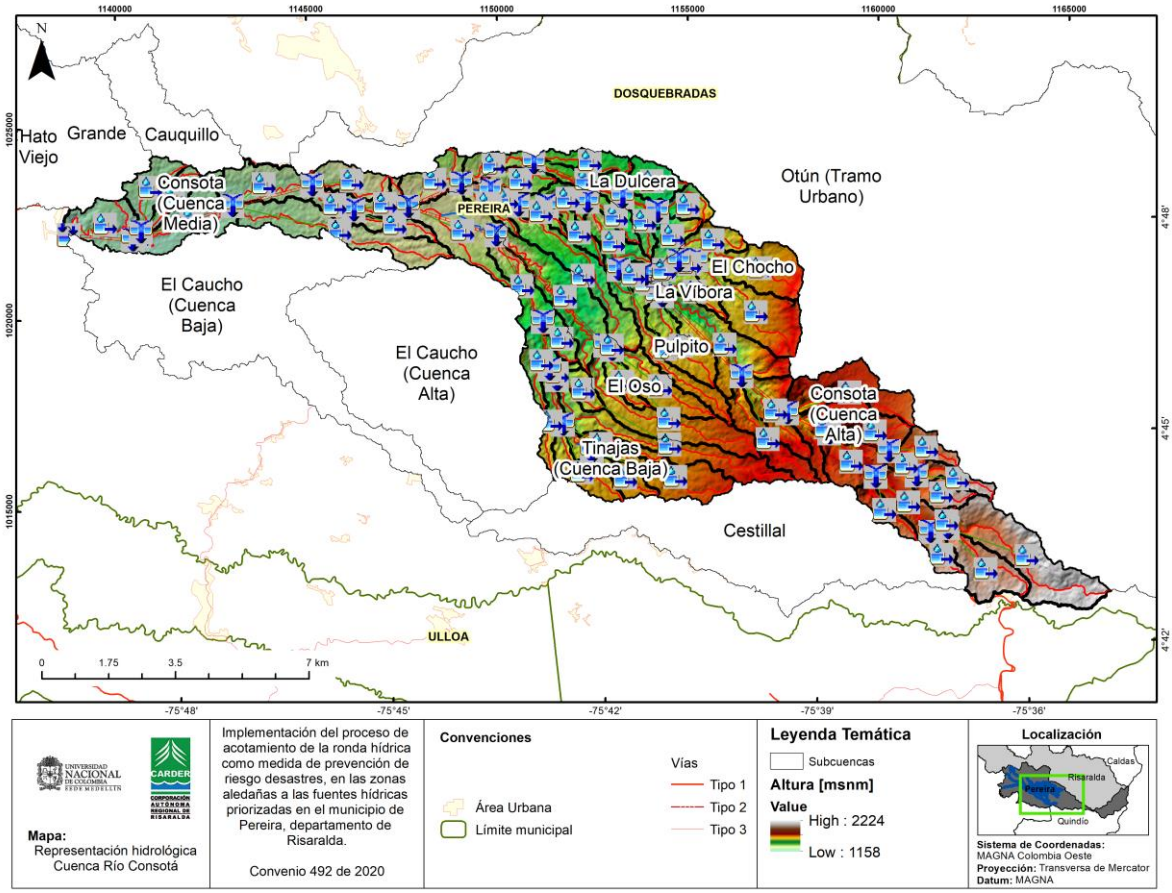


Figura 134. Representación hidrológica en HMS del río Consotá y sus afluentes.

- Río Consotá (cuenca media-baja)

Este tramo, que tiene un área de 16,7 kilómetros cuadrados, va desde la confluencia de la quebrada Tinajas con el río Consotá, en la cota de 1.291 m.s.n.m., hasta donde este último se une con el río El Caucho, en la cota de 1.173 m.s.n.m. Esta parte de la cuenca se caracteriza por tener pendientes bajas.

Para el modelo hidrológico en el software HEC-HMS se dividió la cuenca en once (11) subcuencas de 0,65 kilómetros de longitud de cauce (Figura 137), se utilizó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 287 minutos (Figura 135) y se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Figura 136.

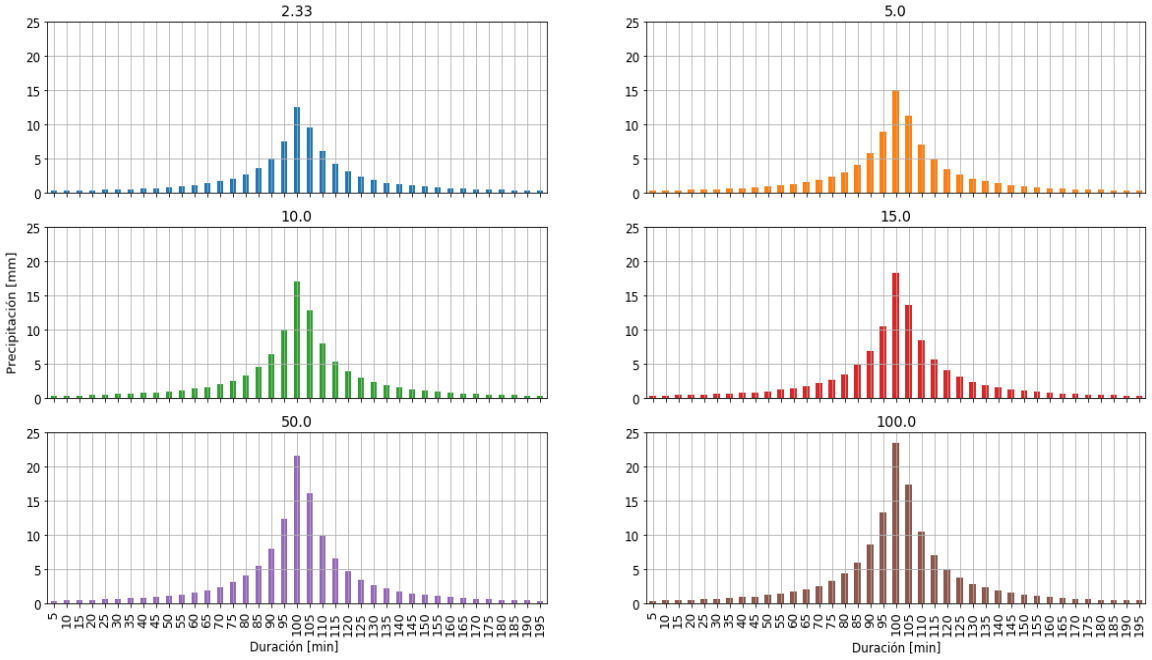


Figura 135. Hietograma de diseño del río Consotá cuenca media-baja.

Figura 136. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para el río Consotá cuenca media-baja

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	334,4
$T_{R\ 15}$	560,0
$T_{R\ 100}$	766,9

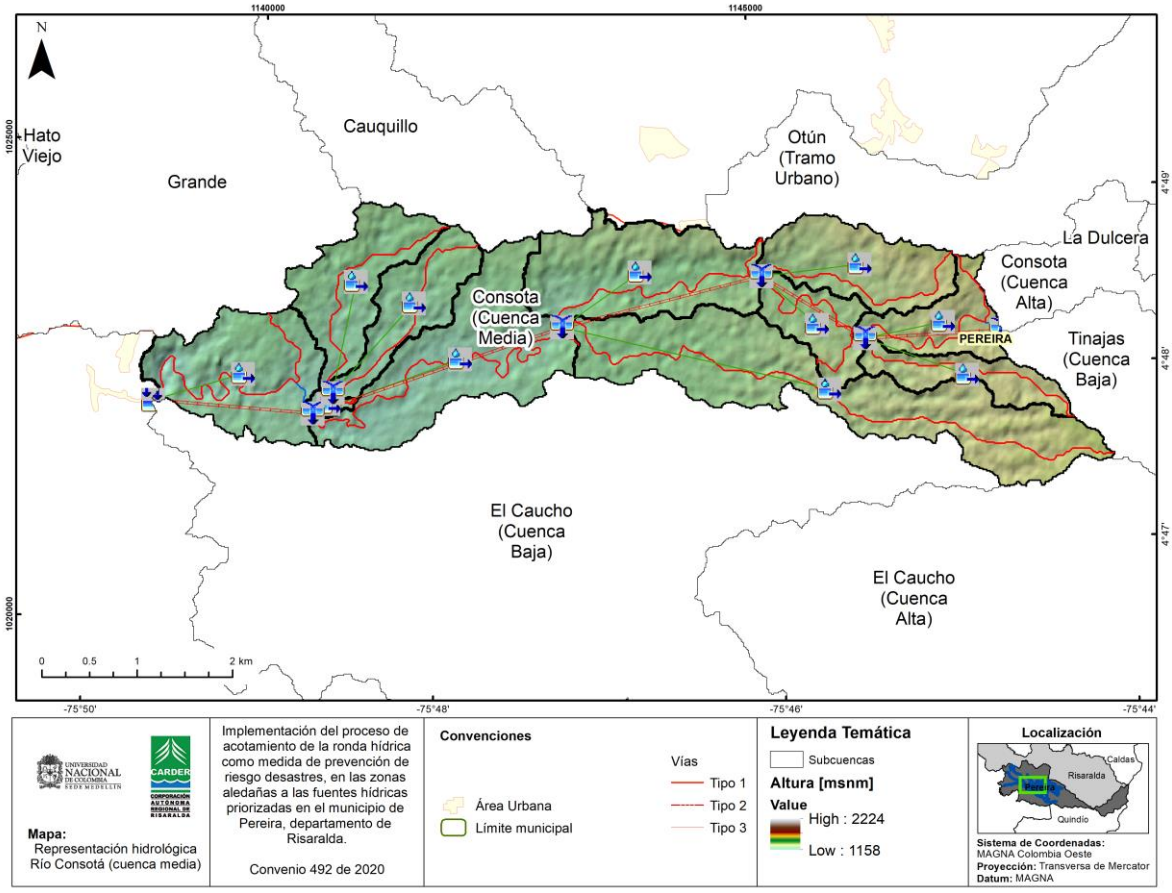


Figura 137. Representación hidrológica en HMS del río Consotá cuenca media-baja.

- Quebrada Tinajas (cuenca baja)

Tiene un área de 17,37 kilómetros cuadrados, se localiza en la parte sur de la cuenca del río Consotá, uno de sus afluentes principales es la quebrada El Oso, nace a 1.698 m.s.n.m. y entrega sus aguas al río Consotá a 1.291 m.s.n.m.

Para el modelo hidrológico en el software HEC-HMS se dividió la cuenca en doce (12) subcuencas de 0,65 kilómetros de longitud de cauce (Figura 139), se utilizó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 125 minutos (Figura 138) y se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 31.

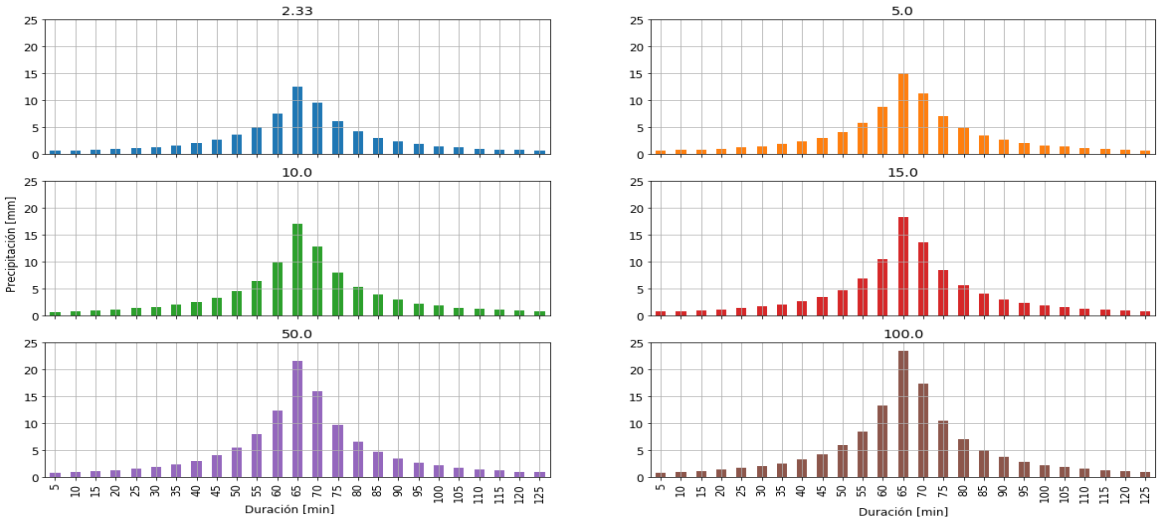


Figura 138. Hietograma de diseño quebrada Tinajas.

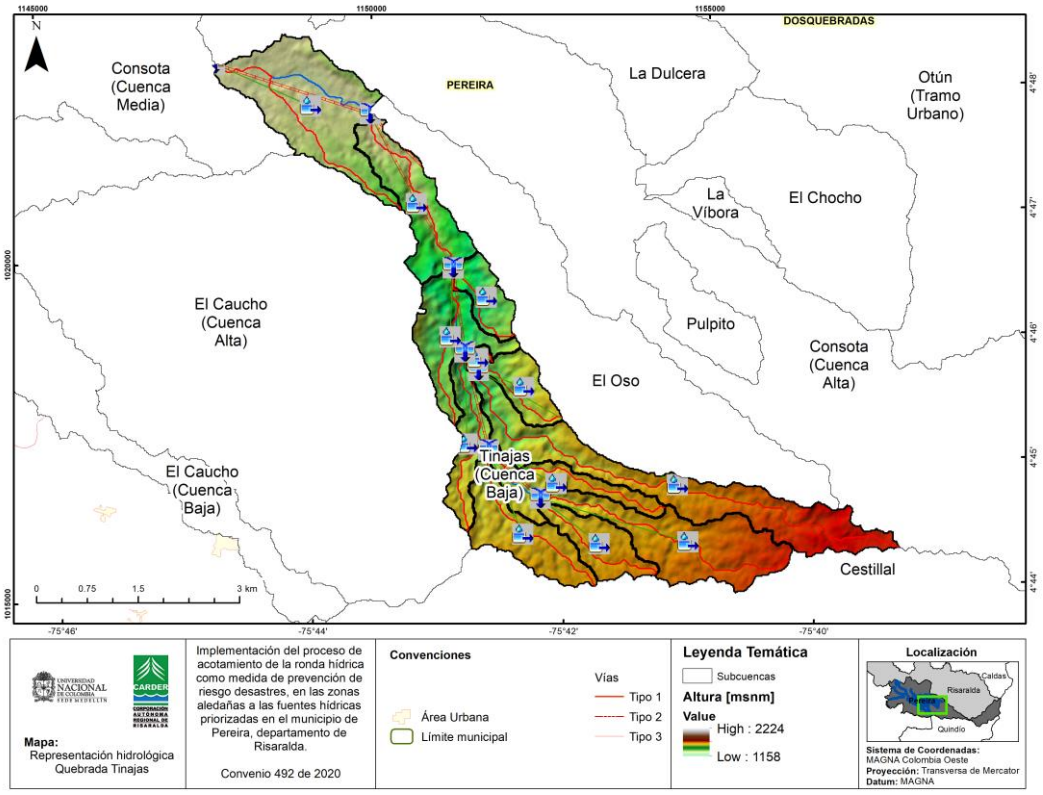


Figura 139. Representación hidrológica en HMS de la quebrada Tinajas.

Tabla 31. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para la quebrada Tinajas cuenca baja

Periodo de retorno T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	105,8
$T_{R\ 15}$	179,5
$T_{R\ 100}$	248,9

- Río Consotá (cuenca media-alta)

Este tramo que corresponde a la cuenca media alta del río Consotá tiene un área de 42,7 kilómetros cuadrados, desde su nacimiento a 2.089 m.s.n.m. hasta que se une con la quebrada Tinajas a 1.291 m.s.n.m.

Para el modelo hidrológico en el software HEC-HMS se dividió la cuenca en 31 subcuencas de aproximadamente 0,65 kilómetros de longitud de cauce (Figura 141), se utilizó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 205 minutos (Figura 140) y se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 32.

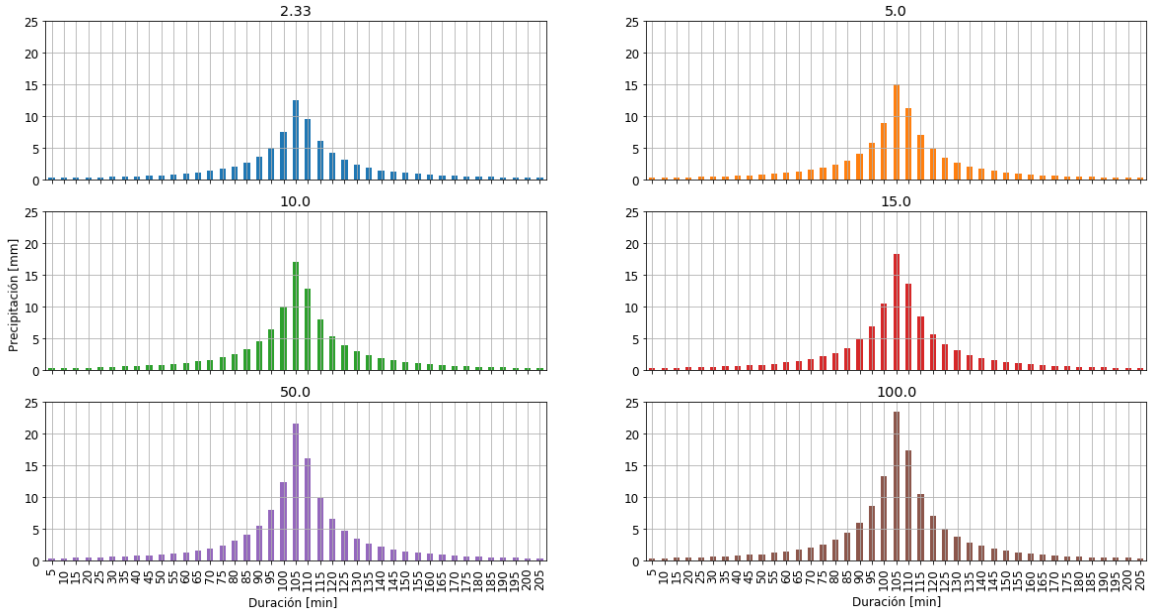


Figura 140. Hietograma de diseño del río Consotá cuenca media alta.

Carrera 80 No. 65-223
Bloque M2-oficina 301
Teléfono: 4255100
dgeoma_med@unal.edu.co
Medellín, Colombia

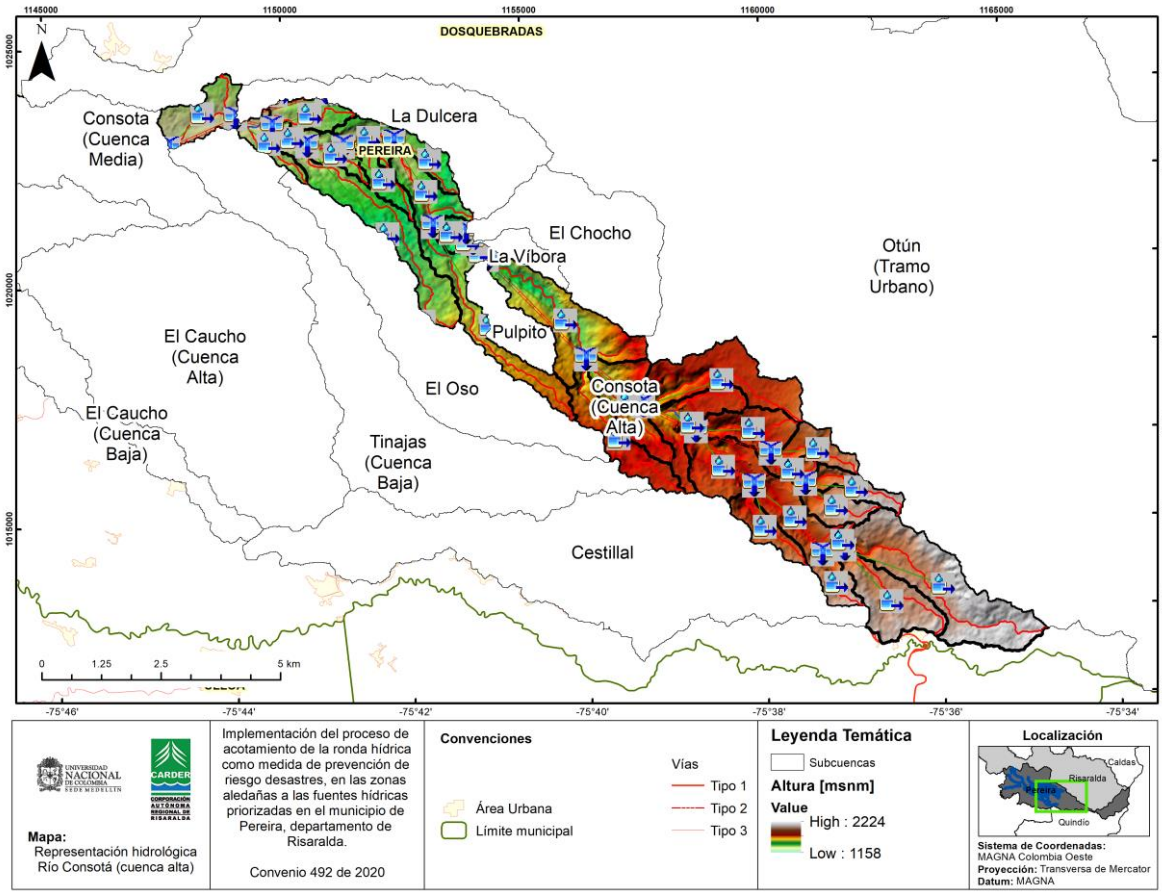


Figura 141. Representación hidrológica en HMS del río Consotá cuenca media-alta.

Tabla 32. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para el río Consotá, cuenca media alta

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	325,6
$T_{R\ 15}$	525,5
$T_{R\ 100}$	708,7

- Quebrada La Dulcera

Tiene un área de 7,3 kilómetros cuadrados, se localiza en la parte noroeste de la cuenca del río Consotá, nace a 1.464 m.s.n.m. y entrega sus aguas al río Consotá a 1.307 m.s.n.m. Para el modelo hidrológico en el software HEC-HMS se dividió la cuenca en siete (7) subcuencas de 0,65 kilómetros de longitud de cauce (Figura 143), se utilizó el hietograma

de diseño para un tiempo de concentración de 90 minutos (Figura 142) y se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 33.

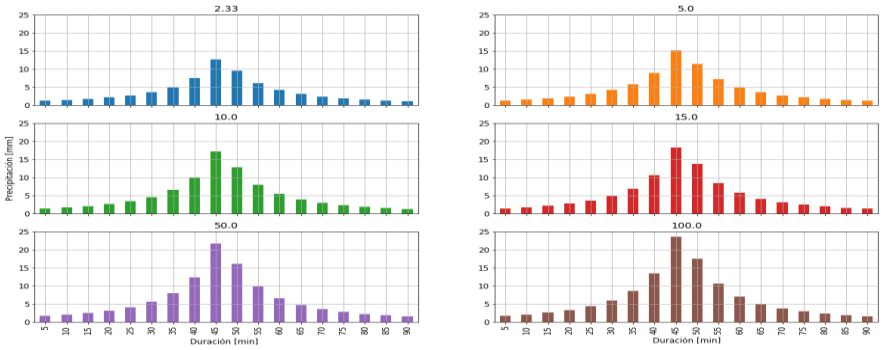


Figura 142. Hietograma de diseño quebrada La Dulcera.

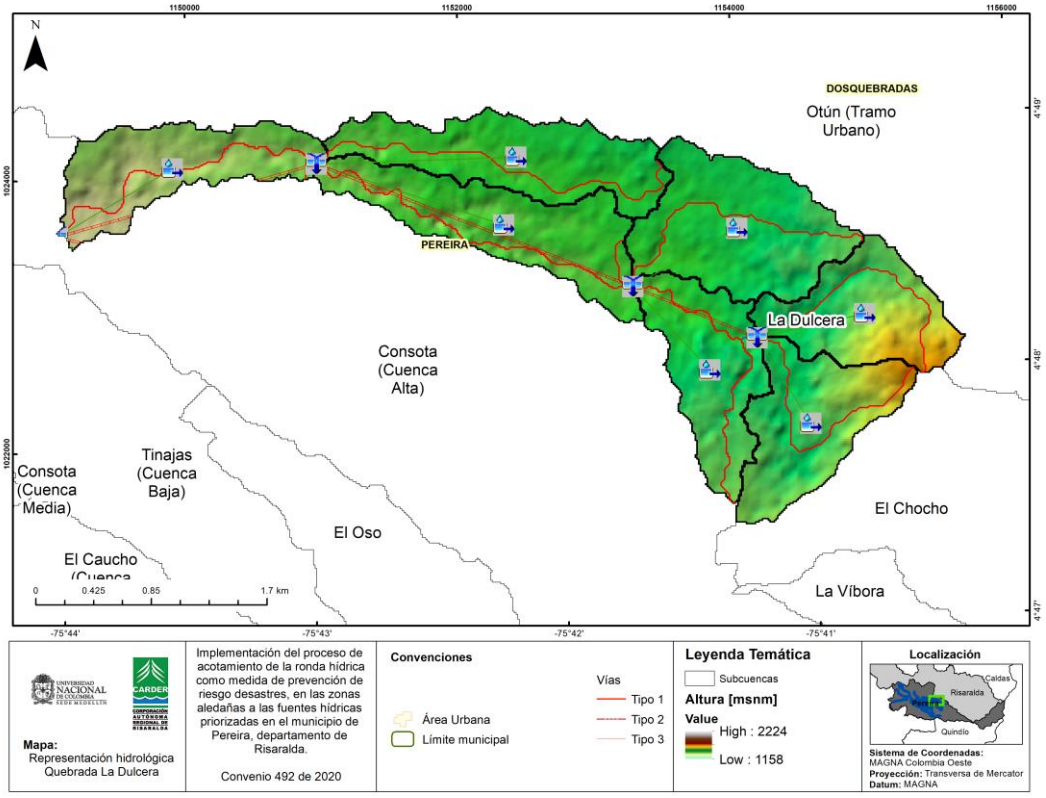


Figura 143. Representación hidrológica en HMS de la quebrada La Dulcera.

Tabla 33. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para la quebrada La Dulcera

Periodo de retorno T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	43,0
$T_{R\ 15}$	69,8
$T_{R\ 100}$	94,6

- Quebrada El Oso

Esta cuenca que tiene un área de 9,43 km^2, se localiza en la parte central de la cuenca del río Consotá, es afluente de la quebrada Tinajas entregándole sus aguas a una cota de 1305 m.s.n.m. desde su nacimiento a 1.670 m.s.n.m.

Para el modelo hidrológico en el software HEC-HMS se dividió la cuenca en cinco (5) subcuencas de 0,65 kilómetros de longitud de cauce (Figura 145), se utilizó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 115 minutos (Figura 144) y se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 34.

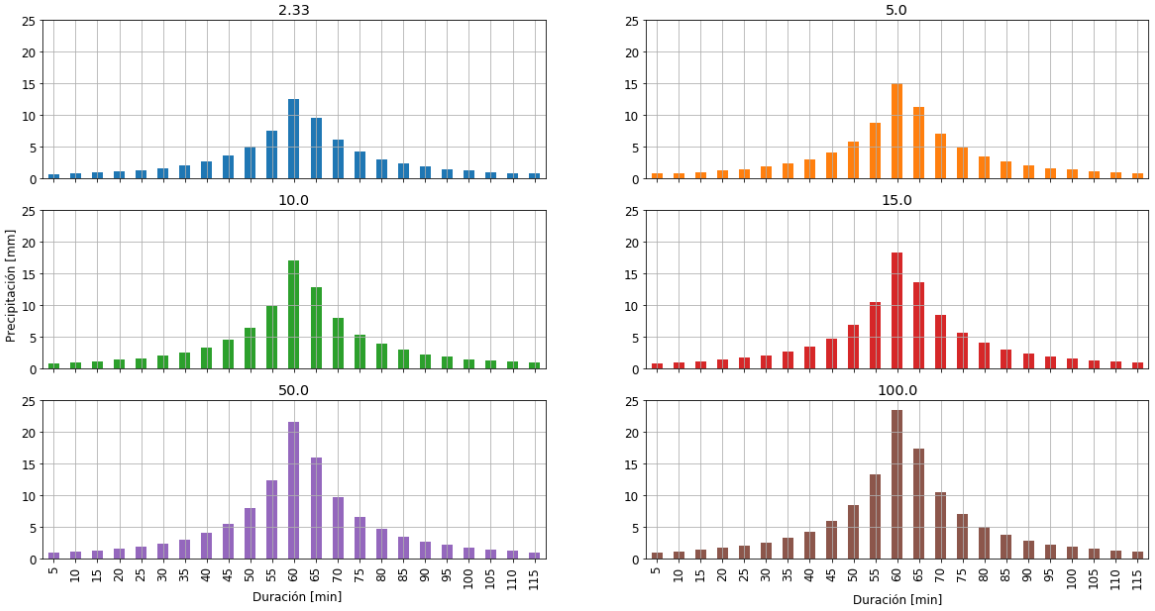


Figura 144. Hietograma de diseño quebrada El Oso.

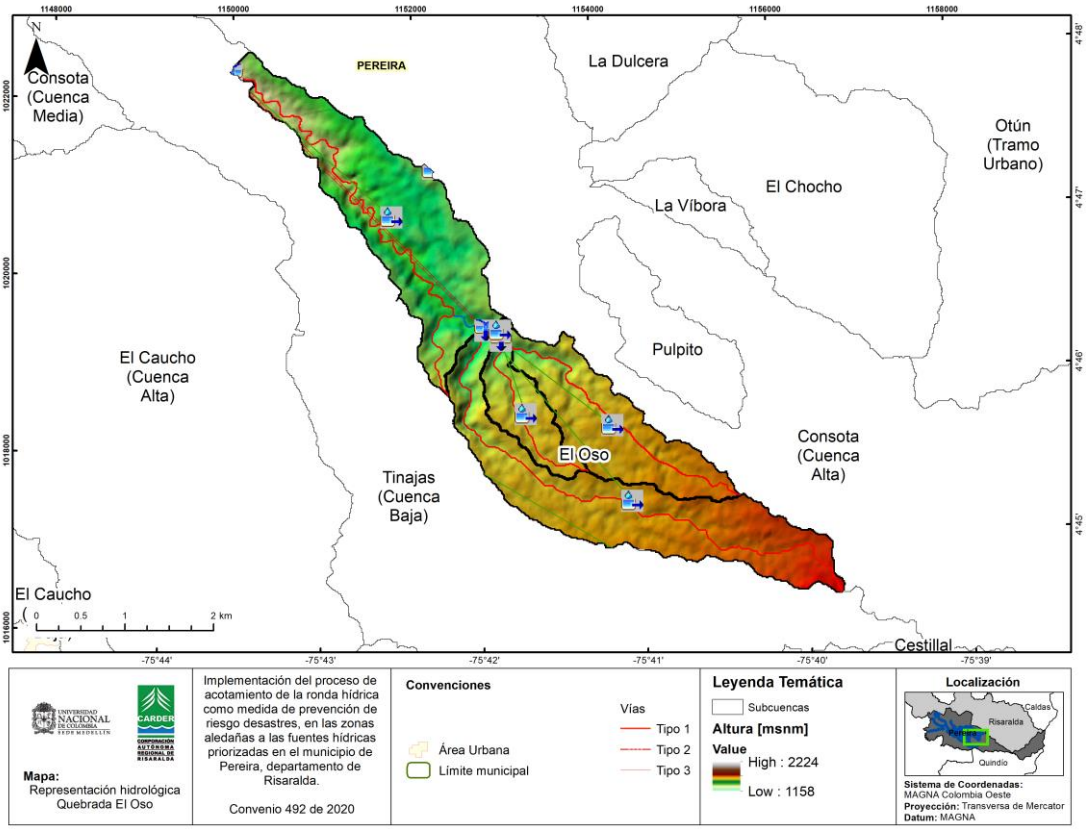


Figura 145. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Oso.

Tabla 34. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés de la quebrada El Oso

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	36,1
$T_{R\ 15}$	59,5
$T_{R\ 100}$	81,4

- Quebrada El Chocho

Esta cuenca tiene un área de 7,43 kilómetros cuadrados, se localiza en la parte noreste de la cuenca del río Consotá, entrega sus aguas en la cota de 1.393 m.s.n.m. y nace a 1.618 m.s.n.m.

Para el modelo hidrológico en el software HEC-HMS se dividió la cuenca en cinco (5) subcuencas de 0,65 kilómetros de longitud de cauce (Figura 148), se utilizó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 50 minutos (Figura 146) y se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, que se muestran en la Figura 147.

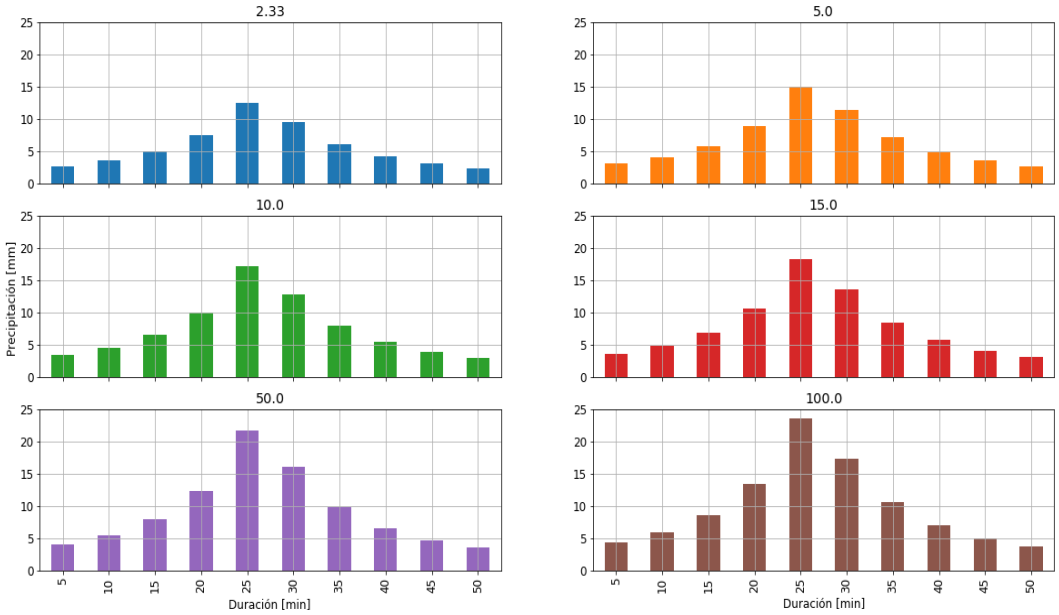


Figura 146. Hietograma de diseño quebrada El Chocho.

Figura 147. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para la quebrada El Chocho

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	48,9
$T_{R\ 15}$	79,5
$T_{R\ 100}$	107,8

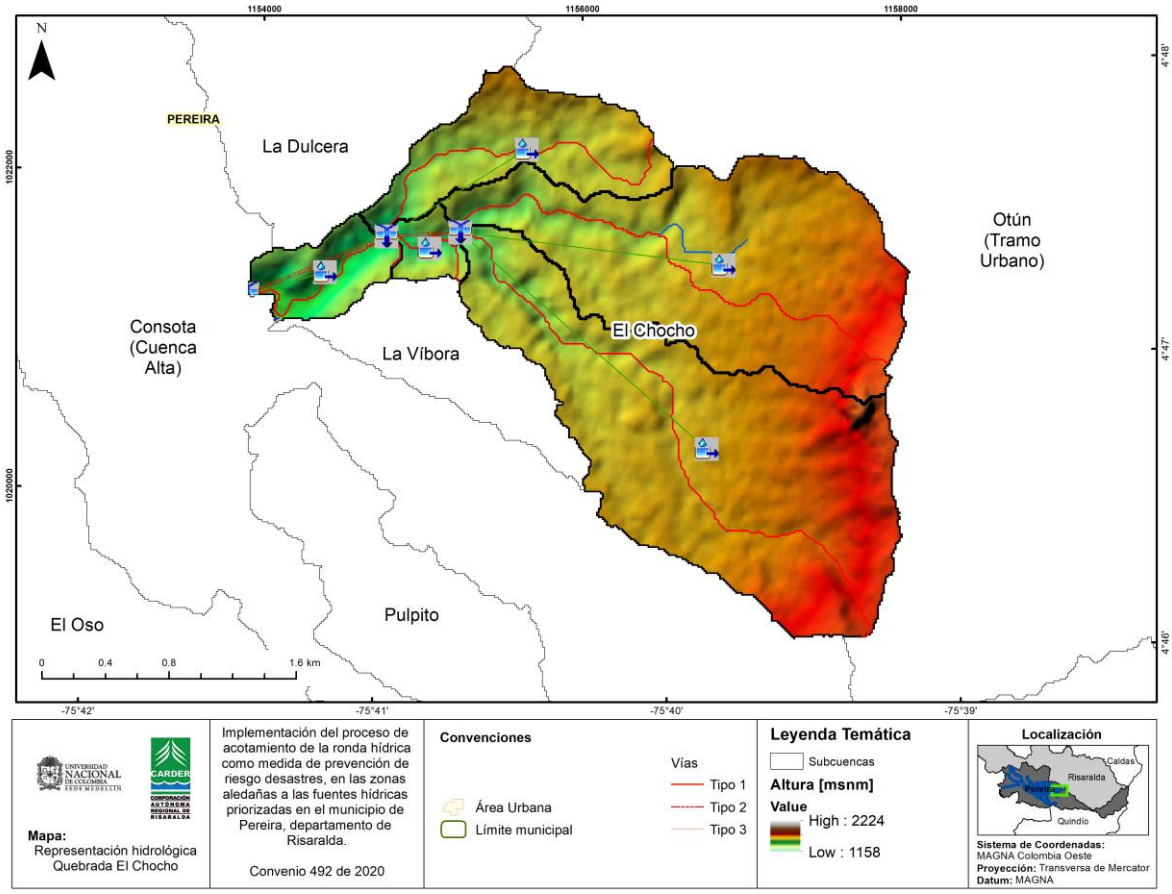


Figura 148. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Chocho.

- Quebrada Púlpito

Esta cuenca tiene un área de 1,85 kilómetros cuadrados, se encuentra en el centro de la cuenca alta del río Consotá, nace a 1.633 m.s.n.m. y confluye en el río Consotá a 1.422 m.s.n.m.

Para el modelo hidrológico en el software HEC-HMS no se subdividió la cuenca (Figura 150), se utilizó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 40 minutos (Figura 149) y se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 35.

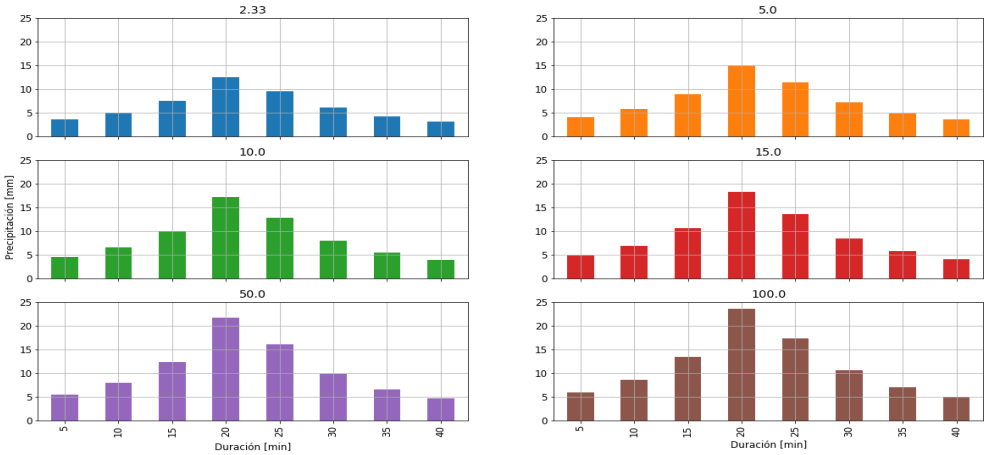


Figura 149. Hietograma de diseño quebrada Púlpito.

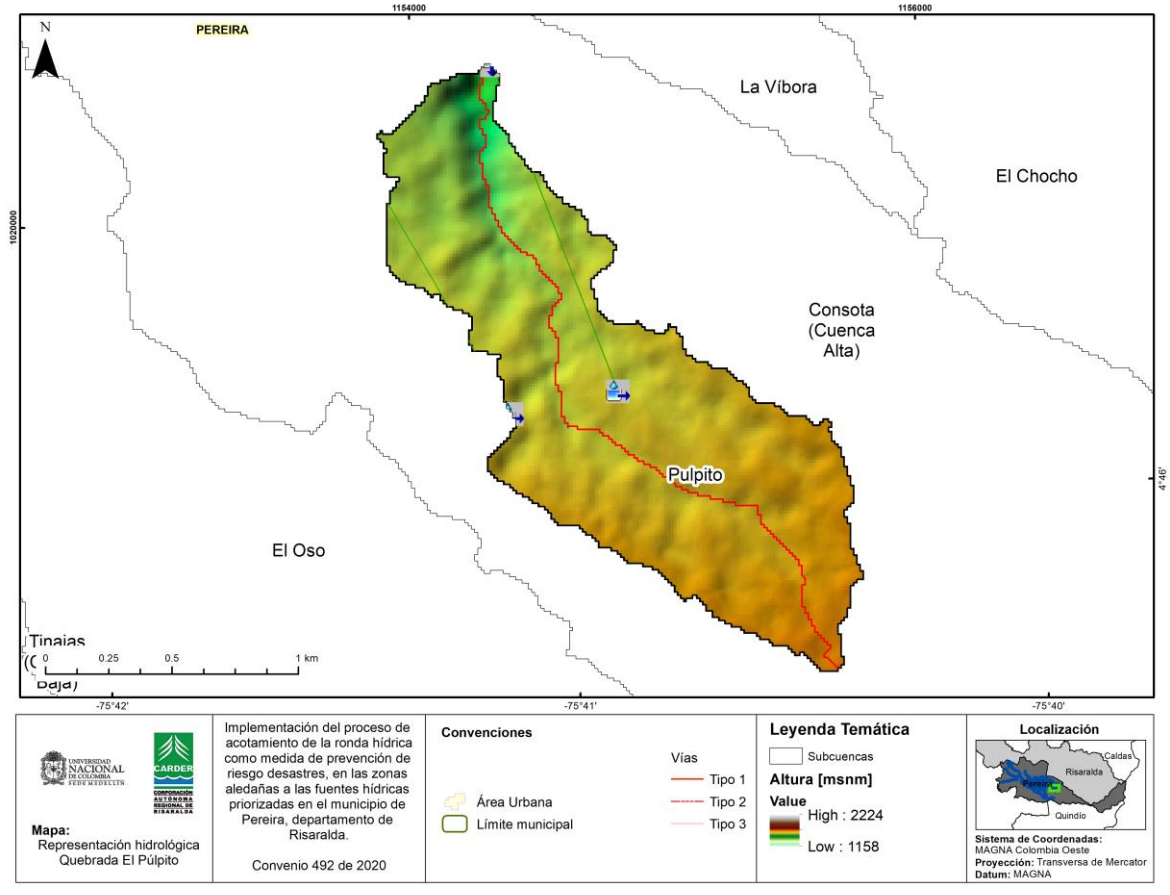


Figura 150. Representación hidrológica en HMS de la quebrada El Púlpito.

Tabla 35. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de interés para la quebrada El Púlpito

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	10,9
$T_{R\ 15}$	17,7
$T_{R\ 100}$	24,1

- Quebrada La Víbora

Esta cuenta tiene un área de 0,87 kilómetros cuadrados, se ubica en la parte central de la cuenca alta del río Consotá, nace en la cota 1.594 m.s.n.m. y descarga al río Consotá en la cota 1.402 m.s.n.m.

Para el modelo hidrológico en el software HEC-HMS no se subdividió la cuenca (Figura 152), se utilizó el hietograma de diseño para un tiempo de concentración de 20 minutos (Figura 151) y se hizo el análisis de caudales máximos para los periodos de retorno de 2,33, 15 y 100 años, los cuales se presentan en la Tabla 36.

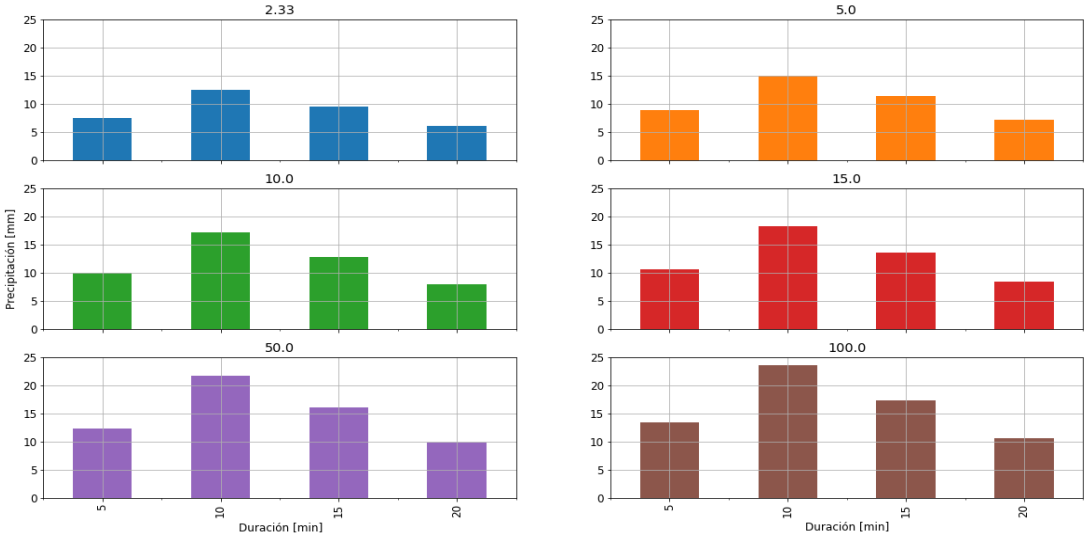


Figura 151. Hietograma de diseño quebrada La Víbora.

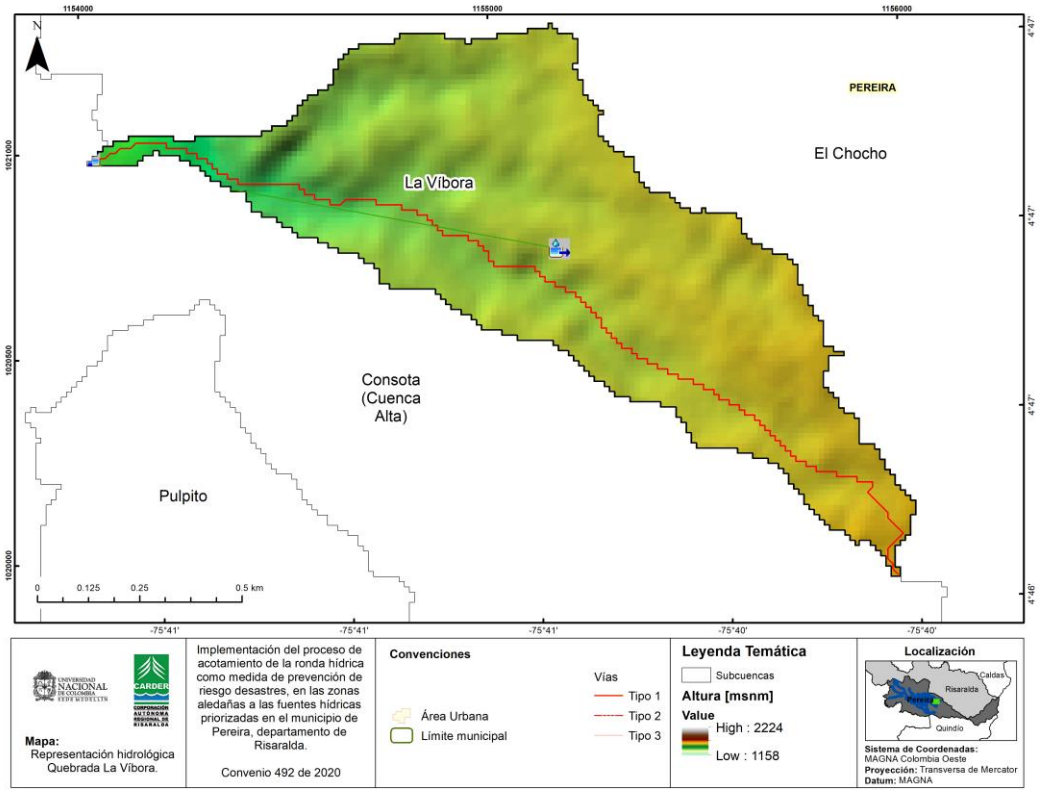


Figura 152. Representación hidrológica en HMS de la quebrada La Víbora.

Tabla 36. Caudales máximos asociados a los periodos de retorno de la quebrada La Víbora.

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m^3/s]
$T_{R\ 2.33}$	8,2
$T_{R\ 15}$	13,1
$T_{R\ 100}$	17,5

5.2.3.4.10 Río Otún (tramo urbano)

En la Figura 120 se observa el hietograma de diseño estimado a partir de bloques alternos para el río Otún, para los periodos de retorno $T_{R\ 2.33}$, $T_{R\ 10}$, T_{R100}. Se utilizó la IDF del aeropuerto Matecaña y el tiempo de concentración de Kirpich.

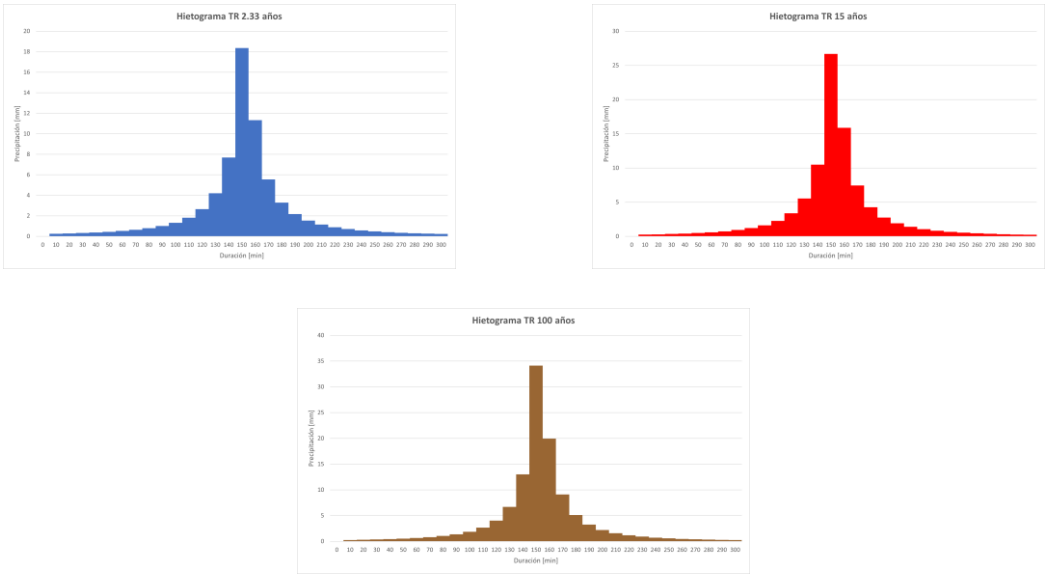


Figura 153. Hietograma de diseño río Otún

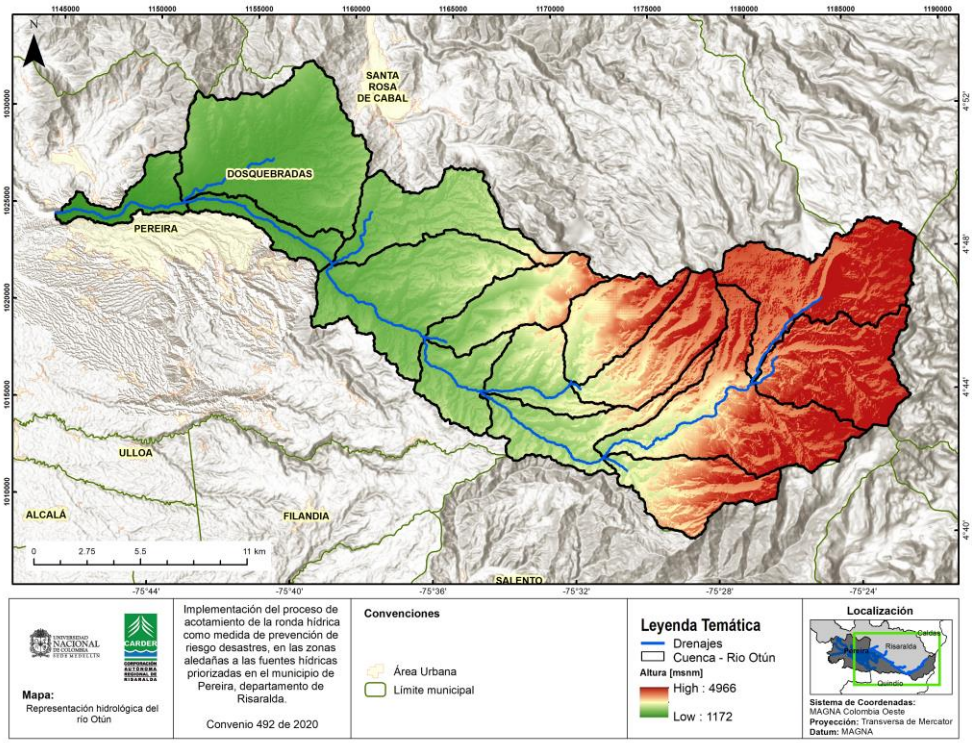


Figura 154. Representación hidrológica en HMS del río Otún.

De acuerdo con los resultados de los caudales medios en los puntos de referencia e interés, se estimó el valor de K_M en 12,59. Con este valor, el caudal asociado para el periodo de retorno de 2,33 años en el tramo de interés es de 278,6**m³/s** (Tabla 37).

Tabla 37. Caudales máximos asociados a periodos de retorno de interés para el río Otún.

PERIODO DE RETORNO T_R [años]	Q_{MAX} [m³/s]
$T_{R\ 2.33}$	278,6
$T_{R\ 15}$	615,4
$T_{R\ 100}$	1139,6

5.2.4 Modelación hidráulica TR 15 y 100 años

A continuación, se presentan los resultados de la modelación hidráulica para cada uno de los tramos en estudio. En el anexo 7 se presentan los modelos hidráulicos.

5.2.4.1 Quebrada Hato Viejo

La quebrada Hato Viejo se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,72 m/s. El mapa de velocidades se presenta en la Figura 155.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 38,63 metros, presenta un ancho máximo de 213,98 metros y un ancho mínimo de 6,65 metros. En la Figura 156 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

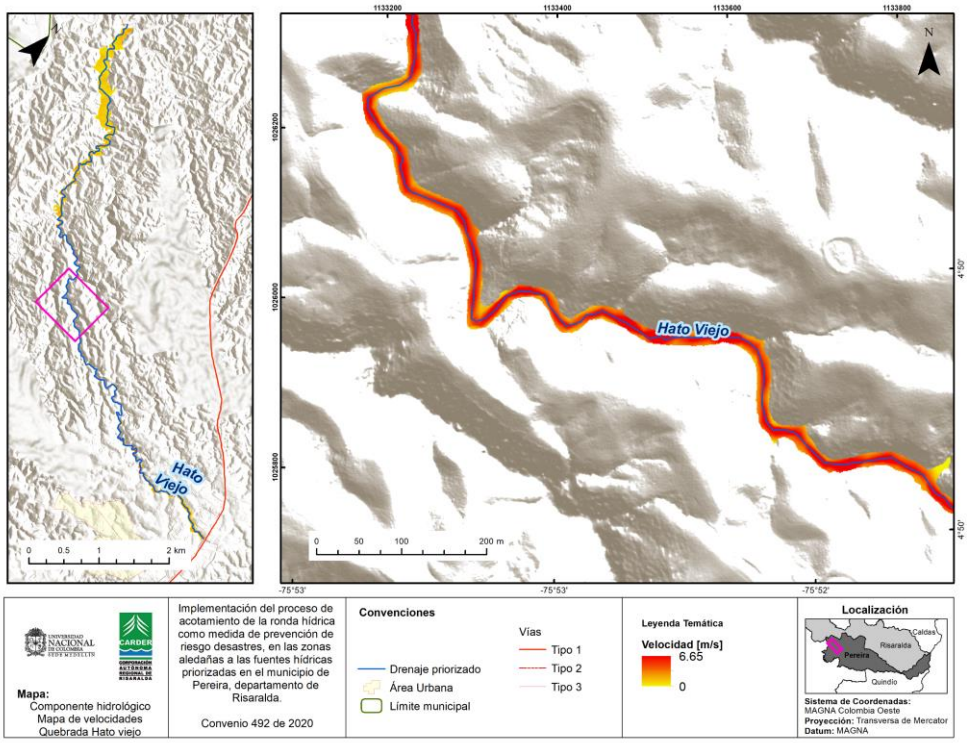


Figura 155. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada Hato viejo.

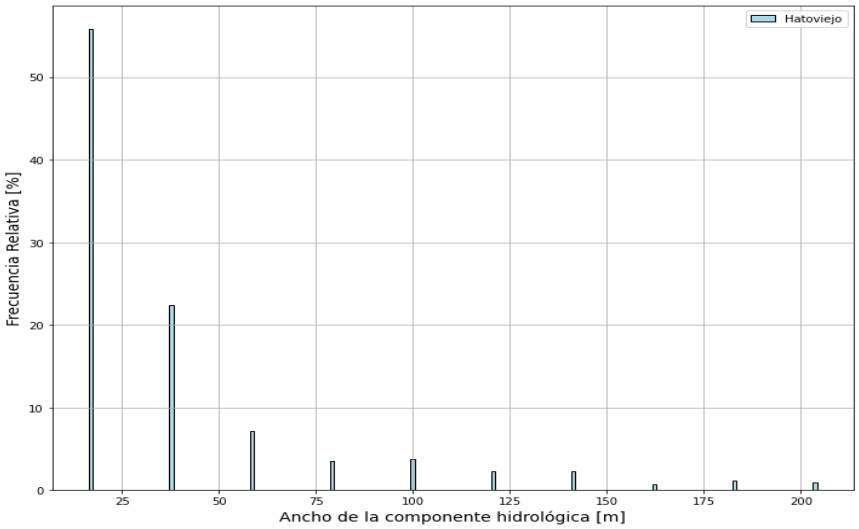


Figura 156. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada Hato viejo.

5.2.4.2 Quebrada Grande

5.2.4.2.1 Modelación Hidráulica Unidimensional (1D) quebrada Grande

Aguas abajo del tramo con modificaciones en el alineamiento del canal, la quebrada Grande se modeló unidimensionalmente con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,38 m/s. El mapa de velocidades se presenta en la Figura 157.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 58,43 metros, presenta un ancho máximo de 464,68 metros y un ancho mínimo de 8,29 metros. En la Figura 158 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

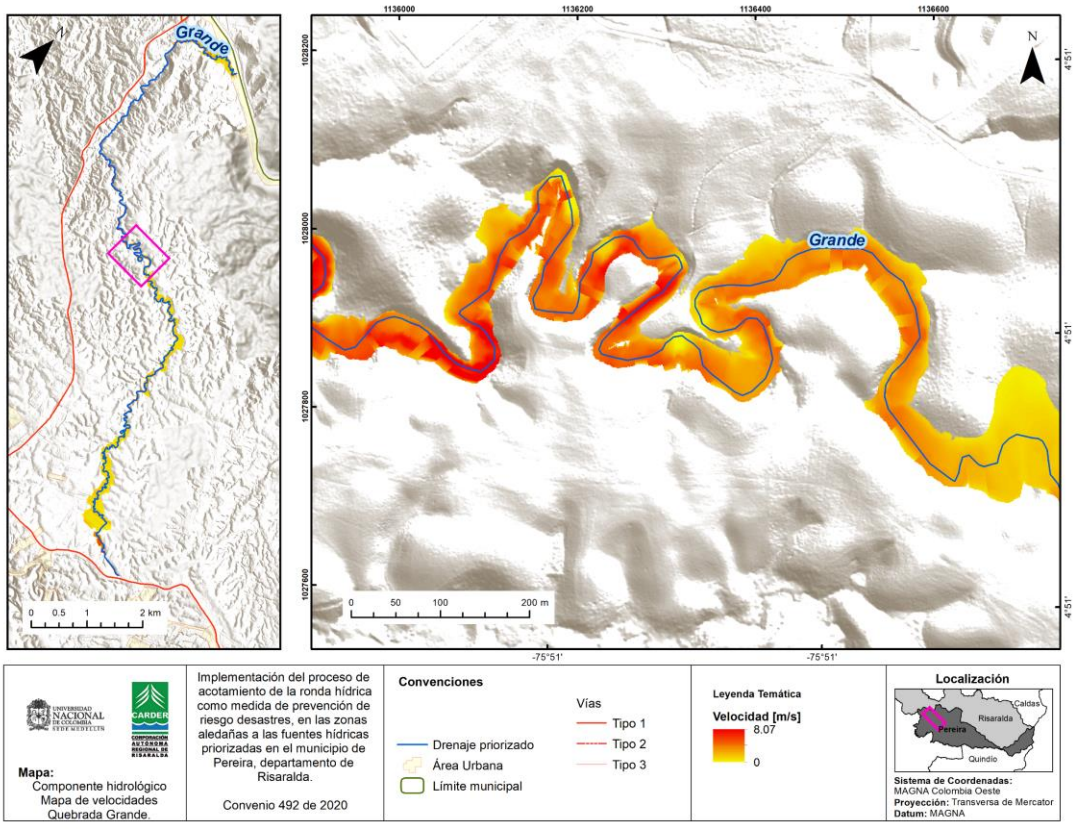


Figura 157. Mapa de velocidades de la Componente hidrológico de la quebrada Grande.

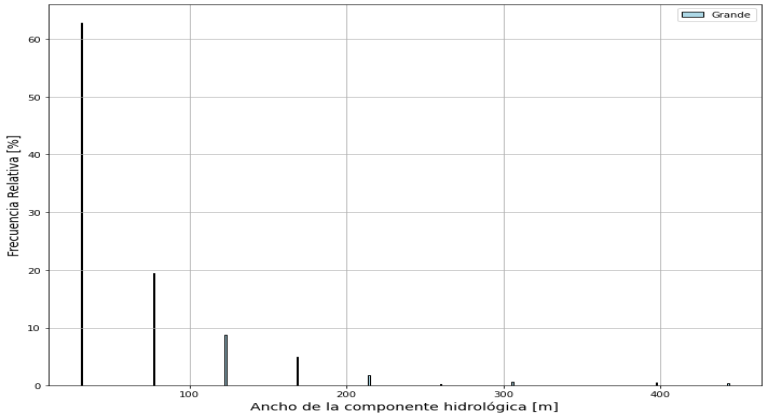


Figura 158. Histograma de la distribución de anchos de la Componente hidrológico de la quebrada Grande.

5.2.4.2.2 Modelación hidráulica bidimensional (2D) quebrada Grande

Se implementó modelo hidráulico bidimensional en IBER 2D en el tramo desde la cabecera de la quebrada Grande hasta el km 3+650 m. Este tramo se caracteriza por los cambios en el alineamiento del canal, producto de las intervenciones antrópicas; presencia de tuberías para encauzar la quebrada en el tramo de la cabecera, reducción de la movilidad lateral del canal, etc.

Dadas estas intervenciones que actúan como controles sobre el flujo natural de la quebrada, se realizó simulación del caudal con periodo de retorno de 100 años (167,30 m^3/s), permitiendo estimar la mancha de inundación con resultados distribuidos de la velocidad y la profundidad del flujo en las dos direcciones del espacio (promediado en vertical). Se utilizaron los resultados de la modelación hidráulica unidimensional para delimitar y acotar el área del modelo en IBERío

Teniendo en cuenta el ortofotomosaico del área del tramo, se asignó rugosidad variable en la llanura, principalmente para discretizarla de acuerdo a las coberturas del terreno. En la Tabla 38 se muestra el valor de rugosidad asignado en los tramos de modelación bidimensional de acuerdo con su cobertura.

Tabla 38. Cobertura de la tierra y valor de la rugosidad

Cobertura	n de Manning
Vegetación escasa	0,035
Pradera baja (pastos)	0,050

Cobertura	n de Manning
Suelo desnudo	0,023
Población rural (suelo rural)	0,032
Población urbana (suelo urbano)	0,080
Bosque (Guaduales)	0,120
Vegetación dispersa	0,080
Canal quebrada Grande	0,176
Vías	0,100
Industrias	0,100

Los resultados de las simulaciones del caudal con Tr de 100 años para este tramo en particular indican un área total inundada de 0,39 km^2. La profundidad media del flujo es de 1,12 m, con máximos de 5,70 m en el tramo inicial. La profundidad mínima es de 5 cm, dada la metodología empleada de remover los píxeles con profundidad inferior a este valor, con el fin de evitar resultados producto de imprecisiones verticales del método de levantamiento topográfico. En la Figura 159,se observa la extensión y la profundidad del flujo producto de la modelación bidimensional, además las zonas planas con procesos urbanísticos (ubicadas en el centro del tramo simulado) es en donde se extiende en mayor proporción lateral al cauce la inundación, y concuerda con las áreas en donde el canal presenta mayores restricciones de movilidad lateral.

Respecto a la velocidad del flujo, las mayores velocidades concuerdan con las zonas de mayor profundidad del flujo en el canal, específicamente al inicio del tramo simulado, con máximos de 9,20 m/s y una media de 1,10 m/s. Es importante indicar que en el tramo alto se da un represamiento del flujo, producto de la insuficiencia hidráulica de la tubería ubicada en el sector sur (específicamente en las canchas de entrenamiento de fútbol), lo que además provoca la extensión de la inundación sobre la zona oeste del tramo. La distribución espacial de la velocidad del flujo se muestra en la Figura 160.

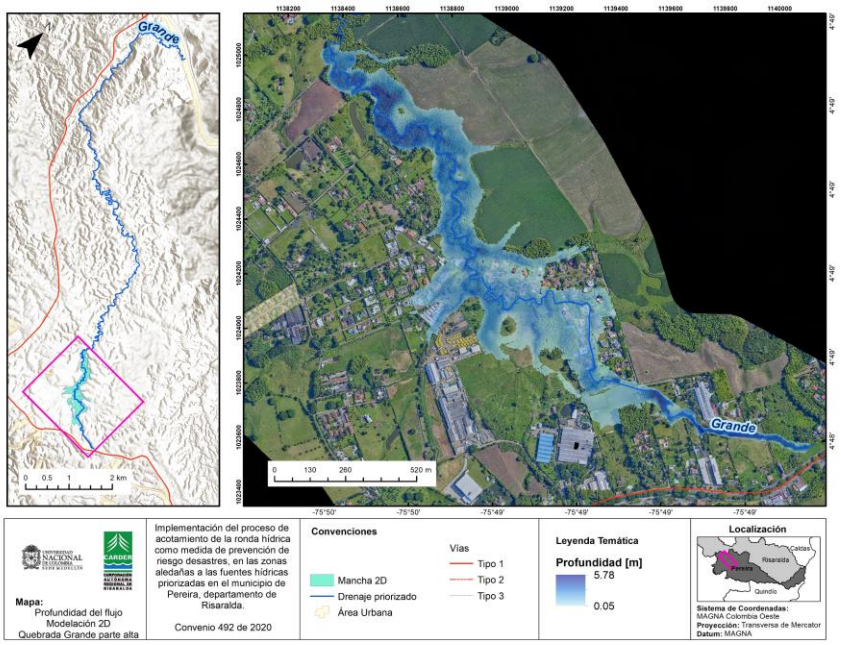


Figura 159. Profundidad del flujo en la parte alta de la quebrada Grande.

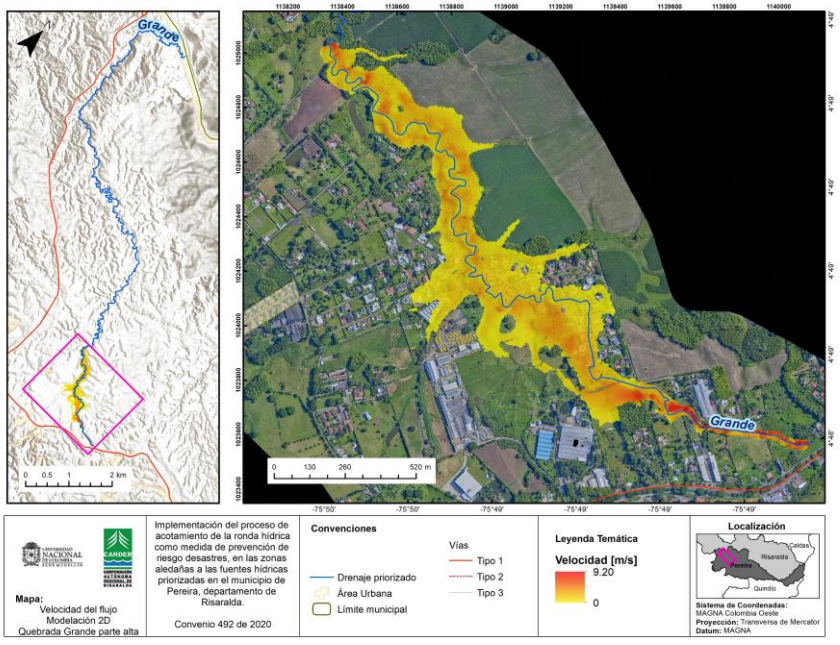


Figura 160. Velocidad del flujo en la parte alta de la quebrada Grande.

5.2.4.3 Quebrada Leticia (Caimalito)

5.2.4.3.1 Modelación Hidráulica Unidimensional (1D)

La quebrada La Leticia se modeló con un periodo de retorno de 100 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,79 m/s. En la Figura 161 se presenta el mapa de velocidades

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 103,82 metros, presenta un ancho máximo de 651,23 metros y un ancho mínimo de 5,99 metros. En la Figura 162 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

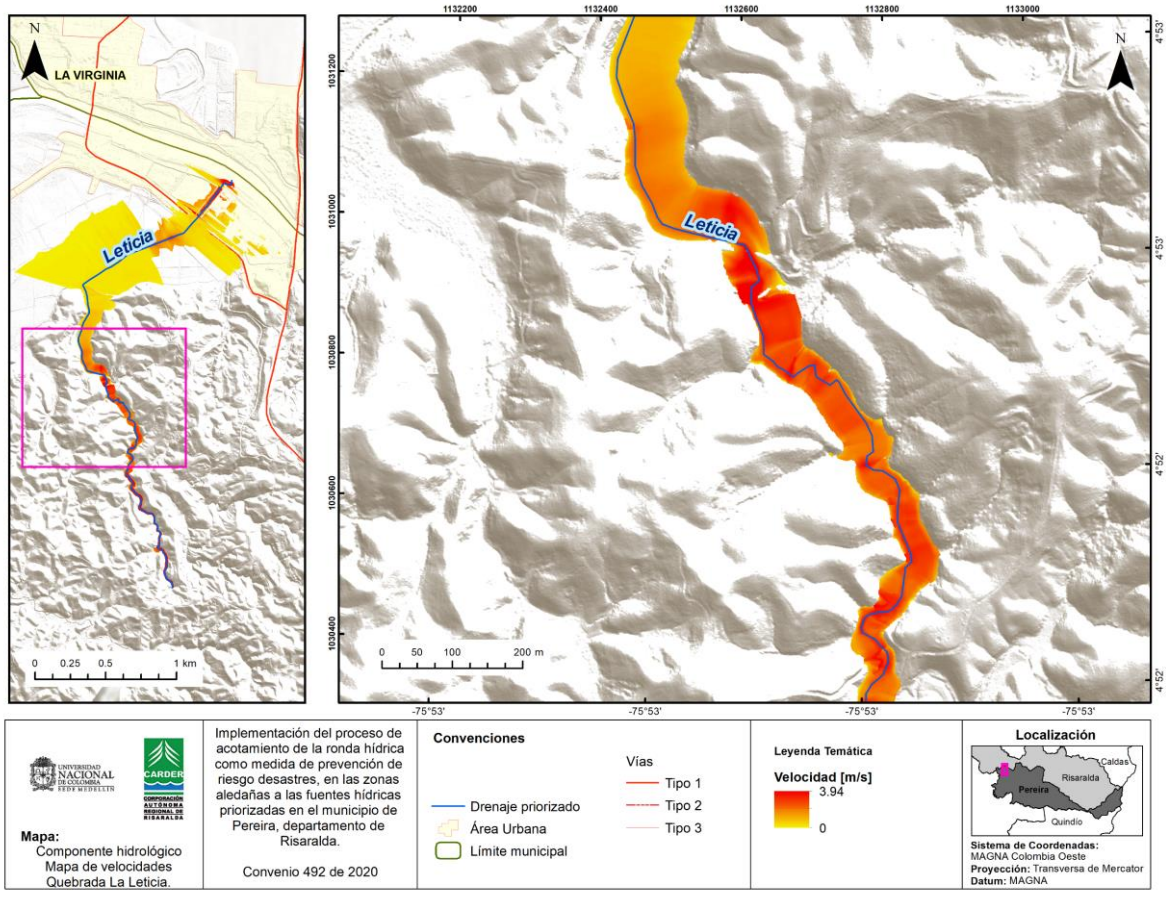


Figura 161. Mapa de velocidades de la Componente hidrológico de la quebrada La Leticia.

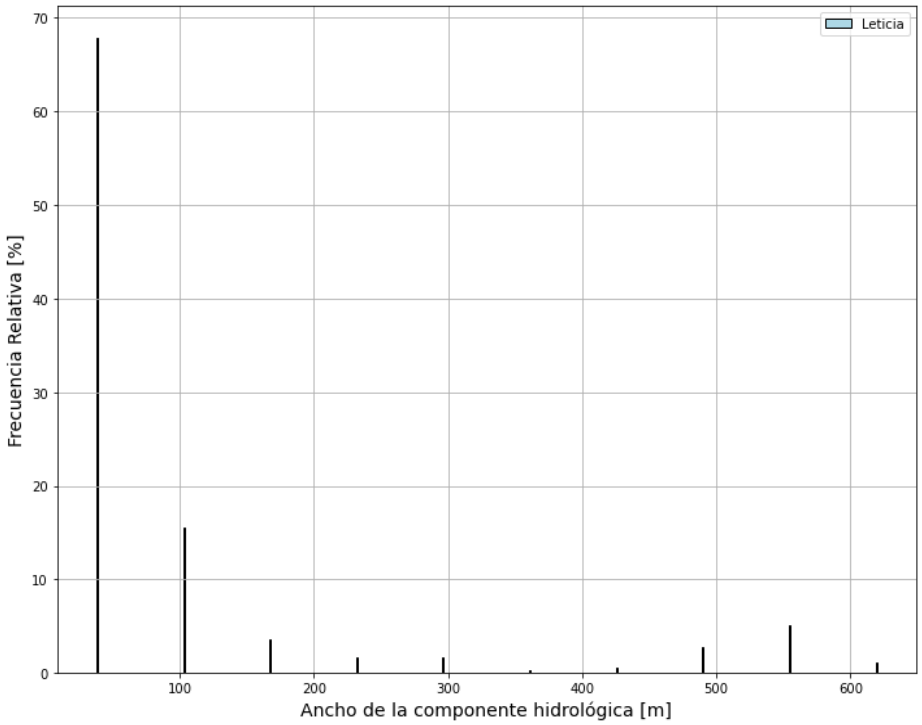


Figura 162. Histograma de la distribución de anchos de la Componente hidrológico de la quebrada La Leticia.

5.2.4.3.2 Modelación hidráulica bidimensional (2D)

Se implementó modelo hidráulico bidimensional en IBER 2D en la parte baja de la quebrada La Leticia, con el objetivo principal de conocer el comportamiento del flujo en la llanura aluvial que comparte la quebrada La Leticia con el río Cauca cerca de su desembocadura y además para estimar cómo se da el proceso de extensión de la inundación dada la presencia del área urbanizada de Caimalito y la presencia del Box Culvert en este punto urbanizado.

El tramo corresponde a la parte baja de la cuenca antes de su desembocadura en el río Cauca, la longitud simulada del cauce es de 1 km +937 m. La característica principal de esta zona es su relativa baja pendiente al ser una llanura aluvial y la presencia de humedales en la zona donde inicia la llanura, asociado principalmente al cambio de pendiente. El caudal simulado corresponde al Tr de 100 años (65,40 m^3/s) para la quebrada Caimalito, considerando un control en la descarga al río Cauca, correspondiente al nivel

que tendría el río Cauca en una creciente de 15 años de periodo de retorno, considerando la baja probabilidad de concurrencia de un periodo de retorno de 100 años en ambos cuerpos de agua.

El área total inundada en el tramo modelado en dos dimensiones es de 1,11 km^2. La profundidad media del flujo es de 1,37 m y las mayores profundidades se dan en la zona de humedal y en la entrada del box culvert del tramo urbano, alcanzando profundidades de hasta 4,37 m. En la Figura 163 se puede identificar la distribución espacial de la profundidad del flujo en el área simulada, se observa el represamiento del mismo en la entrada del box culvert y por tanto la acumulación del flujo en esta zona, incrementando el calado. Lo anterior, genera procesos de desborde sobre las márgenes, específicamente sobre la margen derecha del tramo. En la zona Noroeste del tramo se inunda producto del represamiento por el nivel base de entrega de aguas al río Cauca, el cual impide la entrega total de flujo generando procesos de inundación u ocupación de la margen derecha.

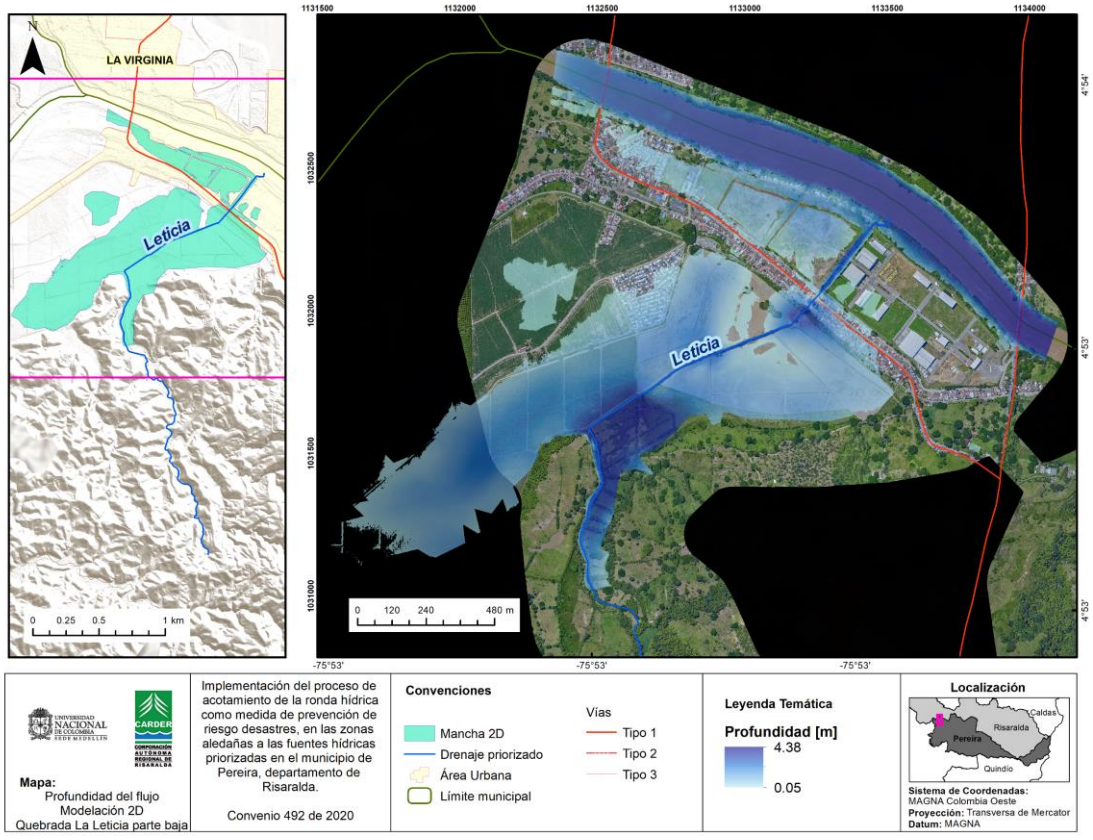


Figura 163. Componente hidrológico resultado de la modelación 2D en la parte baja de la quebrada La Leticia.

La velocidad media del flujo en el tramo simulado es de 0,21 m/s, lo cual corresponde a una inundación lenta y se considera adecuada, teniendo en cuenta que la zona es de baja pendiente al ser una llanura aluvial. Al inicio del tramo simulado se presentan las mayores velocidades, con máximo de 9 m/s en la zona encañonada, al llegar a la llanura aluvial las velocidades del flujo bajan drásticamente especialmente cuando alcanza la zona de almacenamiento ocupada por el humedal, que amortigua la energía cinética del flujo. En la Figura 164 se muestra el mapa de velocidades de la cuenca baja de la quebrada La Leticia.

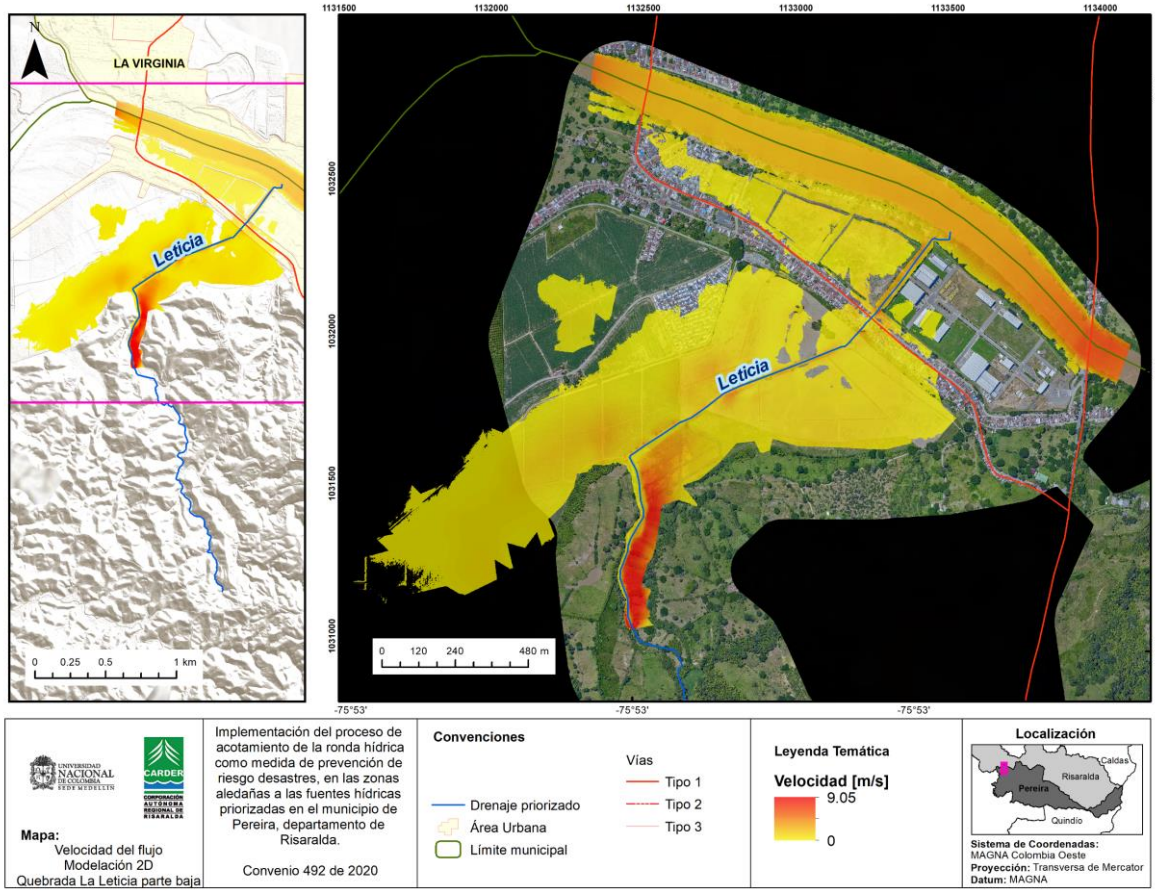


Figura 164. Velocidad del flujo en la parte alta de la quebrada La Leticia.

5.2.4.4 Quebrada El Caucho (cuenca baja y alta)

5.2.4.4.1 Modelación Hidráulica Unidimensional (1D)

- Cauce principal, quebrada El Caucho

La quebrada El Caucho se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 2,08 m/s. En la Figura 165 se presenta el mapa de velocidades.

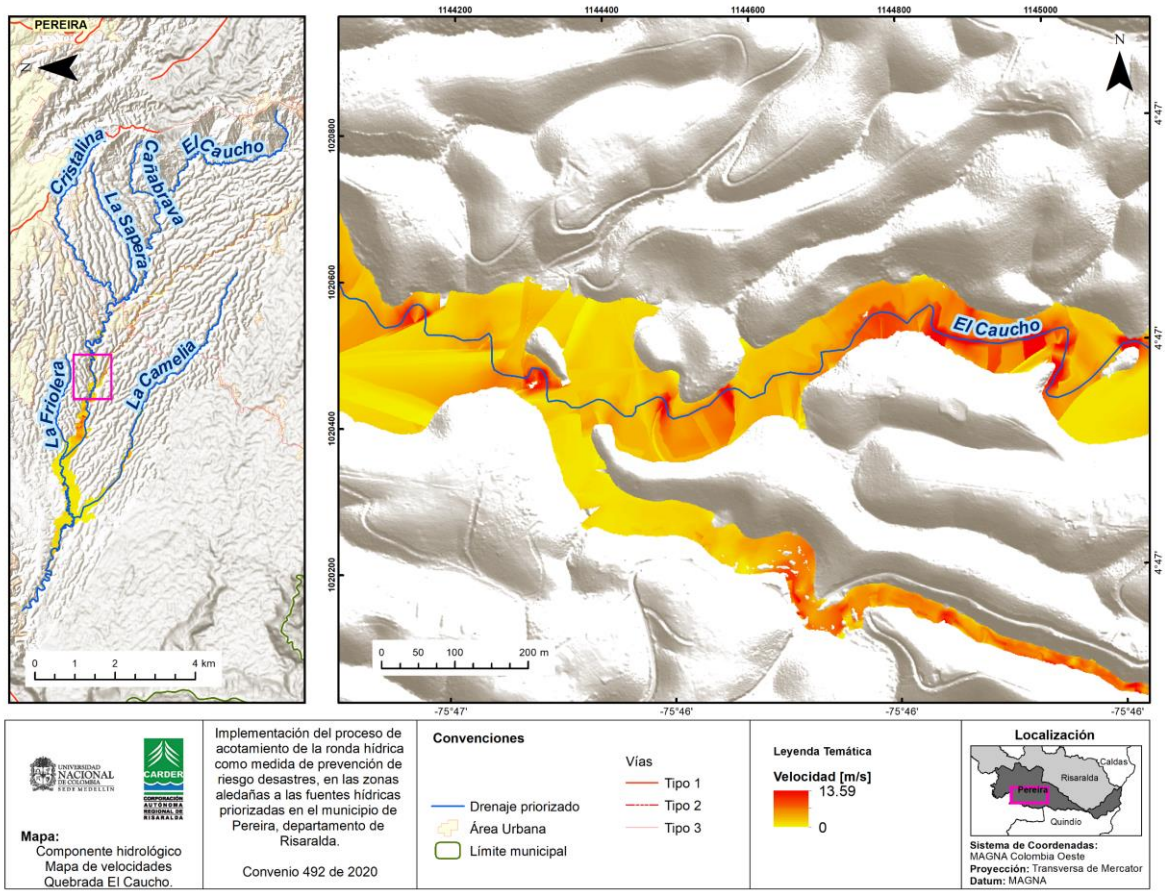


Figura 165. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Caucho.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 97,76 metros, presenta un ancho máximo de 578,20 metros y un ancho mínimo de 10.08 metros. En la Figura 166 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

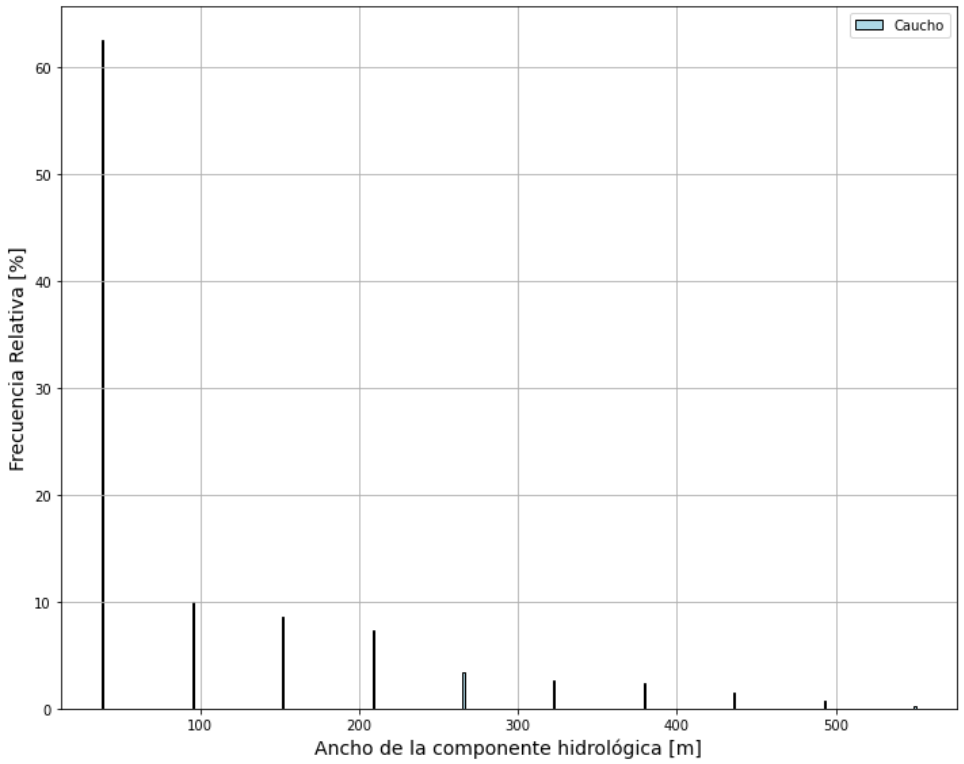


Figura 166. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Caucho.

- Quebrada La Camelia

La quebrada La Camelia se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,34 m/s. En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 58,99 metros, presenta un ancho máximo de 428,57 metros y un ancho mínimo de 6,18 metros.

- Quebrada La Friolera

La quebrada La Friolera se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,96 m/s. En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 35,00 metros, presenta un ancho máximo de 184,58 metros y un ancho mínimo de 3,83 metros.

- Quebrada Cristalina

La quebrada Cristalina se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,76 m/s. En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 12,88 metros, presenta un ancho máximo de 54,10 metros y un ancho mínimo de 4,01 metros.

- Afluente suroriental del Caucho

El afluente suroriental del Caucho se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,15 m/s. En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 16,46 metros, presenta un ancho máximo de 88,02 metros y un ancho mínimo de 4,91 metros.

- Quebrada Cañabrava

La quebrada Cañabrava se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,81 m/s. En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 16,83 metros, presenta un ancho máximo de 50,75 metros y un ancho mínimo de 3,52 metros.

- Quebrada La Sapera

La quebrada La Sapera se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,28 m/s. En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 19,28 metros, presenta un ancho máximo de 65,36 metros y un ancho mínimo de 3,35 metros.

5.2.4.4.2 Modelación hidráulica bidimensional (2D) quebrada Caucho

Se implementó modelo hidráulico bidimensional en IBER 2D en la parte baja de la quebrada Caucho, con el objetivo principal de conocer el comportamiento del flujo en esta zona en la que se presenta un ensanchamiento de la llanura aluvial, una baja pendiente y la presencia de vegetación de guaduas alrededor del cauce.

El caudal simulado corresponde al Tr de 15 años generando un área total inundada de 1,38 km^2, en la Figura 167 se observa la extensión sobre el territorio de la inundación, la ocupación se da principalmente sobre toda la llanura colinada. Es decir, se presenta ocupación casi en la totalidad de la llanura con profundidad media del flujo de 1,07 m y con máximos de 4,40 m que se observan al final del tramo modelado en donde la quebrada

vuelve a encañonarse, así mismo al inicio del tramo se presentan calados por encima de la media.

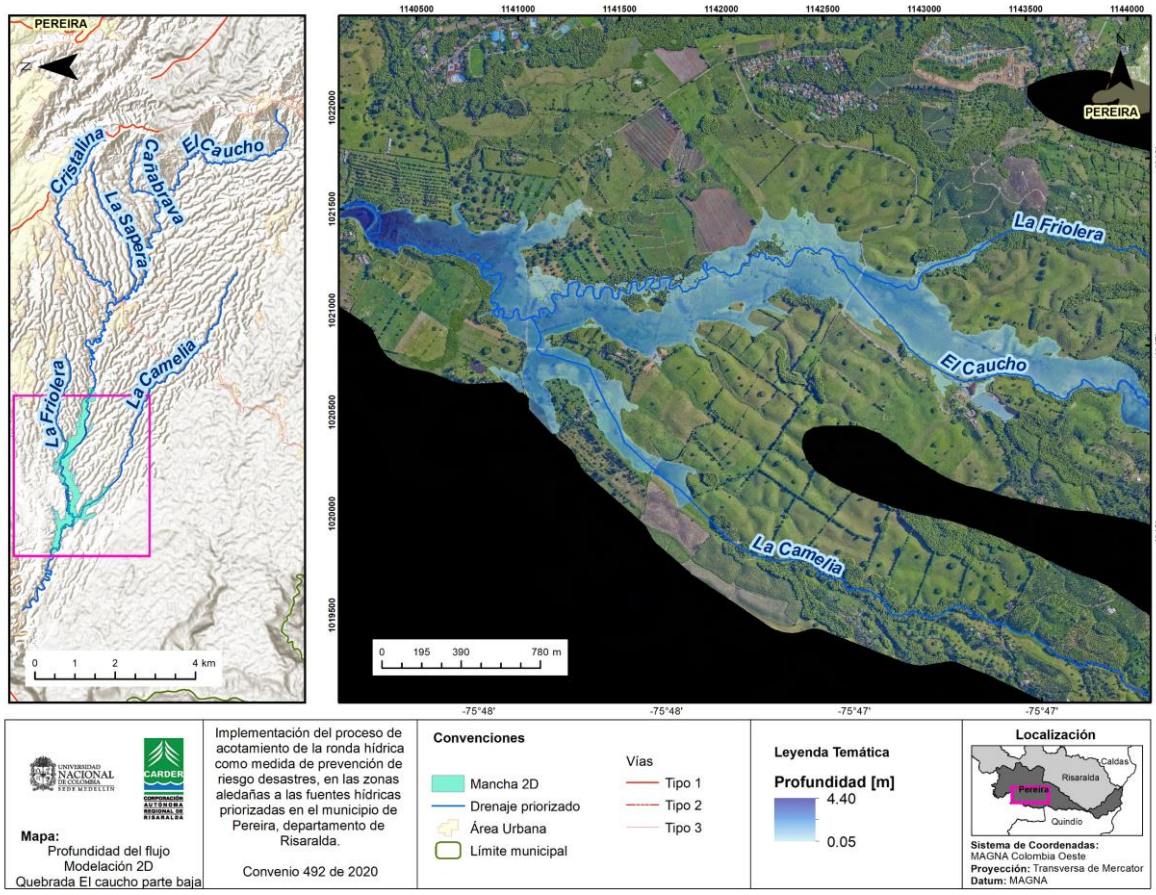


Figura 167. Componente hidrológico resultado de la modelación 2D para la parte baja de la quebrada El Caucho.

La velocidad media del flujo en el tramo simulado es de 0,88 m/s, lo cual corresponde a una inundación lenta y se considera adecuada, teniendo en cuenta que la zona es de baja pendiente al ser una llanura aluvial. Al inicio y al final del tramo simulado se presentan las mayores velocidades, con máximos de 5.44 m/s, y en la medida que el flujo se desplaza aguas abajo en la llanura, las velocidades disminuyen. En la Figura 168 se muestra el mapa de velocidades de la cuenca baja de la quebrada Caucho.

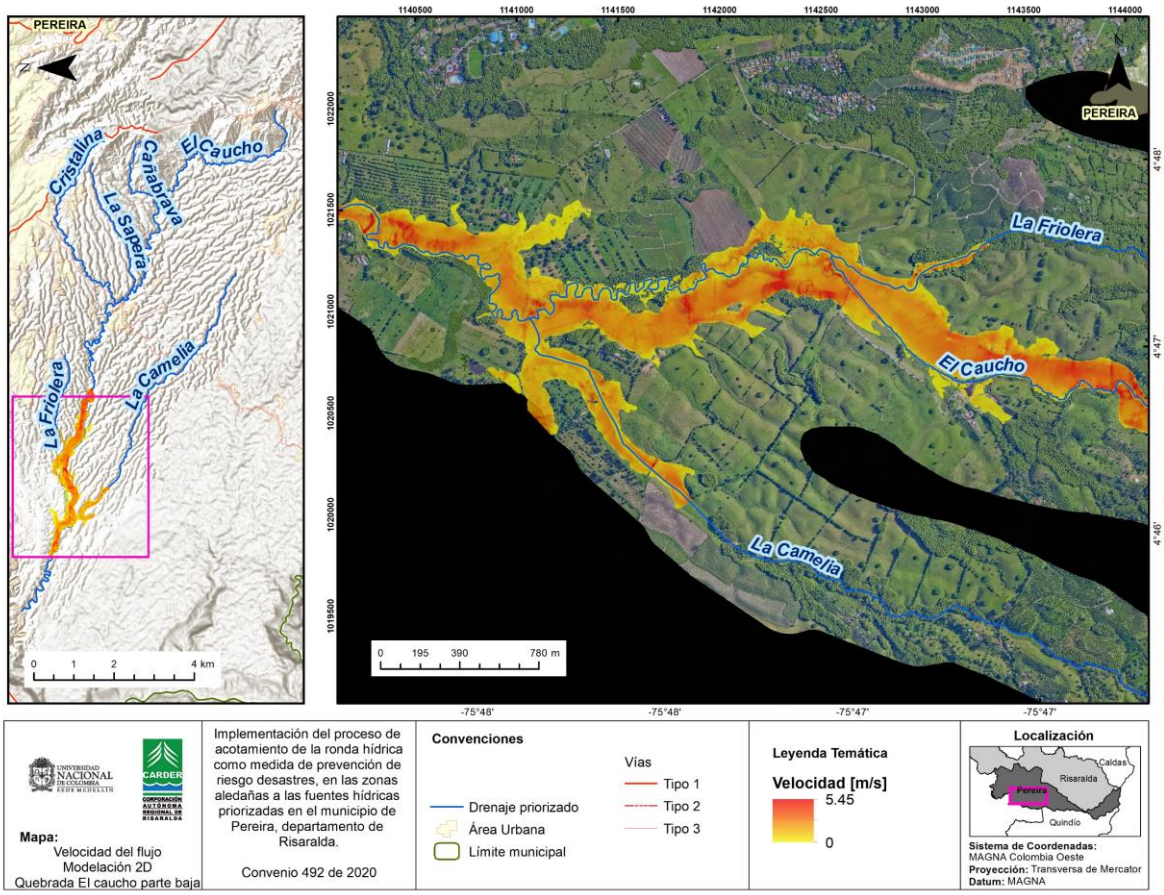


Figura 168. Velocidades componente hidrológico resultado de la modelación 2D en la parte baja de la quebrada El Caucho.

5.2.4.5 Quebrada El Piñal

La quebrada El Piñal se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,55 m/s. El mapa de velocidades se presenta en la Figura 169.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 33,21 metros, presenta un ancho máximo de 102,10 metros y un ancho mínimo de 5,14 metros. En la Figura 170 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

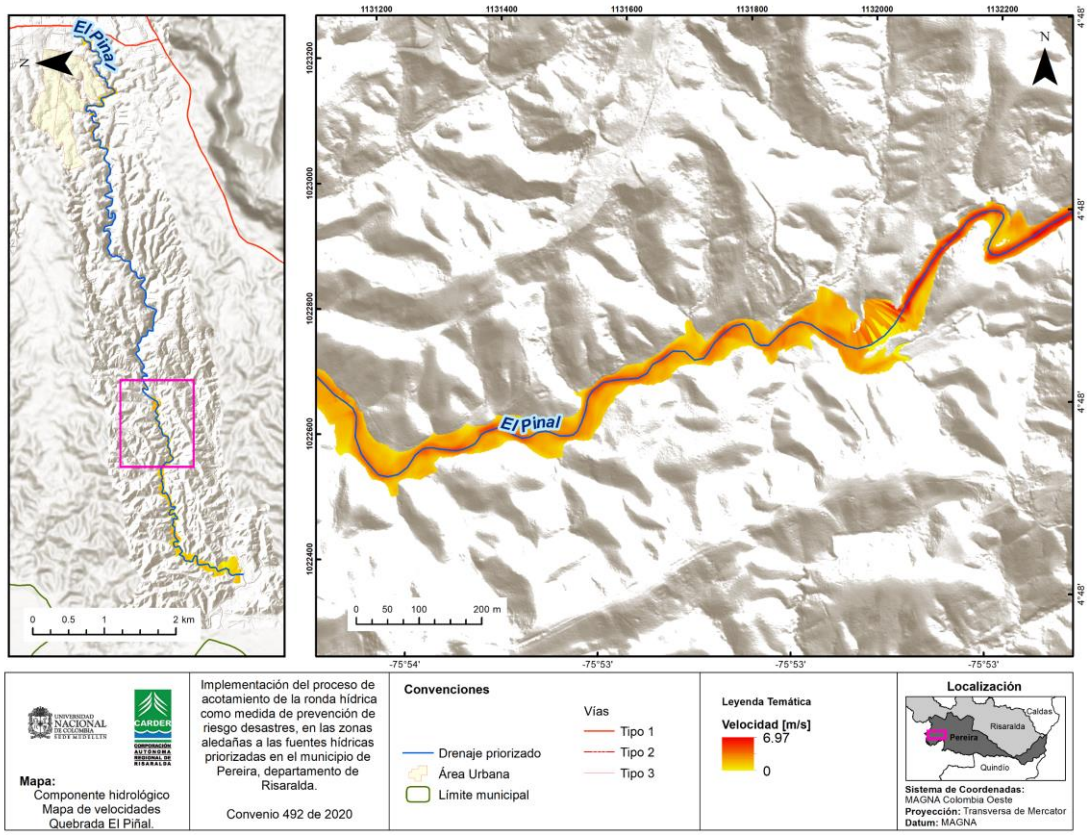


Figura 169. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Piñal.

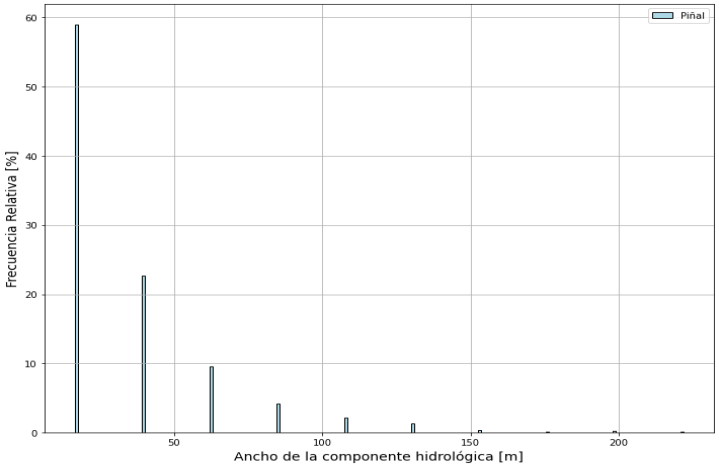


Figura 170. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Piñal.

5.2.4.6 Quebrada Cauquillo

La quebrada Cauquillo se modeló con un periodo de retorno de 100 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,71 m/s. El mapa de velocidades se presenta en la Figura 171.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 25,53 metros, presenta un ancho máximo de 62,62 metros y un ancho mínimo de 6,93 metros. En la Figura 172 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

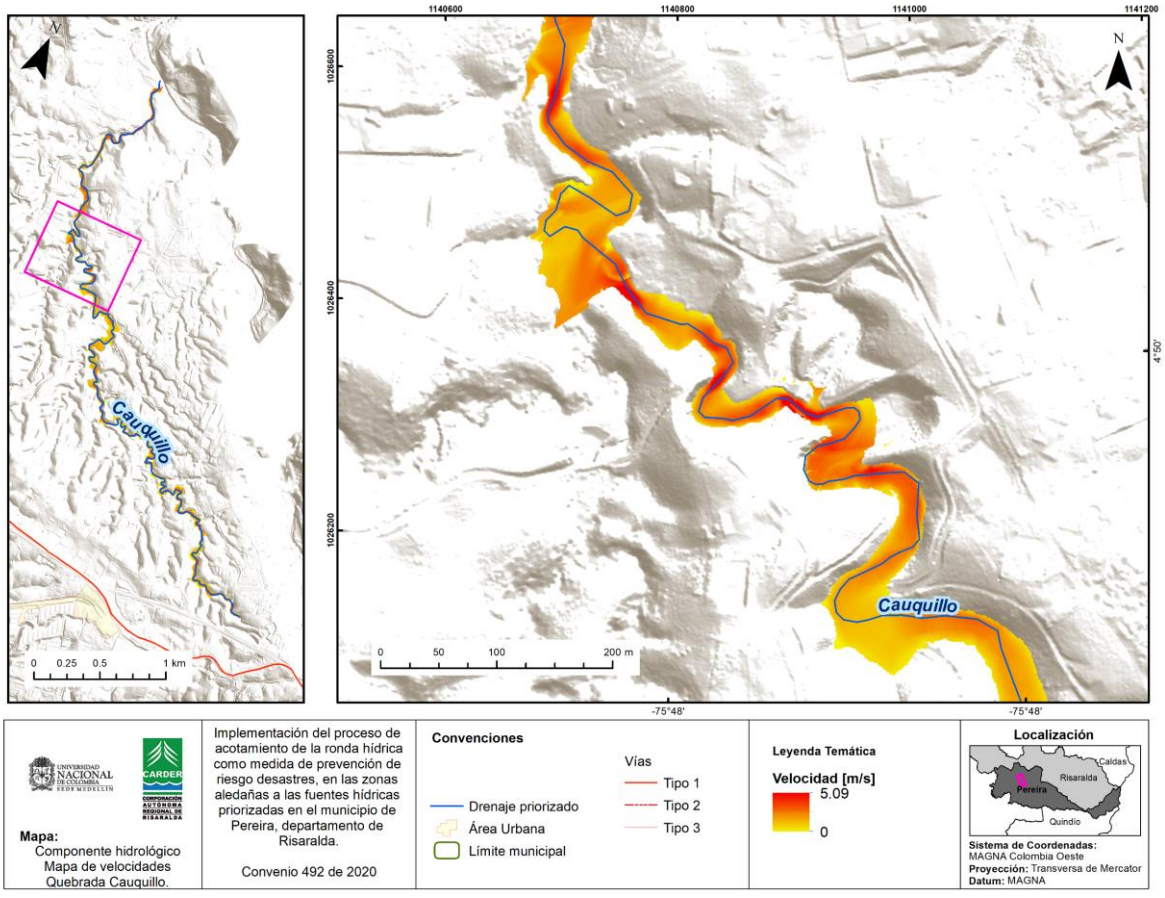


Figura 171. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada Cauquillo.

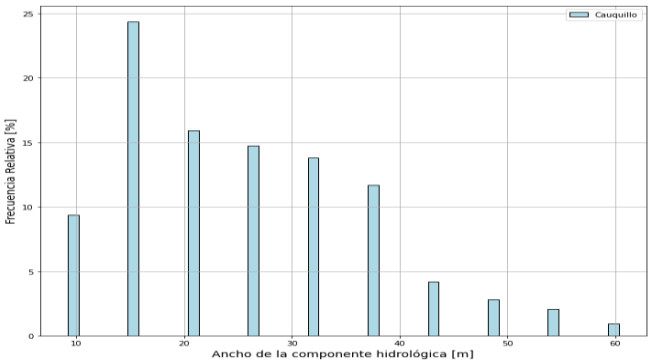


Figura 172. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada Cauquillo.

5.2.4.7 Río Cestillal (cuenca media)

El río Cestillal se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 2,21 m/s. En la Figura 173 se presenta el mapa de velocidades

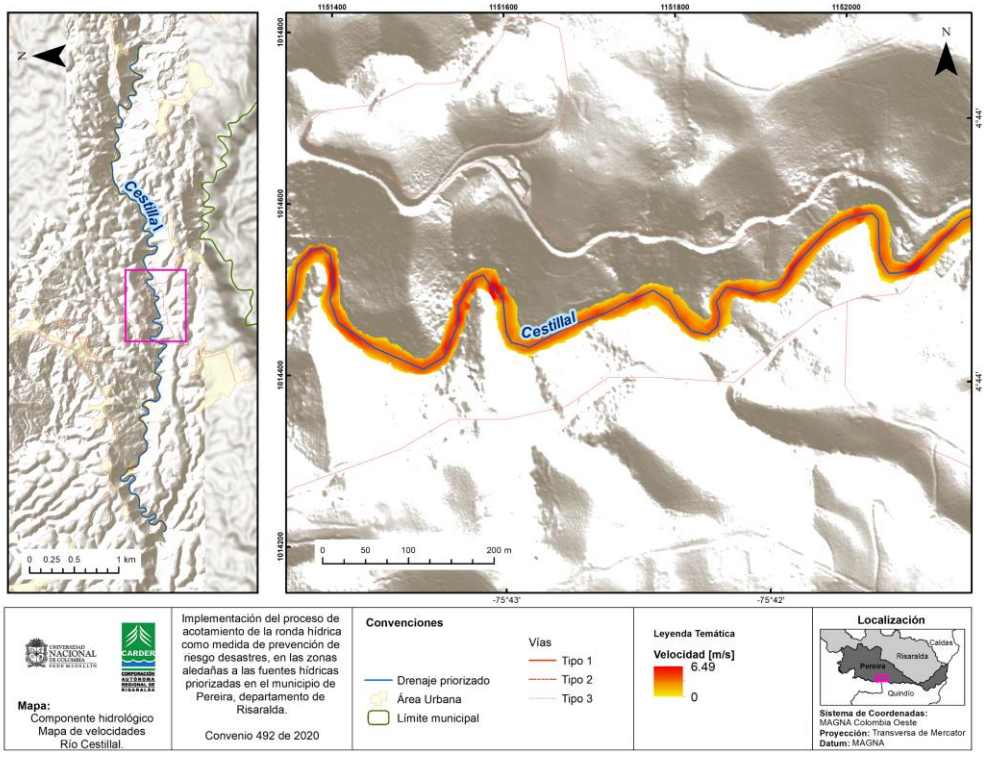


Figura 173. Mapa de velocidades del componente hidrológico del río Cestillal.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno el río Cestillal tiene un ancho promedio de 19,71 metros, presenta un ancho máximo de 47,85 metros y un ancho mínimo de 10,38 metros. En la Figura 174 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

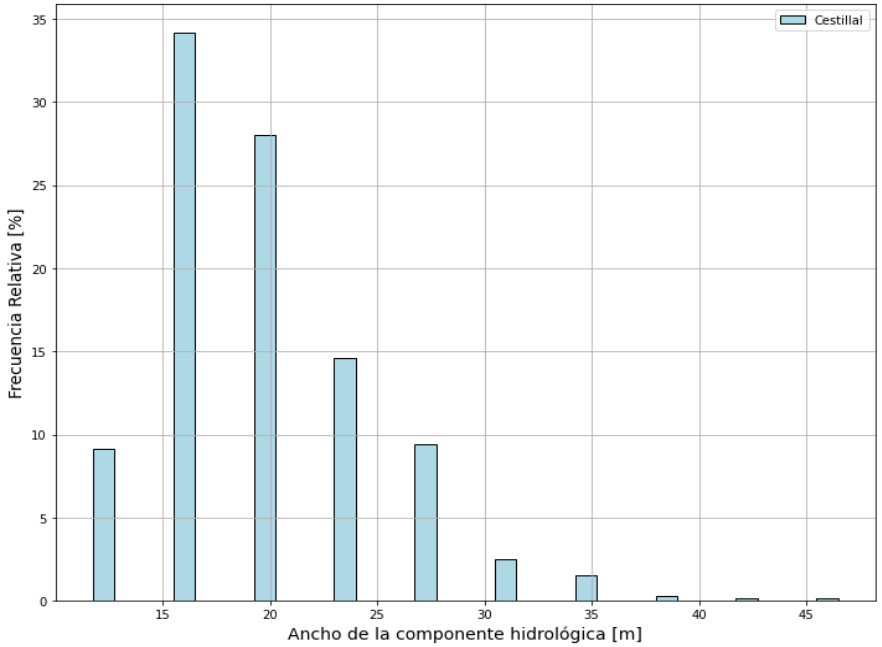


Figura 174. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico del río Cestillal.

5.2.4.8 Río Consotá

5.2.4.8.1 Modelación Hidráulica Unidimensional (1D)

- Corriente principal, río Consotá

El río Consotá se modeló unidimensionalmente en 2 tramos principales, ambos con un periodo de retorno de 100 años. En la parte alta se obtuvo una velocidad promedio de 2,46 m/s y en la parte baja se obtuvo una velocidad promedio de 2,79 m/s. En la Figura 175 se presenta el mapa de velocidades de la parte alta y en la Figura 176, el de la parte baja.

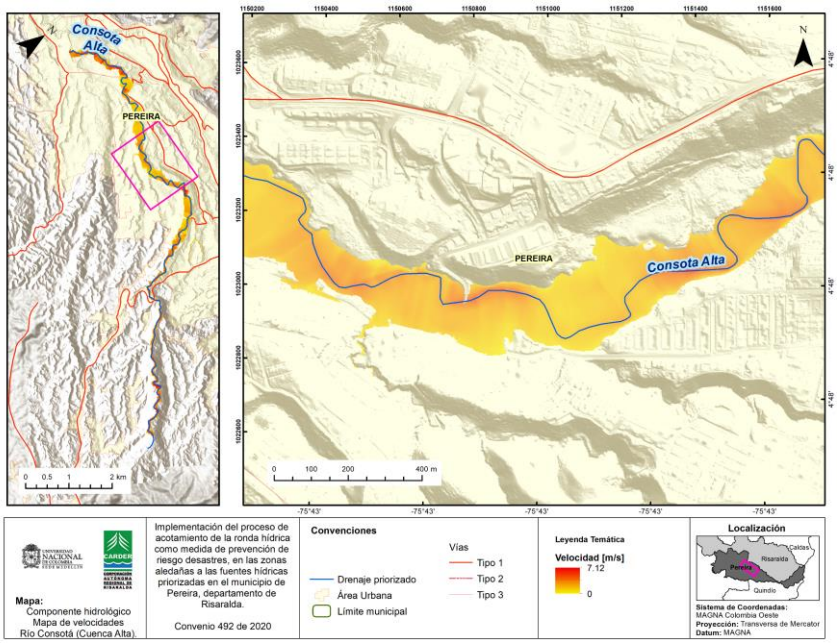


Figura 175. Mapa de velocidades del componente hidrológico del río Consotá cuenca alta.

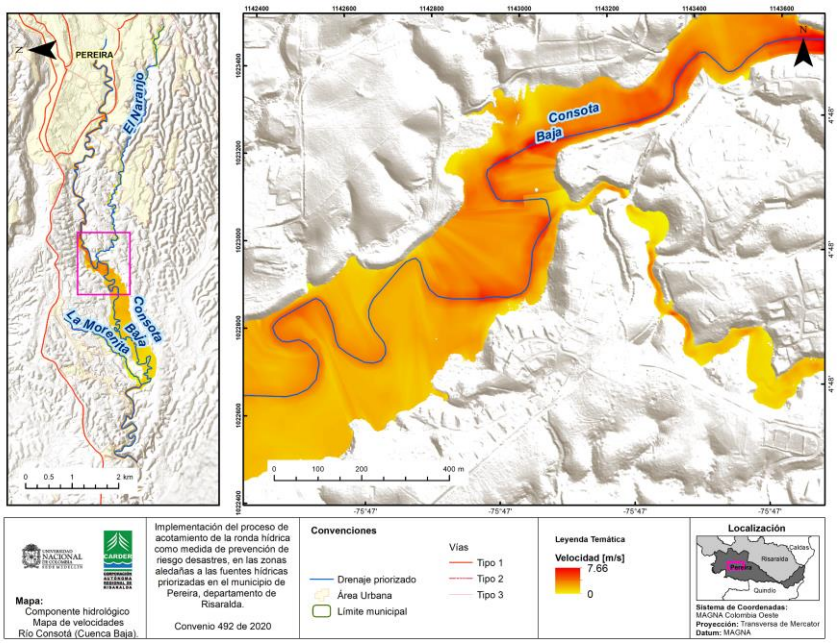


Figura 176. Mapa de velocidades del componente hidrológico del río Consotá cuenca baja.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno en la parte alta el río tiene un ancho promedio de 95,96 metros, presenta un ancho máximo de 278,39 metros y un ancho mínimo de 22,26 metros. En la Figura 177 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo de la parte alta del río Consotá.

Por su parte, en la parte baja el río tiene un ancho promedio de 105,81 metros, presenta un ancho máximo de 468,23 metros y un ancho mínimo de 18,43 metros. En la Figura 178 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo de la parte baja del río Consotá.

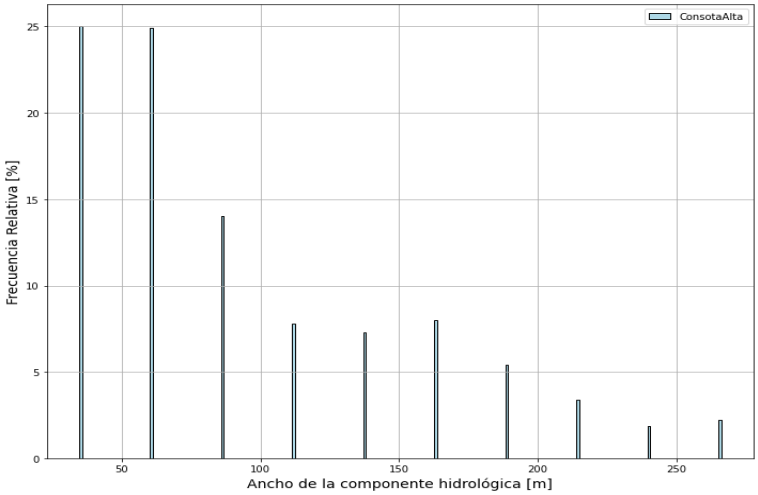


Figura 177. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico del río Consotá cuenca alta.

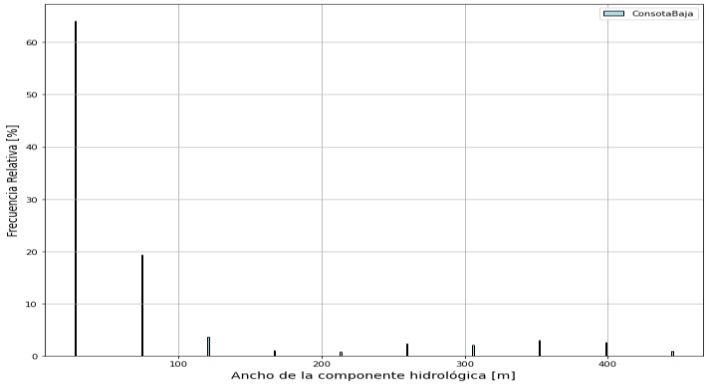


Figura 178. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico del río Consotá cuenca baja.

- Quebrada La Morenita

La quebrada La Morenita se modeló unidimensionalmente con un periodo de retorno de 100 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,48 m/s. En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 50,61 metros, presenta un ancho máximo de 119,99 metros y un ancho mínimo de 6,73 metros.

- Quebrada El Naranjo

La quebrada El Naranjo se modeló unidimensionalmente con un periodo de retorno de 100 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 0,48 m/s. En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 29,97 metros, presenta un ancho máximo de 87,85 metros y un ancho mínimo de 4,70 metros.

5.2.4.8.2 Modelación Hidráulica bidimensional (2D) en la cuenca del río Consotá

Se implementó modelo hidráulico bidimensional en IBER 2D en la parte baja y media del río Consotá, con el objetivo principal de conocer el comportamiento del flujo en esta zona en la que existe una alta concentración urbanística y la presencia de varias obras hidráulicas.

El caudal simulado corresponde al Tr de 100 años generando un área total inundada de 1.51 km^2. En la Figura 179 se observa la extensión sobre el territorio de la inundación, con profundidad media del flujo de 3,37 m con máximos de 11,62 m, este último se observa en algunas zonas, específicamente antes de las obras de cruce (puentes) y que actúan represando el flujo aumentando los calados.

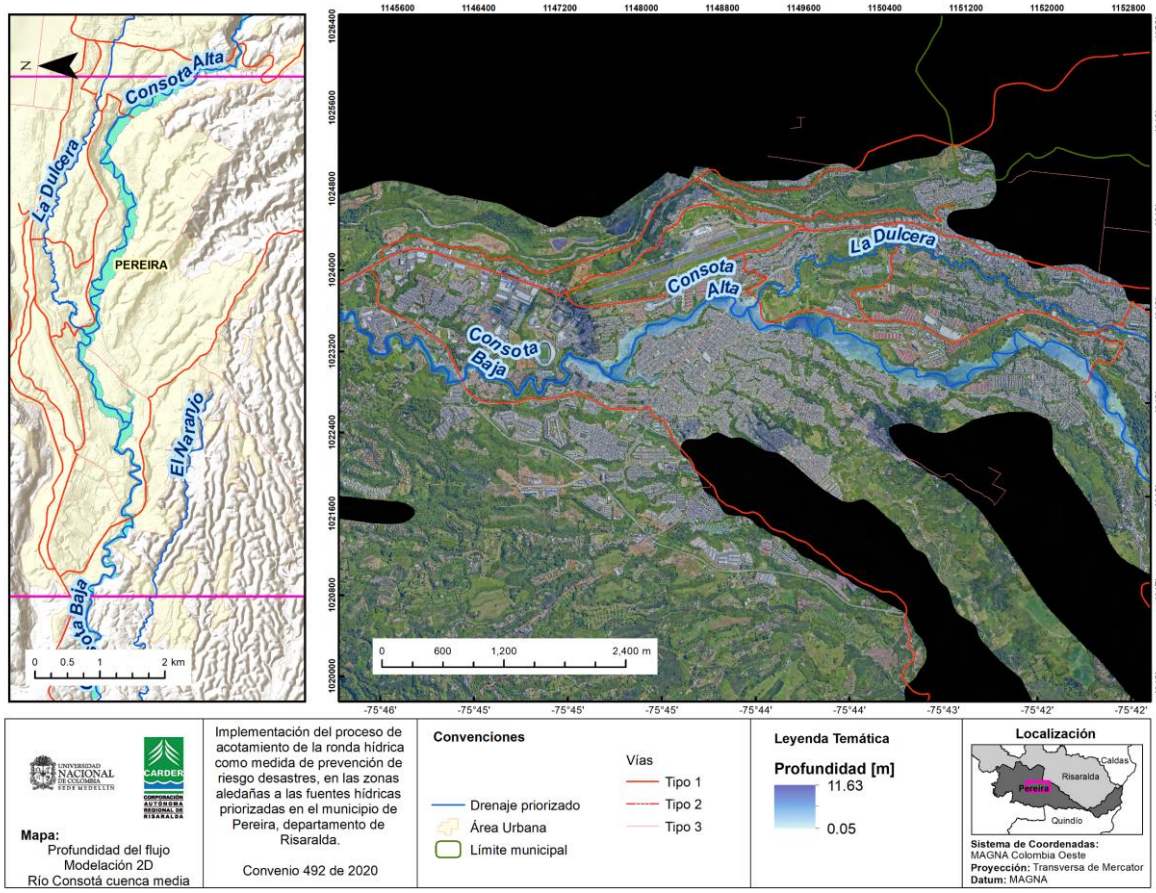


Figura 179. Resultado de la modelación 2D para el río Consotá.

La velocidad media del flujo es de 1,65 m/s, con velocidad máxima al inicio del tramo principal. En algunas obras de cruce de la cuenca baja, se observa un aumento de las velocidades aguas abajo de las mismas lo que concuerda con represamientos del flujo aguas arriba de las obras y aumento en la profundidad del flujo. En la Figura 180 se presenta el mapa de velocidades de flujo.

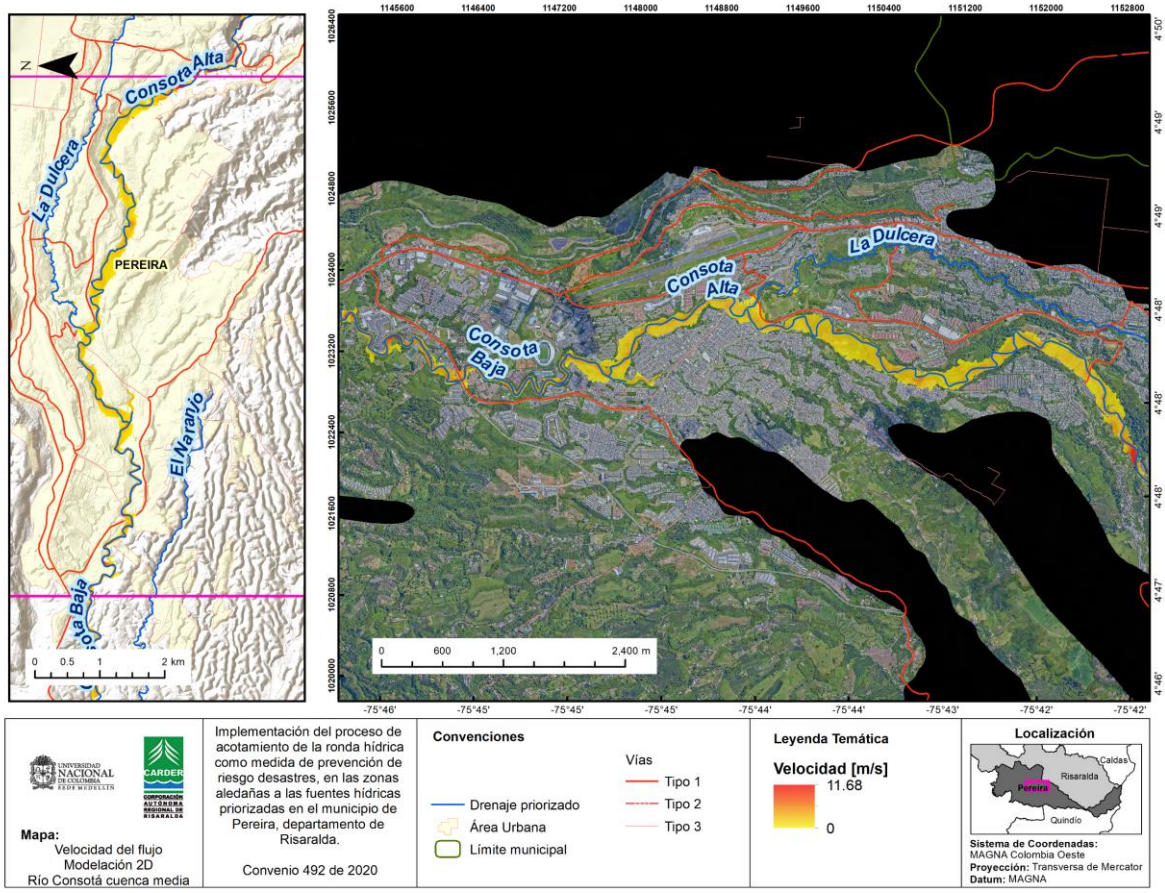


Figura 180. Velocidad del flujo en la parte media del río Consotá.

5.2.4.9 Quebrada Tinajas (cuenca baja)

5.2.4.9.1 Modelación Hidráulica Unidimensional (1D)

La quebrada Tinajas se modeló con un periodo de retorno de 100 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,94 m/s. La Figura 181 presenta el mapa de velocidades de flujo.

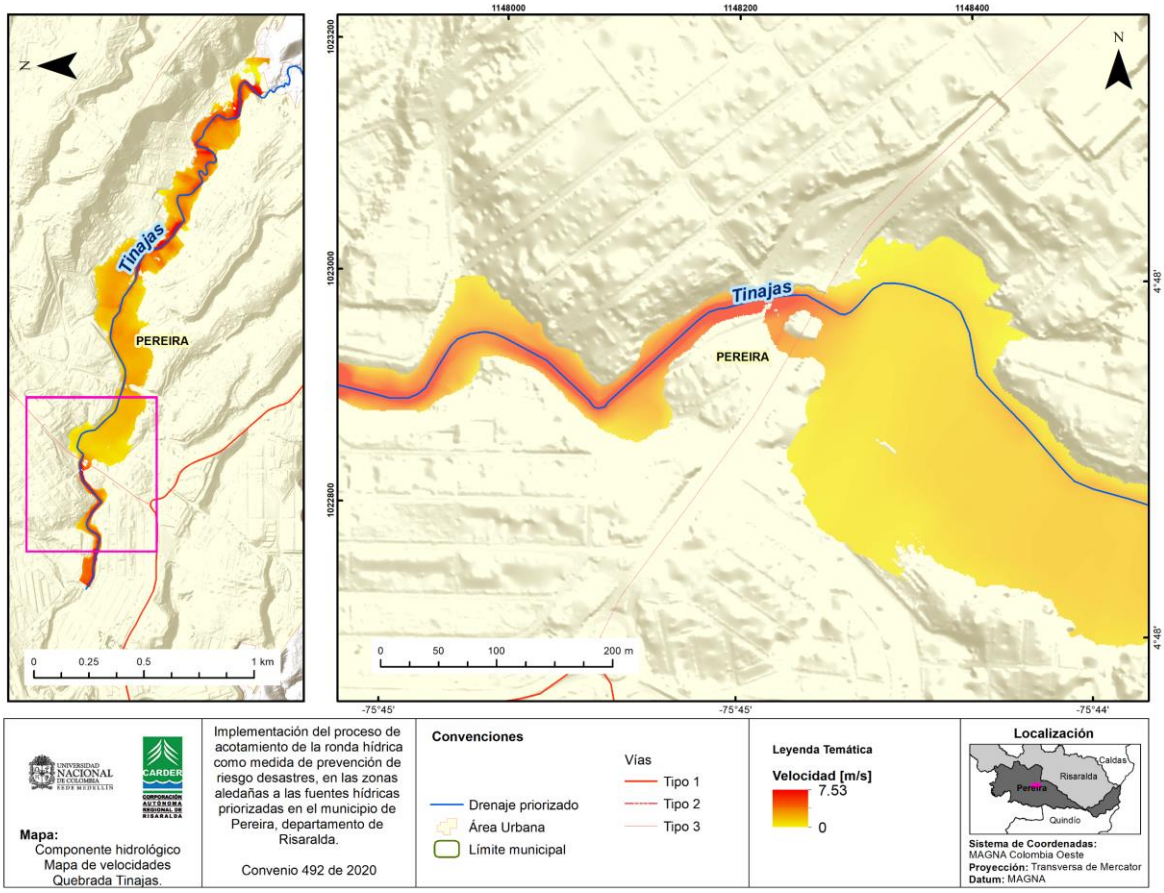


Figura 181. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada Tinajas.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 99,10 metros, presenta un ancho máximo de 257,07 metros y un ancho mínimo de 13,20 metros. En la Figura 182 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

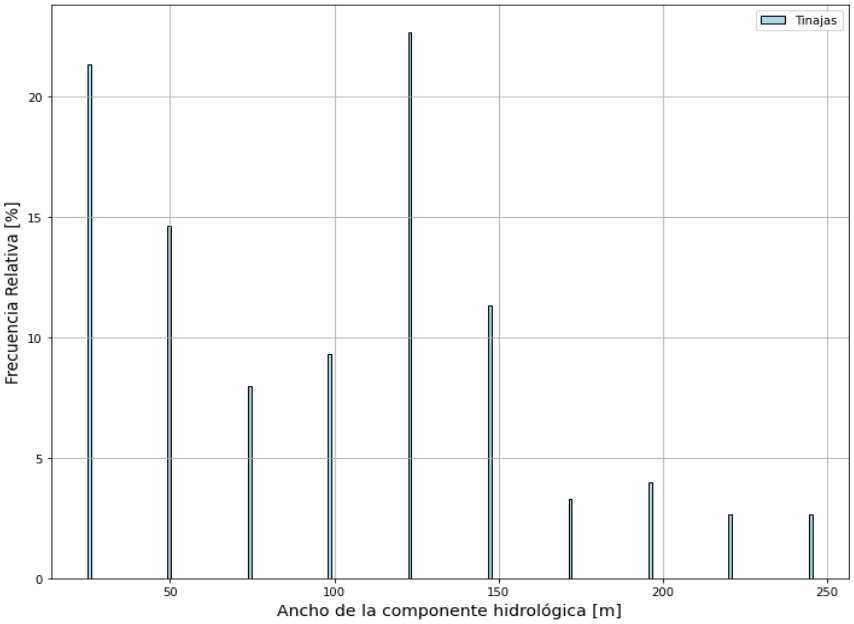


Figura 182. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada Tinajas.

5.2.4.9.2 Modelación Hidráulica bidimensional (2D) en la quebrada Tinajas

Se realizó modelación hidráulica bidimensional en IBER 2D para analizar con mayor detalle tres cosas:

- La canalización de la quebrada aguas arriba de la desembocadura al río Consotá.
- Confluencia de la quebrada Tinajas y la quebrada tributaria El Oso.
- Confluencia de la quebrada Tinajas y el río Consotá.

En la confluencia de la quebrada Tinajas y el río Consotá, se asignó como control en la descarga (desembocadura) el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 15 años al río Consotá y uno correspondiente al periodo de retorno de 100 años a la quebrada Tinajas.

Los resultados obtenidos indican que la canalización tiene la capacidad de soportar el tránsito del caudal asociado al Tr de 100 años, tal como se observa en la Figura 183. El área total cubierta por agua es de 0,62 km^2, la profundidad media del flujo es de 2,30 m y máximos de 10,81 aguas abajo de la confluencia de la quebrada Tinajas con el río Consotá,

la profundidad del flujo aumenta considerablemente a partir de la confluencia de estos últimos.

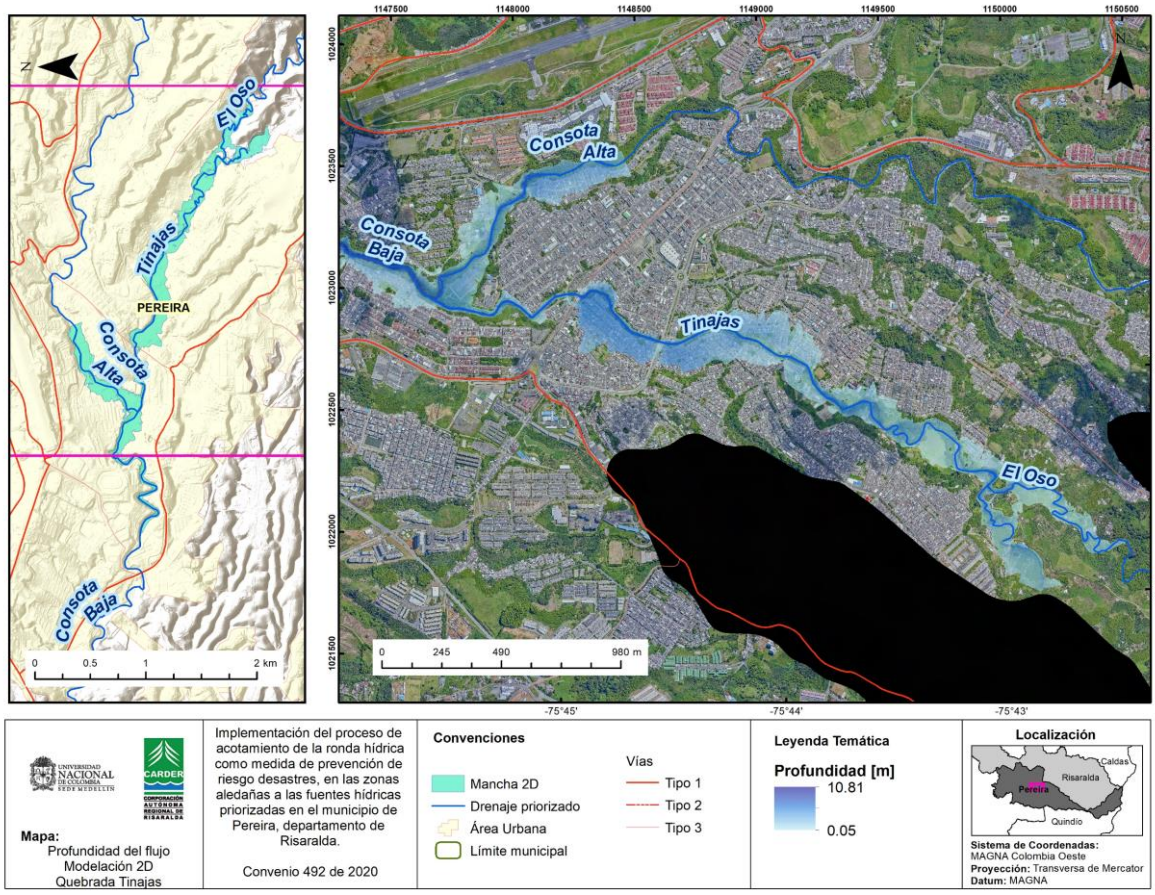


Figura 183. Resultado de la modelación 2D para la quebrada Tinajas.

Respecto a la velocidad del flujo, la media es de 1,19 m/s y los valores máximos se presentan aguas abajo de la confluencia de la quebrada Tinajas al río Consotá. También, se presenta un aumento de las velocidades medias del flujo aguas abajo de la confluencia de la quebrada Tinajas y El Oso. Así mismo, en el encauzamiento generado por la canalización, se observa un aumento moderado de las velocidades de flujo. En la Figura 184 se muestra la distribución espacial de las velocidades del flujo en el tramo modelado.

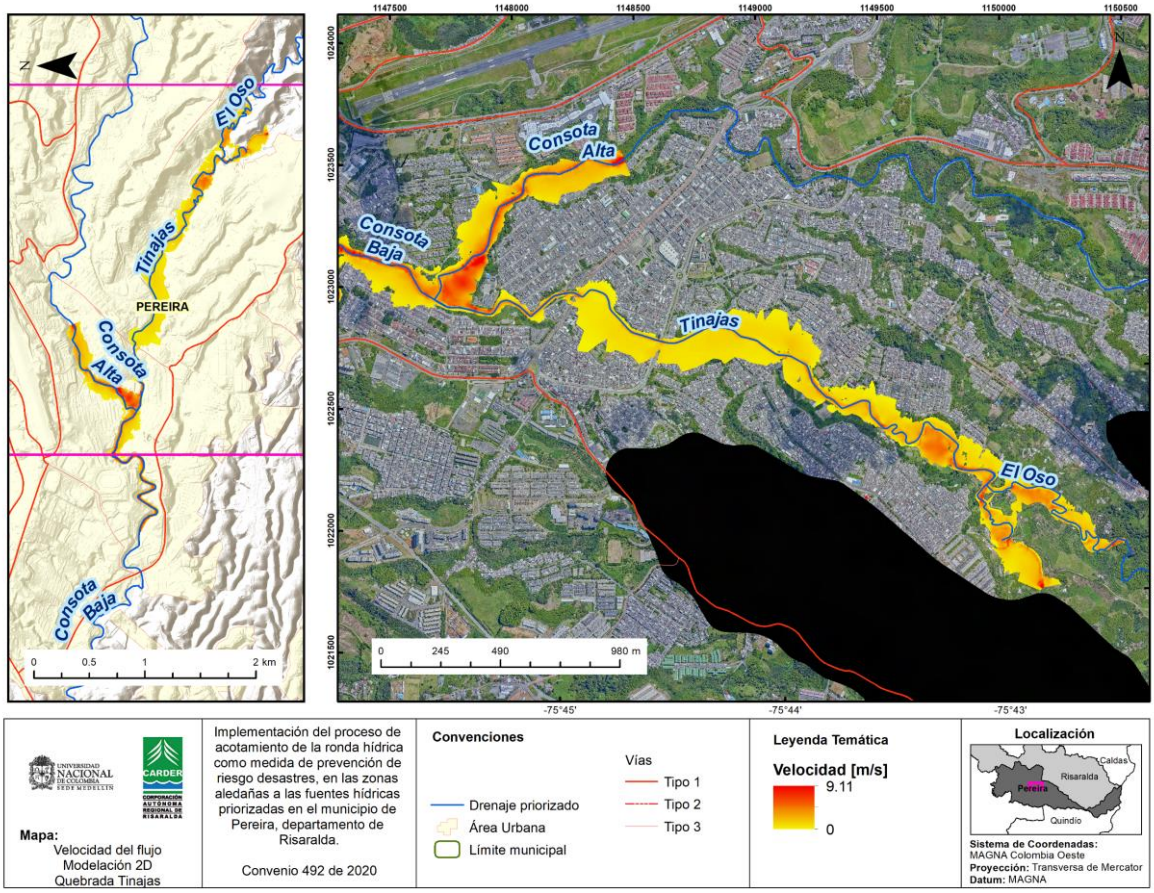


Figura 184. Velocidad del flujo en la parte alta de la quebrada Tinajas.

5.2.4.10 Quebrada La Dulcera

5.2.4.10.1 Modelación Hidráulica Unidimensional (1D)

La quebrada La Dulcera se modeló con un periodo de retorno de 100 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,38 m/s. En la Figura 185 se presenta el mapa de velocidades de flujo.

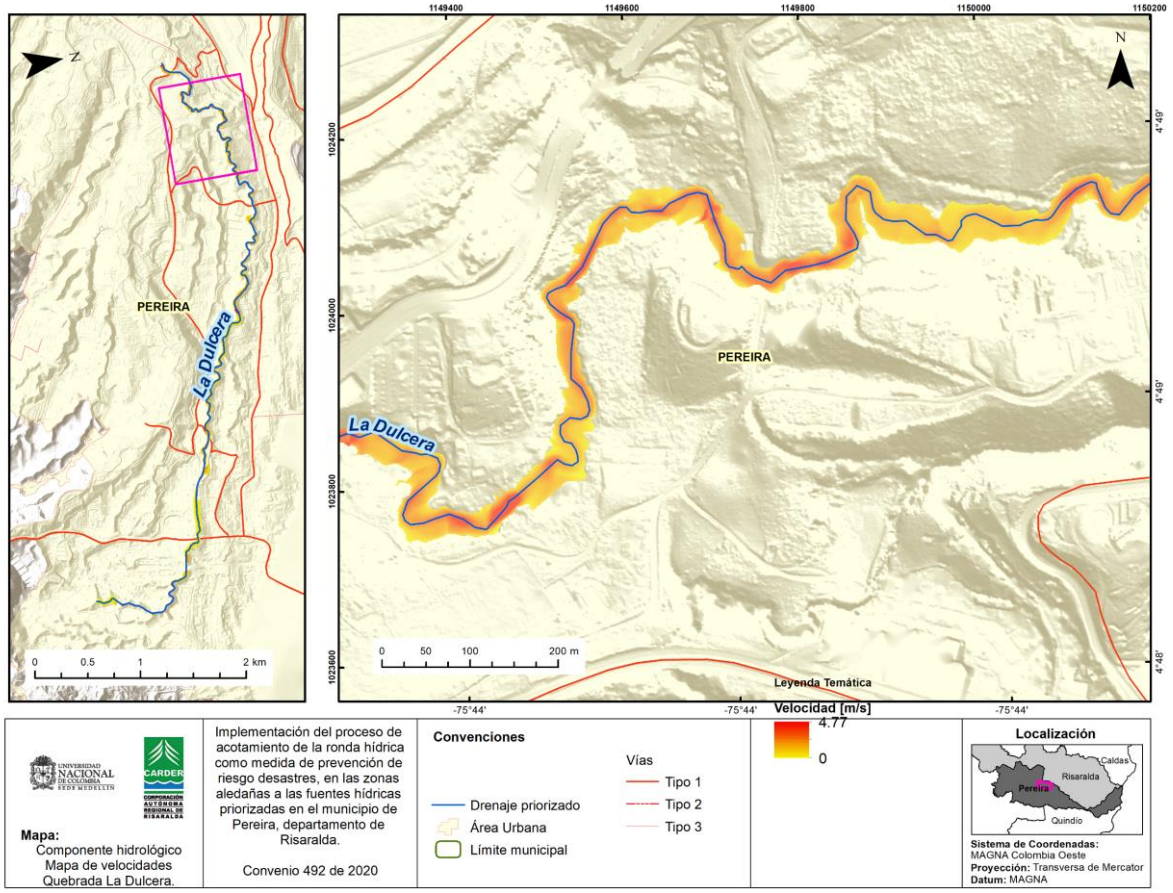


Figura 185. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada La Dulcera.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 25,51 metros, presenta un ancho máximo de 72,09 metros y un ancho mínimo de 6,35 metros. En la Figura 186 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

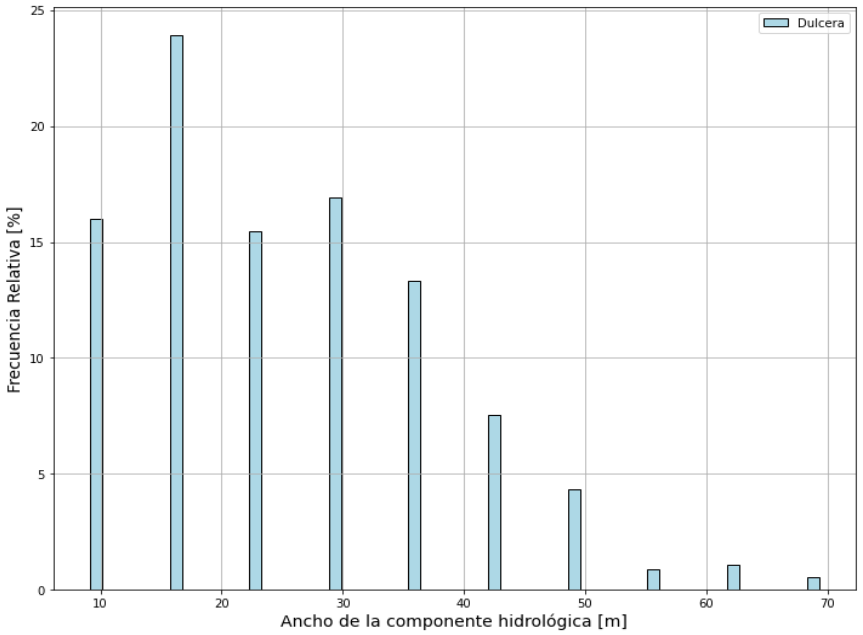


Figura 186. Histograma de la distribución de anchos de la Componente hidrológico de la quebrada La Dulcera.

5.2.4.10.2 Modelación hidráulica bidimensional (2D) quebrada La Dulcera

Adicionalmente, para la quebrada La Dulcera se realizó una modelación hidráulica bidimensional en IBER 2D, que permitiera analizar a mayor detalle su desembocadura con el río Consotá, la cual se lleva a cabo en el barrio Brisas del Consotá (Pereira); este corresponde a un tramo altamente intervenido antrópicamente, especialmente un muro de contención en concreto en la margen derecha del cauce bordeando el barrio en mención Foto 3. Los resultados indican que aguas arriba de las obras en este sector, la profundidad del flujo aumenta, con profundidad máxima del flujo de 6,67 m y se caracteriza por un aumento en las velocidades aguas abajo, alcanzando valores máximos de 6,52 m/s. En la Figura 187 se muestra la extensión y la profundidad del flujo en este tramo.



Foto 3. Vista del río Consotá desde la calle 65 con carrera 25 barrio Brisas del Consotá (Pereira).

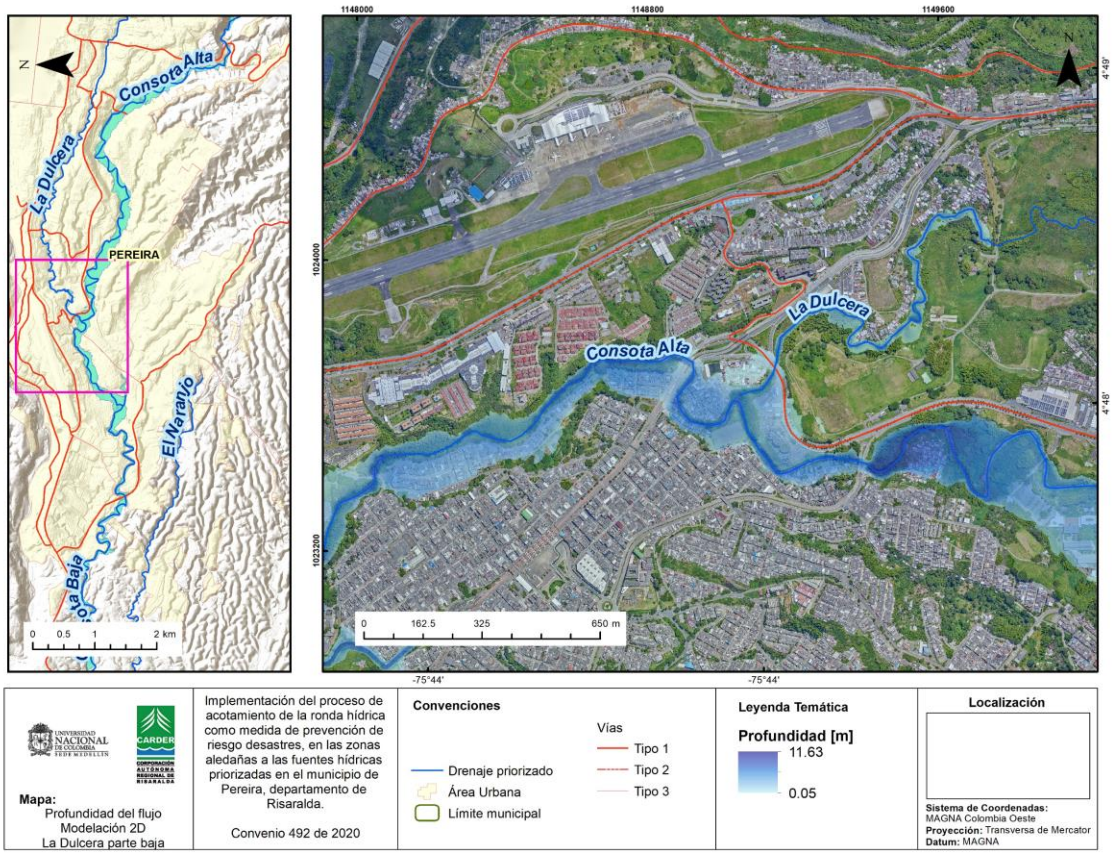


Figura 187. Resultado de la modelación 2D en la desembocadura de la quebrada La Dulcera en el río Consotá.

Las velocidades del flujo son máximas aguas abajo de las obras, lo que puede estar representado en una insuficiencia hidráulica de las mismas, generando además aumento de las profundidades del flujo aguas arriba. En la confluencia los mayores aportes de caudal se dan por el río Consotá, el cual es el responsable en mayor medida de la extensión de la mancha de inundación. El caudal de entrada para la quebrada La Dulcera, corresponde al Tr de 100 años (94.60 m^3/s). En la Figura 188 se observa la distribución espacial de la velocidad del flujo en el tramo modelado.

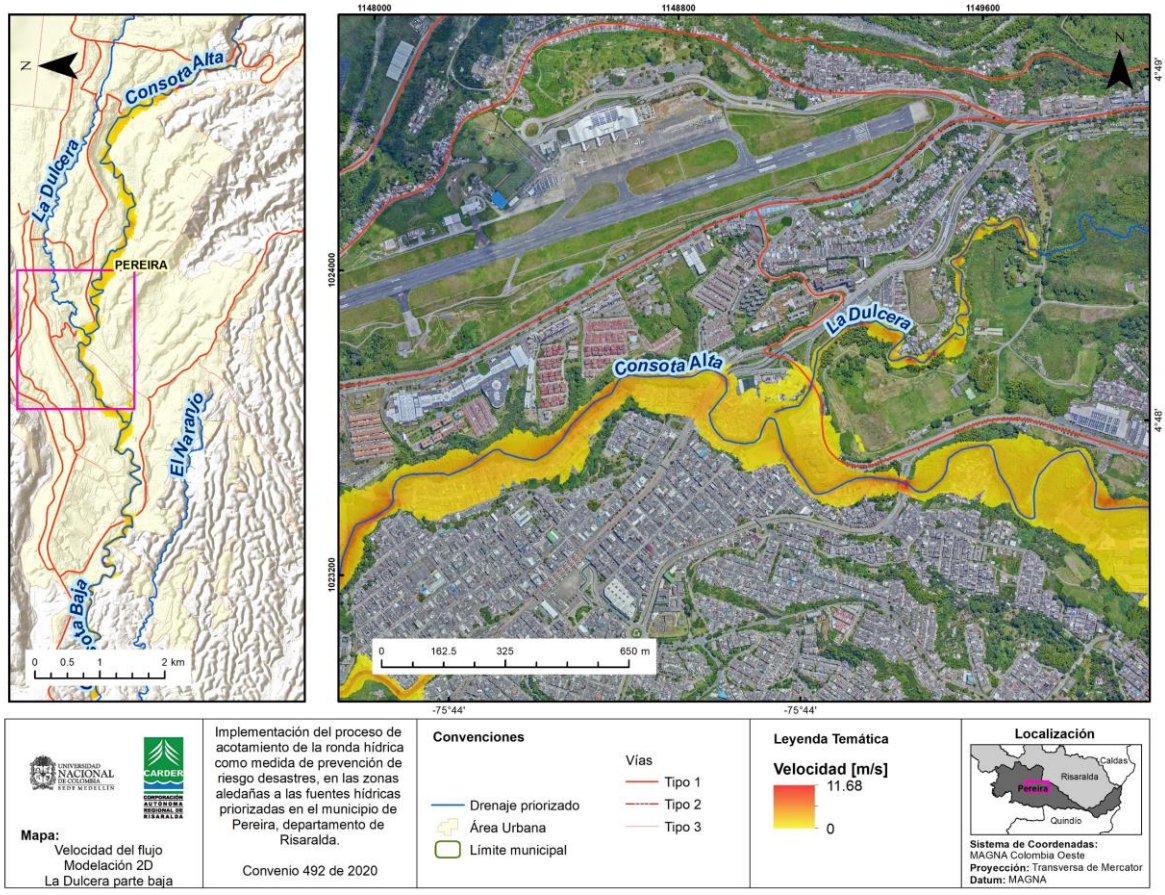


Figura 188. Velocidad del flujo en la parte alta de la zona de confluencia entre la quebrada La Dulcera y el río Consotá.

5.2.4.11 Quebrada El Oso

La quebrada El Oso se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,89 m/s. El mapa de velocidades de flujos se presenta en la Figura 189.

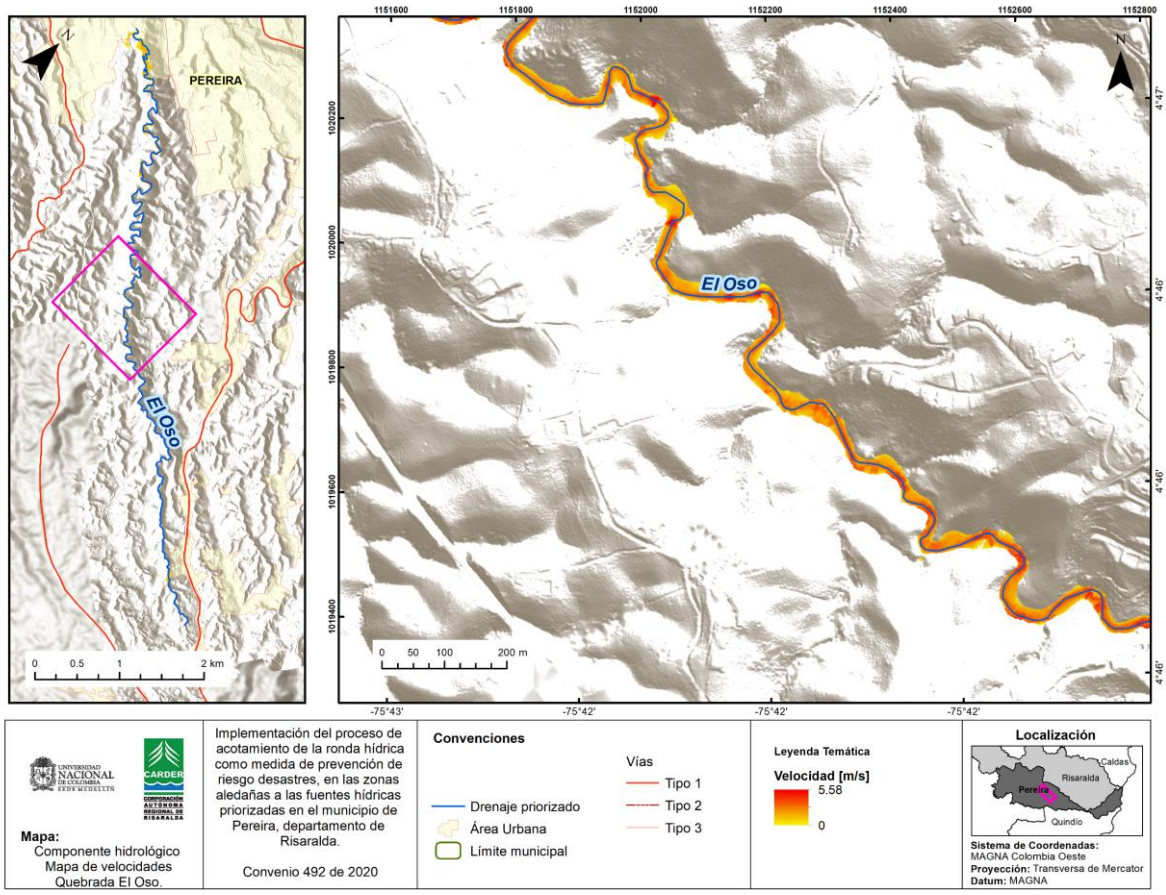


Figura 189. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Oso.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 17,76 metros, presenta un ancho máximo de 102,10 metros y un ancho mínimo de 5,14 metros. En la Figura 190 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

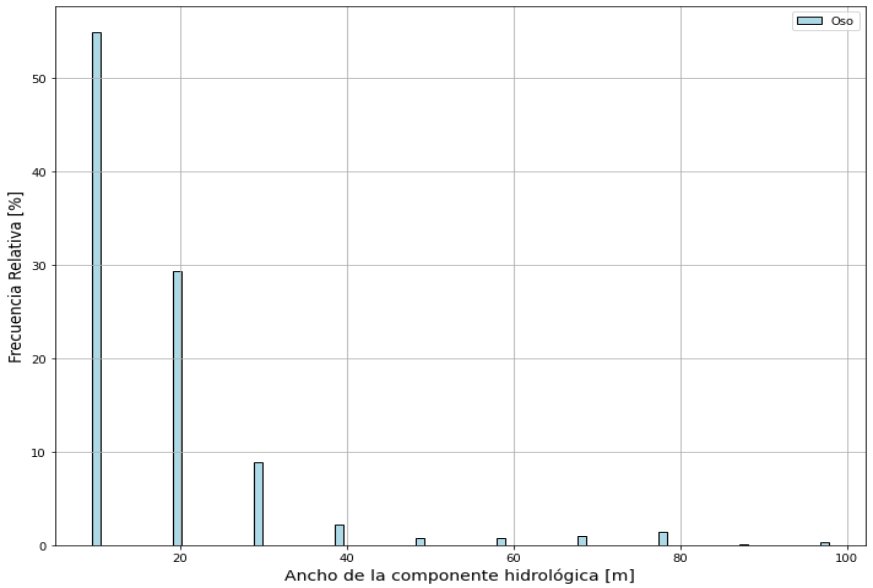


Figura 190. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Oso.

5.2.4.12 Quebrada El Chocho

La quebrada El Chocho se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,93 m/s. El mapa de velocidades de flujos se presenta en Figura 191.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 16,44 metros, presenta un ancho máximo de 42,86 metros y un ancho mínimo de 5,43 metros. En la Figura 192 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

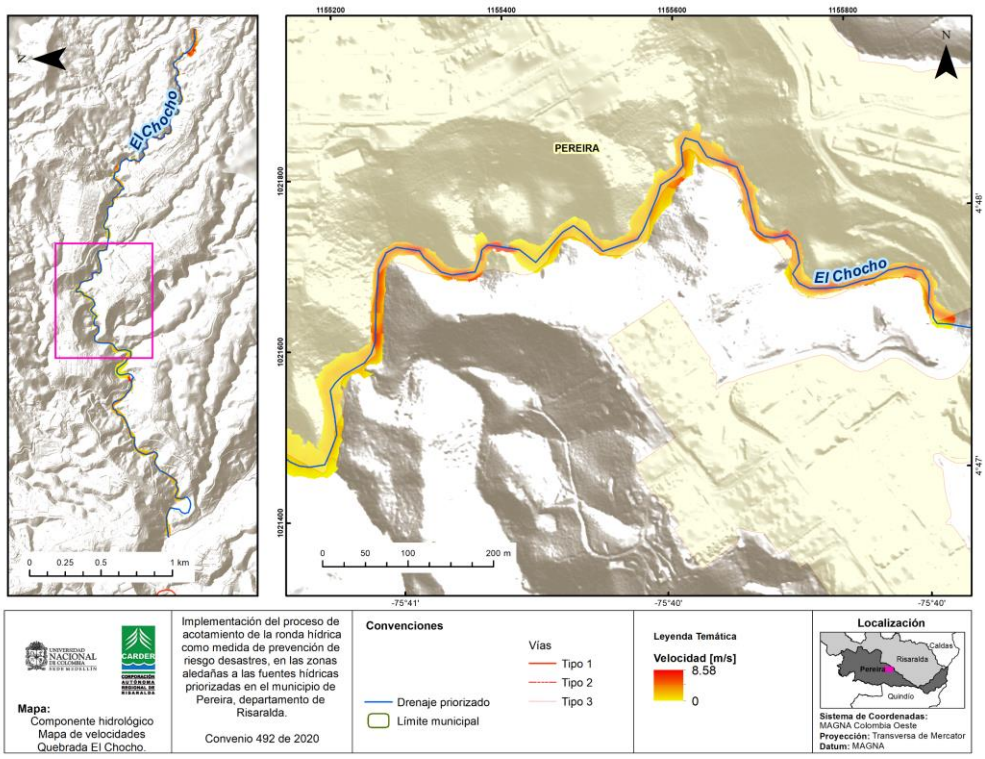


Figura 191. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Chocho.

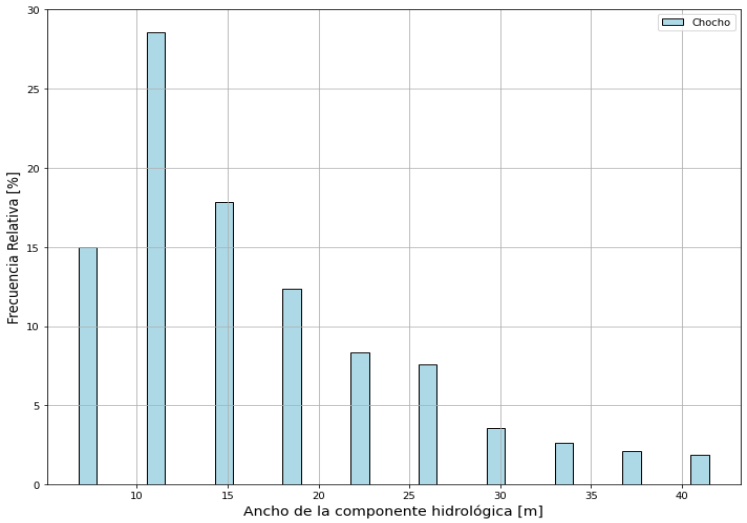


Figura 192. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Chocho.

5.2.4.13 Quebrada Púlpito

La quebrada El Púlpito se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,64 m/s. El mapa de velocidades de flujos se presenta en Figura 193.

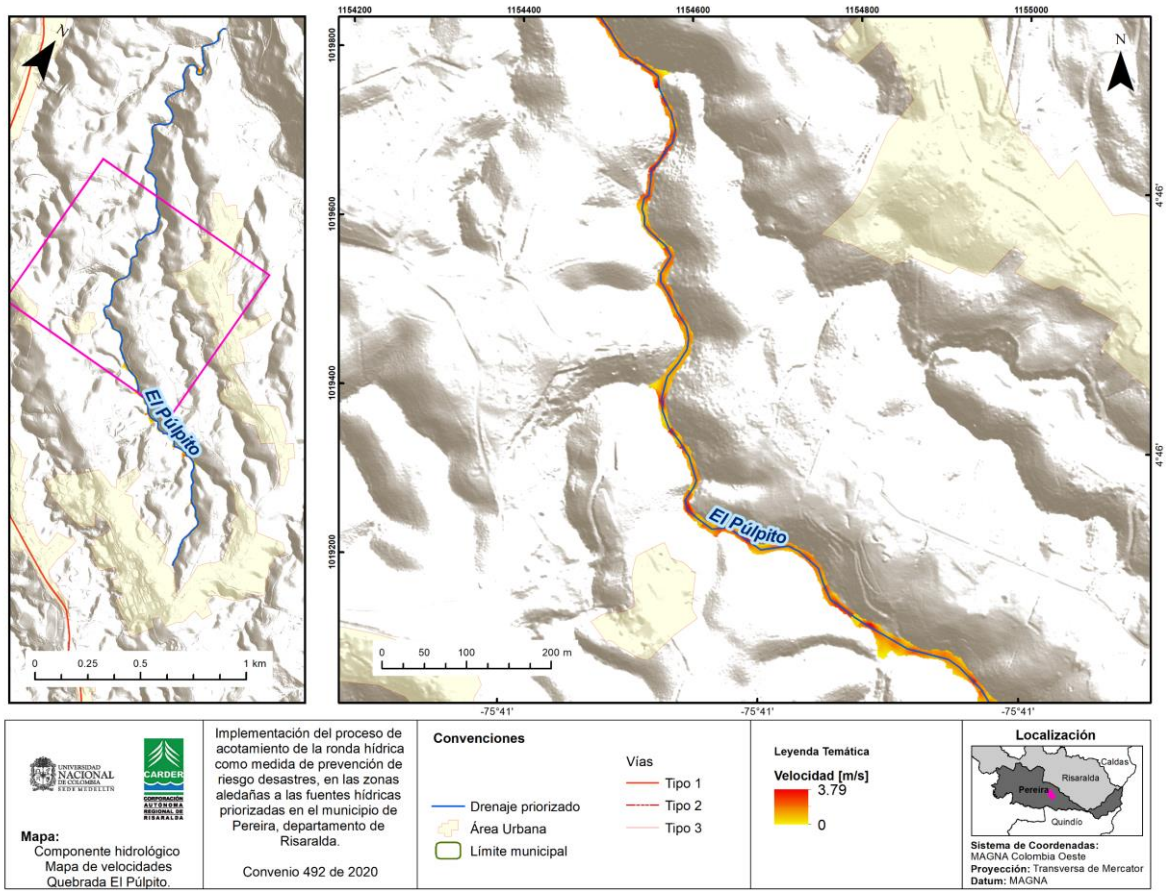


Figura 193. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada El Púlpito.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 7,15 metros, presenta un ancho máximo de 25,25 metros y un ancho mínimo de 2,45 metros. En la Figura 194 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

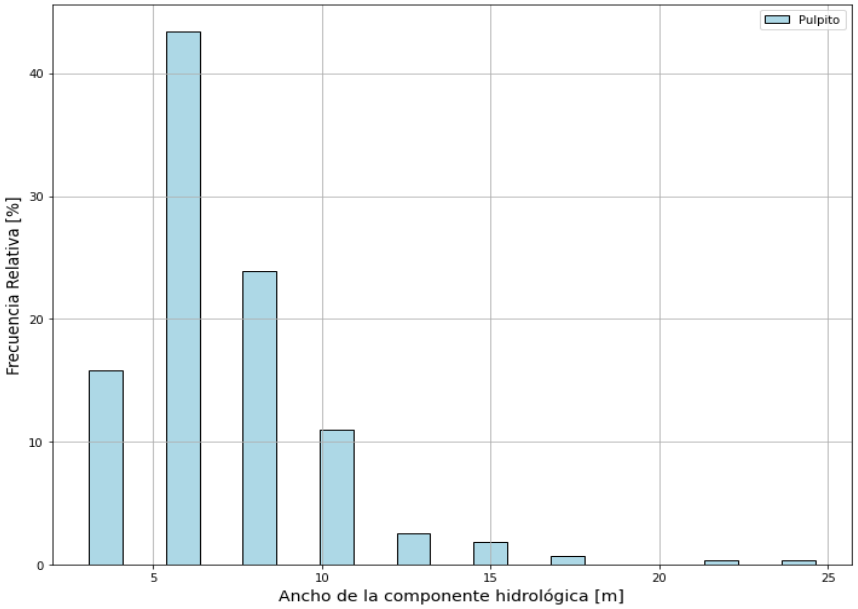


Figura 194. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada El Púlpito.

5.2.4.14 Quebrada La Víbora

La quebrada La Víbora se modeló con un periodo de retorno de 15 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 1,80 m/s. El mapa de velocidades de flujos se presenta en Figura 195.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 6,32 metros, presenta un ancho máximo de 16,60 metros y un ancho mínimo de 3,01 metros. En la Figura 196 se observa un histograma con la distribución de anchos a lo largo del tramo estudiado.

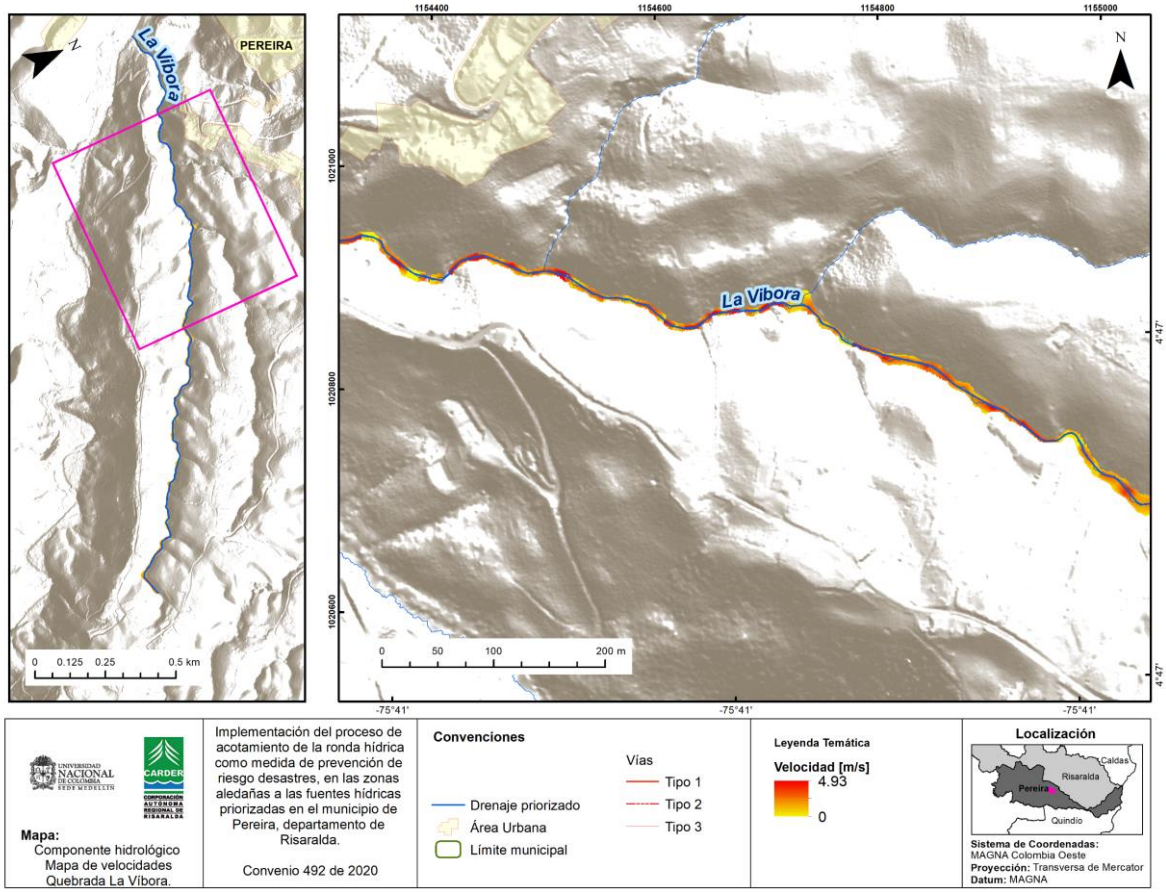


Figura 195. Mapa de velocidades del componente hidrológico de la quebrada La Víbora.

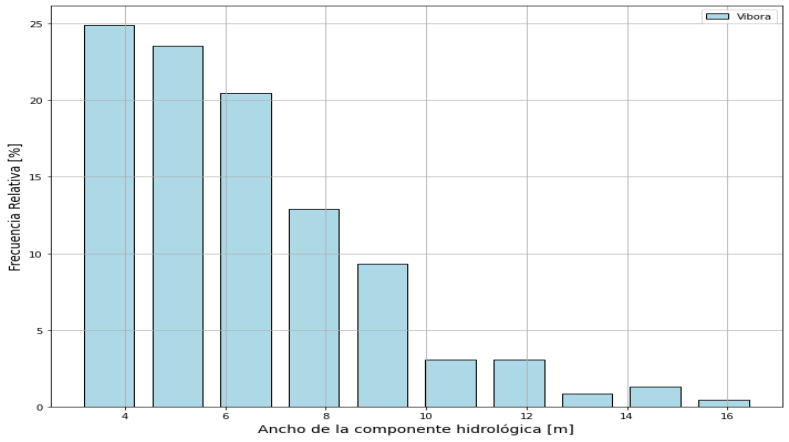


Figura 196. Histograma de la distribución de anchos del componente hidrológico de la quebrada La Víbora.

5.2.4.15 Río Otún

El río Otún se modeló con un periodo de retorno de 100 años, en el tramo se obtuvo una velocidad promedio de 3,60 m/s. El mapa de velocidades de flujos se presenta en Figura 197.

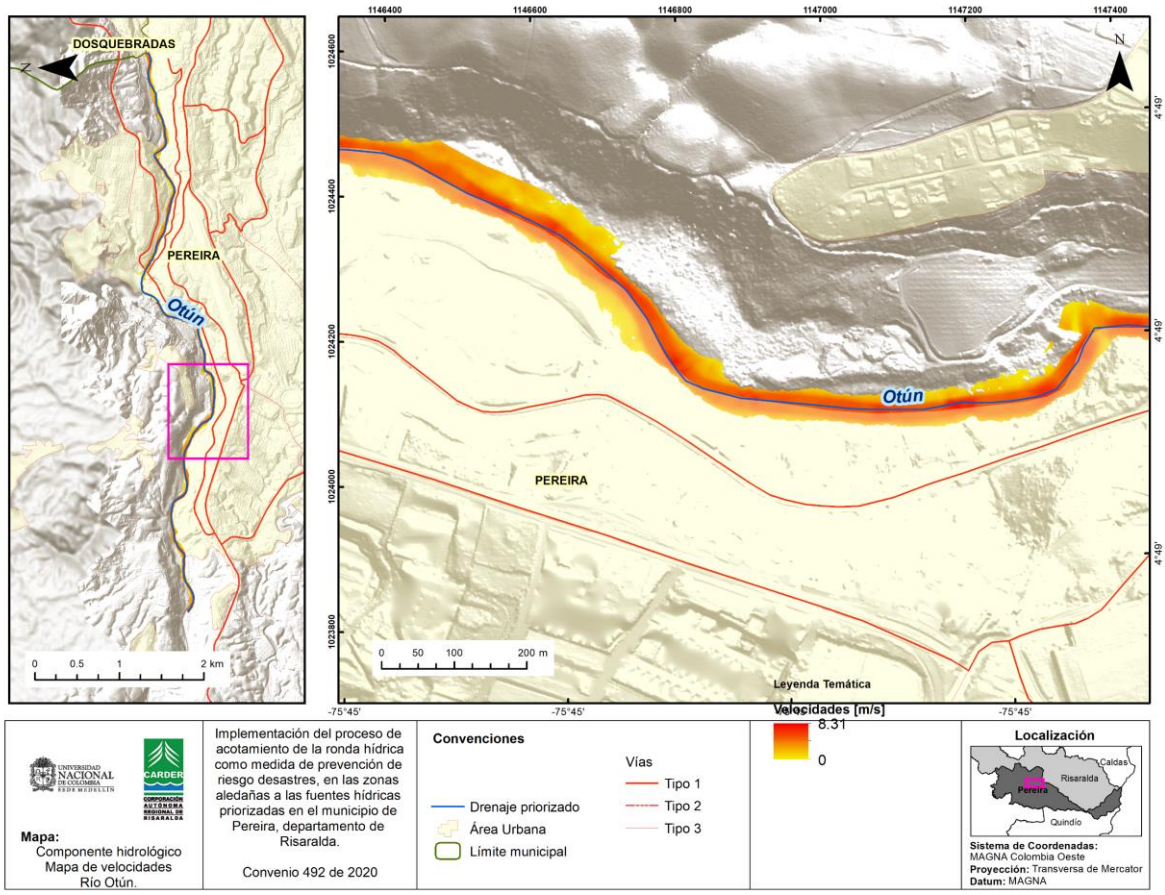


Figura 197. Mapa de velocidades del componente hidrológico del río Otún.

En cuanto a la sección transversal, para dicho periodo de retorno la quebrada tiene un ancho promedio de 78,66 metros, presenta un ancho máximo de 194,63 metros y un ancho mínimo de 27,51 metros.

5.2.5 Delimitación del componente hidrológico

A continuación, se presenta la delimitación del componente hidrológico de la ronda hídrica por tramos.

5.2.5.1 Quebrada Hato Viejo

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada Hato Viejo para un periodo de retorno de 15 años se define como el componente hidrológico de la ronda hídrica y se presenta en la Figura 198.

Como todo el tramo es rural y encañonado se puede ver que la mancha de inundación no afecta zonas urbanizadas. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no define la ronda hídrica.

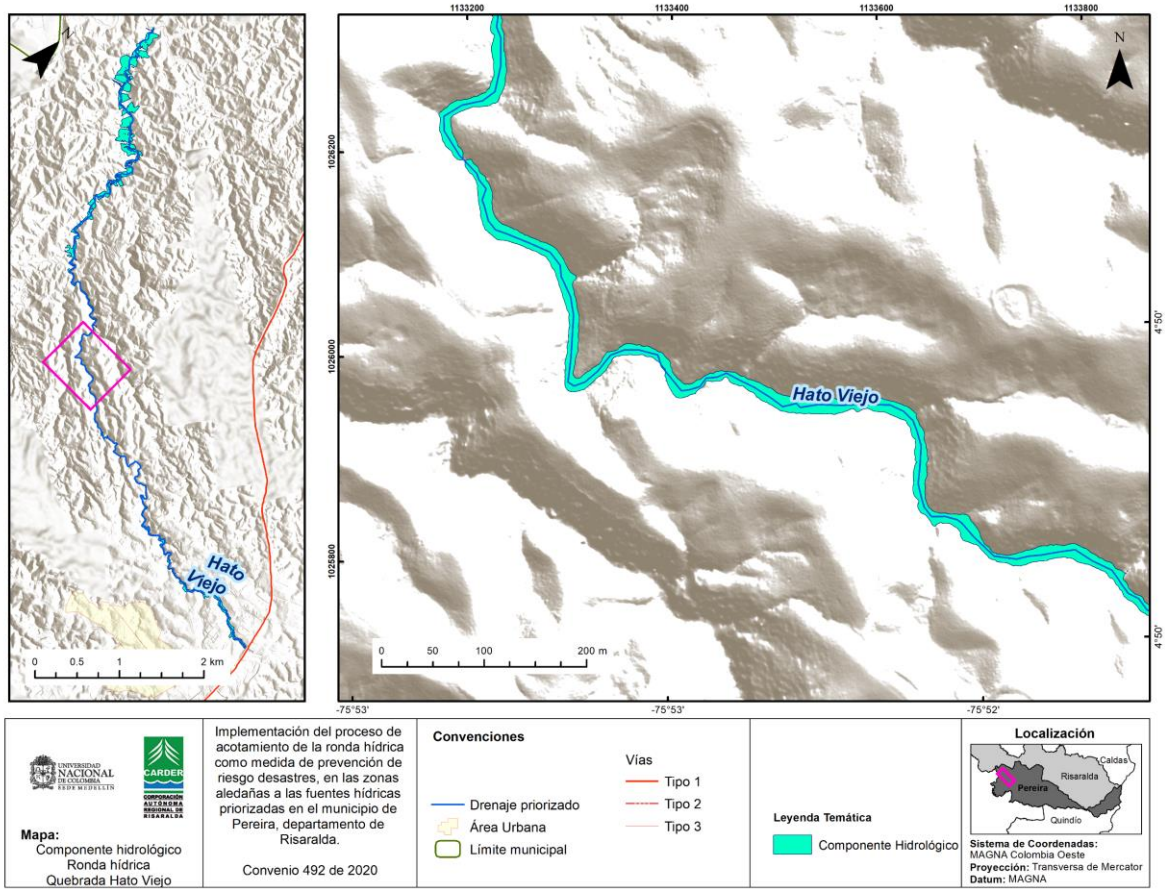


Figura 198. Componente hidrológico de la ronda hídrica de la quebrada Hato Viejo.

5.2.5.2 Quebrada Grande

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada Grande para un periodo de retorno de 15 años en la mayoría del tramo con la unión de la modelación 2D en la parte alta para un periodo de retorno de 100 años, definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 199.

Como todo el tramo es rural y encañonado se puede ver que la mancha de inundación no afecta zonas urbanizadas, a excepción de la parte alta en la que se podrían ver afectadas algunas viviendas. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no define la ronda hídrica, exceptuando la parte alta donde los componentes hidrológico y geomorfológico tienen mayor peso.

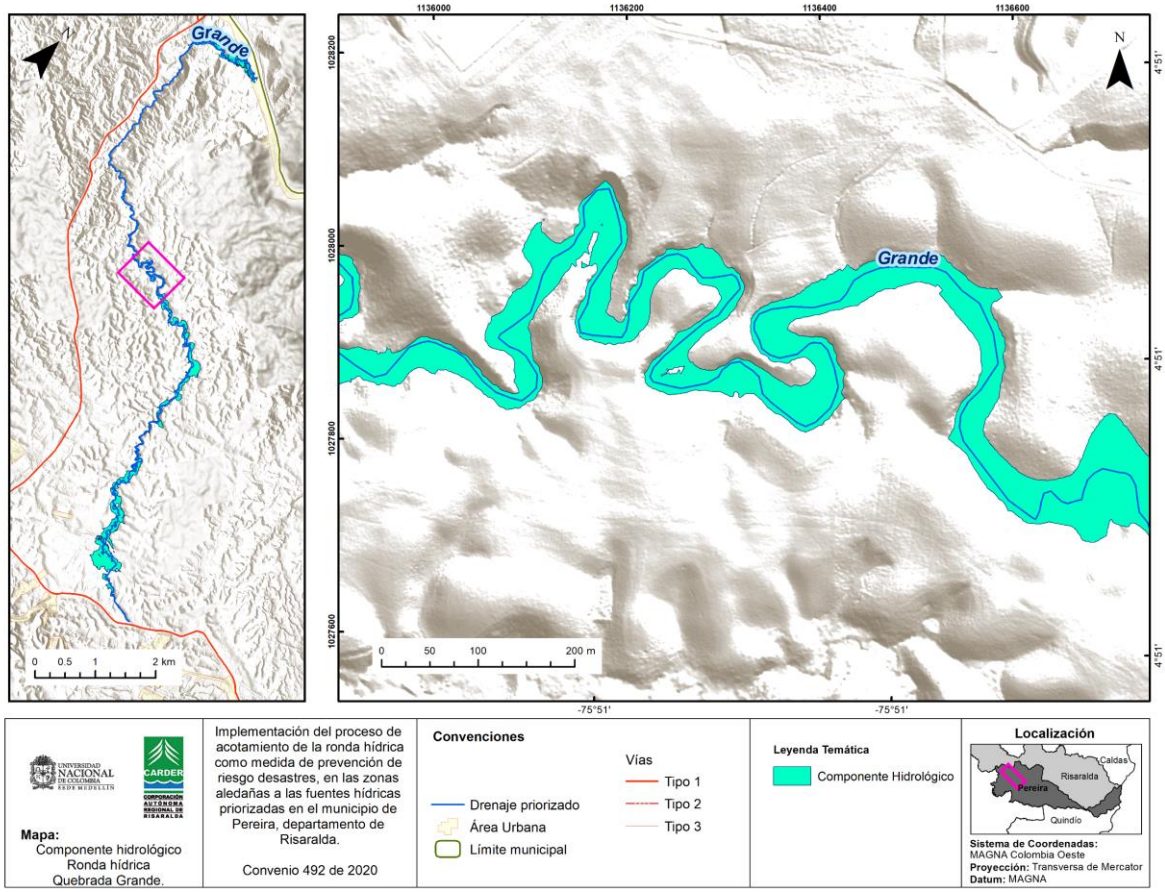


Figura 199. Componente hidrológico de la ronda hídrica de la quebrada Grande.

5.2.5.3 Quebrada Leticia (Caimalito)

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada La Leticia para un periodo de retorno de 100 años en la mayoría del tramo con la unión de la modelación 2D en la parte baja para un periodo de retorno de 100 años definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 200.

La parte alta del tramo es rural y encañonado, se puede ver que la mancha de inundación no afecta zonas pobladas, en cambio en la zona baja la mancha de inundación se extiende llegando hasta el sector de Caimalito, donde la modelación muestra que las obras hidráulicas tales como box coulvert y puentes son insuficientes para un caudal con dicho periodo de retorno, razón por la que podrían afectarse algunas viviendas y zonas de cultivo. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no define la ronda hídrica en la parte alta, pero en la parte baja los componentes hidrológico y geomorfológico tienen mayor peso.

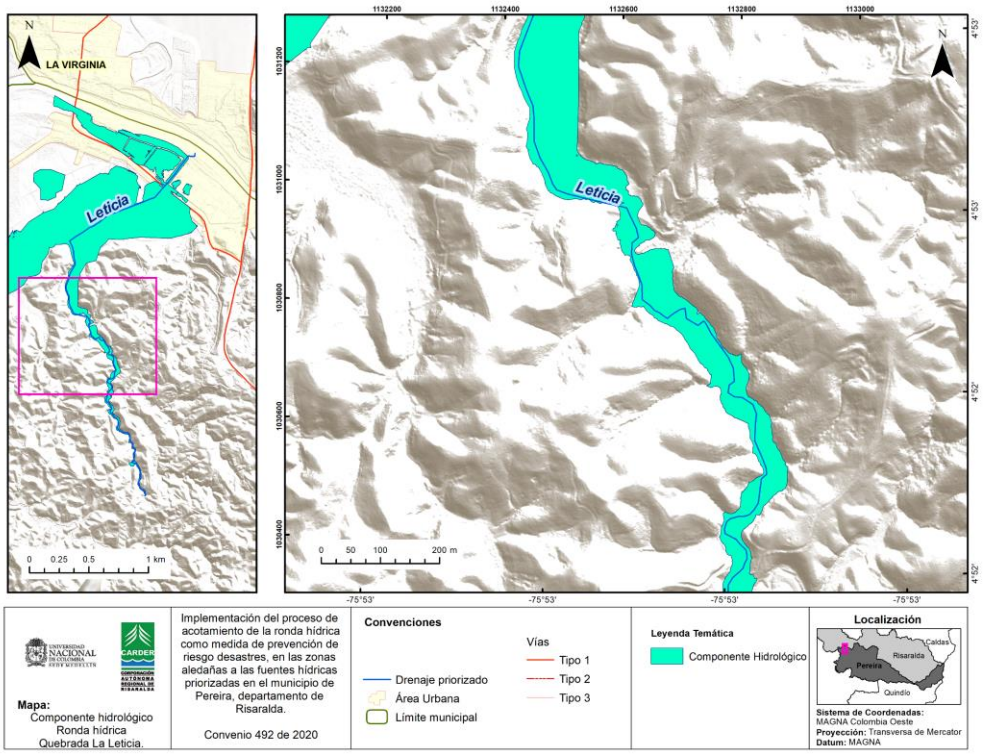


Figura 200. Componente hidrológico de la quebrada La Leticia.

5.2.5.4 Quebrada El Caucho (cuenca baja y alta)

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada El Caucho para un periodo de retorno de 15 años en la mayoría del tramo, con la unión de la modelación 2D en la parte baja para un periodo de retorno de 15 años, definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 201.

Como todo el tramo es rural se puede ver que la mancha de inundación no afecta zonas urbanizadas. En la zona baja de la quebrada El Caucho, antes de que se rejuvenezca para entregarle al río Consotá, la mancha de inundación obtenida con el modelo 2D permitió tener la certeza de distribución de la inundación en el terreno. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no define la ronda hídrica, exceptuando la parte baja, mencionada anteriormente, donde los componentes hidrológico y geomorfológico tienen mayor peso.

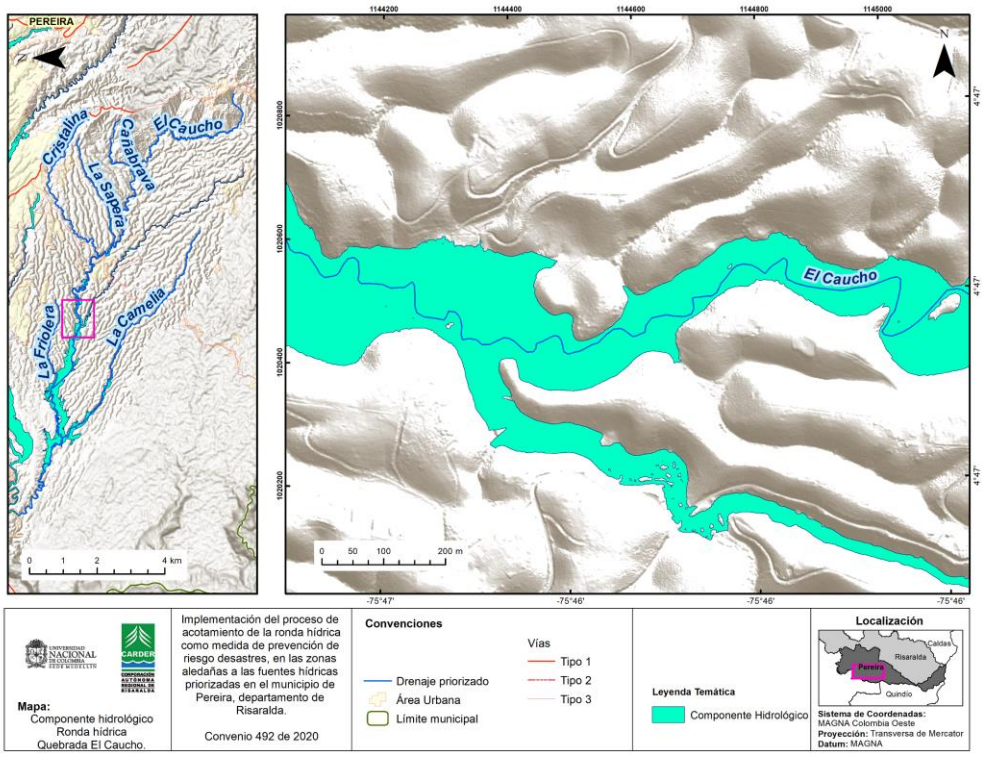


Figura 201. Componente hidrológico de la quebrada El Caucho.

5.2.5.5 Quebrada El Piñal

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada El Piñal para un periodo de retorno de 15 años, se define como el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 202.

Como todo el tramo es rural la mancha de inundación no afecta centros poblados. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no define la ronda hídrica.

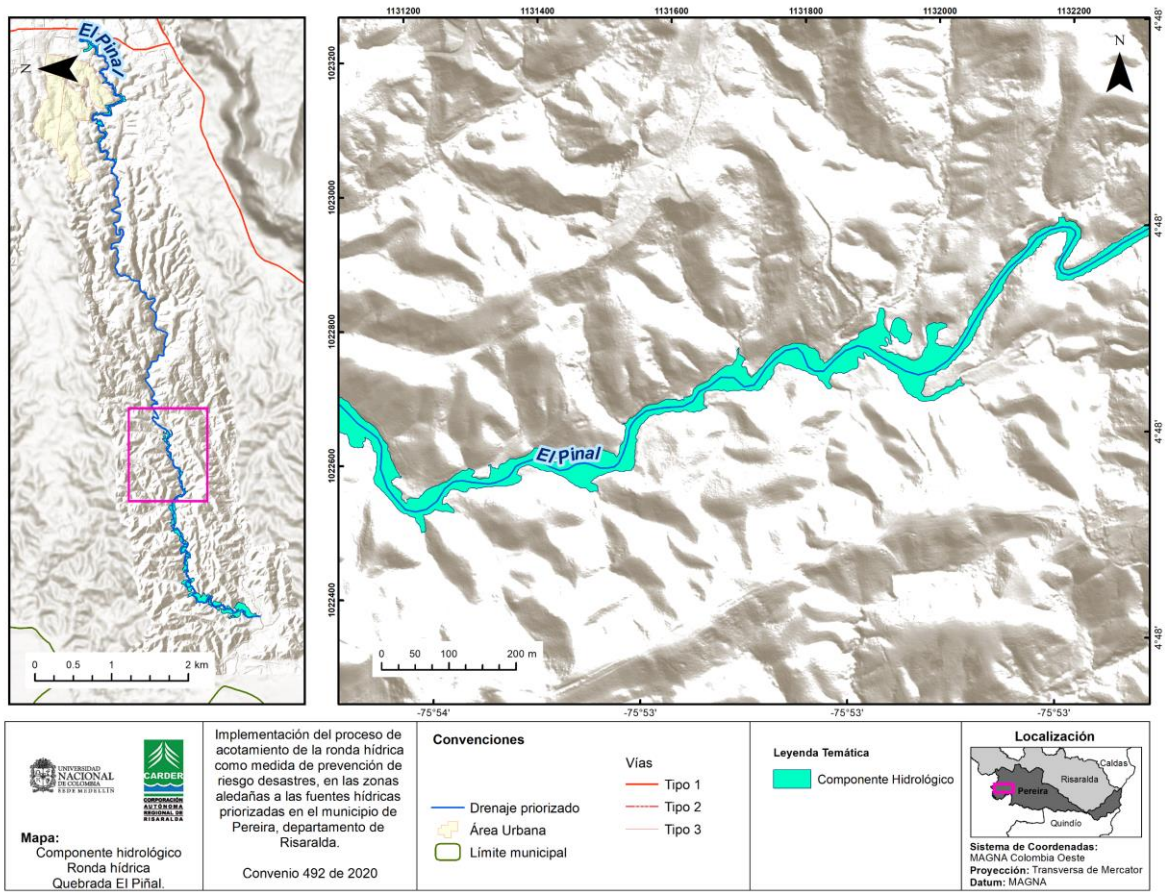


Figura 202. Componente hidrológico de la quebrada El Piñal.

5.2.5.6 Quebrada Cauquillo

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada Cauquillo para un periodo de retorno de 100 años definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 203.

Este tramo está altamente intervenido por obras antrópica tales como box culverts y lagos artificiales, en la mayoría de los casos el modelo muestra la insuficiencia de las obras para transportar el caudal de dicho periodo de retorno, pero la mancha de inundación no afecta centros poblados o áreas urbanizadas. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no define la ronda hídrica, exceptuando los límites de los lagos artificiales.

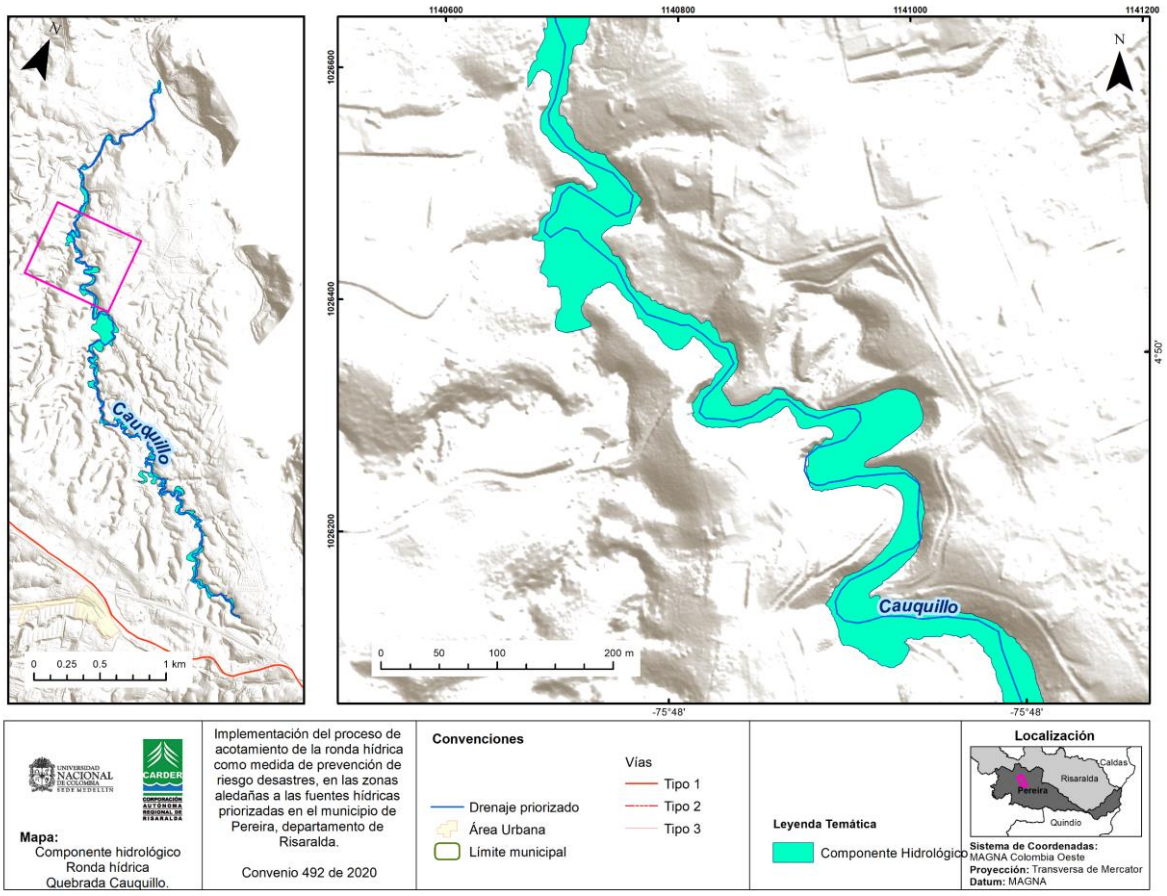


Figura 203. Componente hidrológico de la quebrada Cauquillo.

5.2.5.7 Río Cestillal (cuenca media)

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D del río Cestillal para un periodo de retorno de 15 años definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 204.

Como todo el tramo es rural y encañonado la mancha de inundación no afecta zonas pobladas. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no define la ronda hídrica.

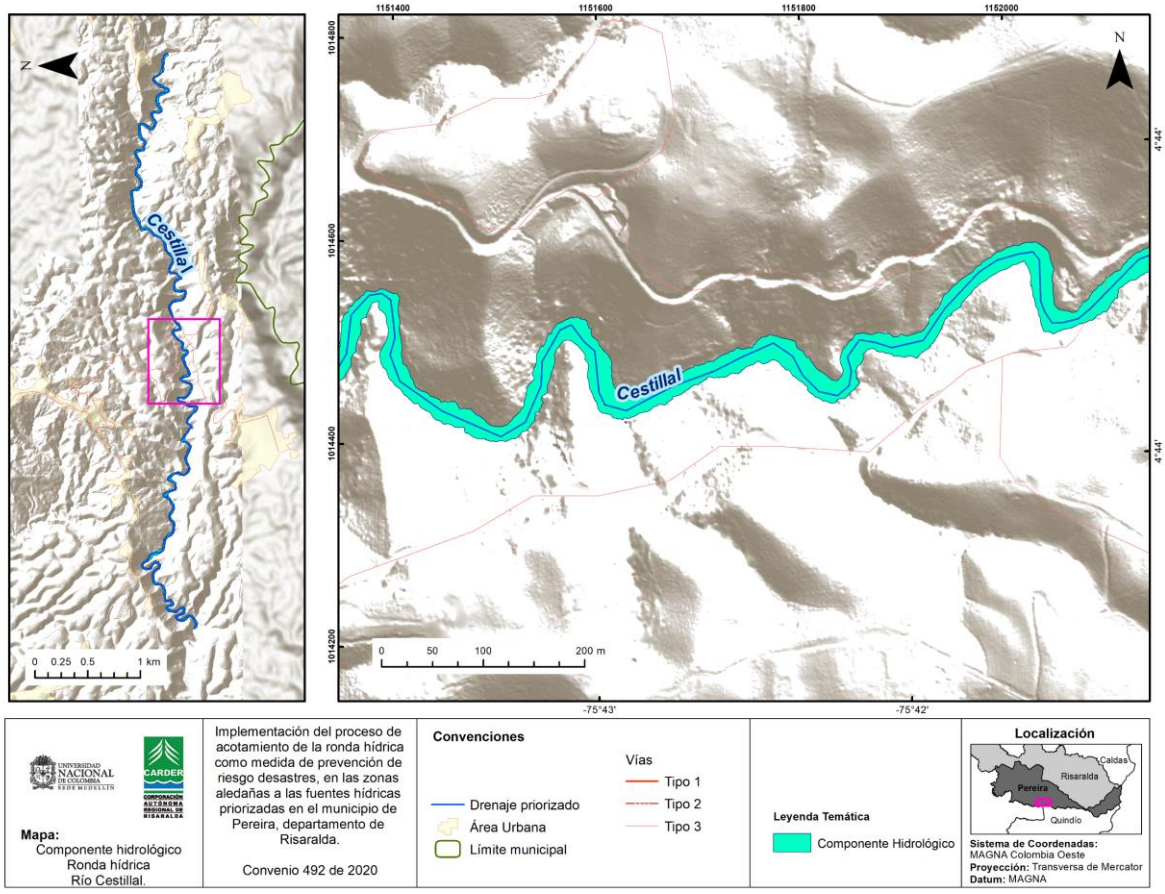


Figura 204. Componente hidrológico del río Cestillal.

5.2.5.8 Río Consotá

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D del río Consotá para un periodo de retorno de 100 años en la mayoría del tramo, con la unión de la modelación 2D para un periodo de retorno de 100 años definió como el componente hidrológico de la ronda hídrica, tal como se presenta en la Figura 205 y la Figura 206.

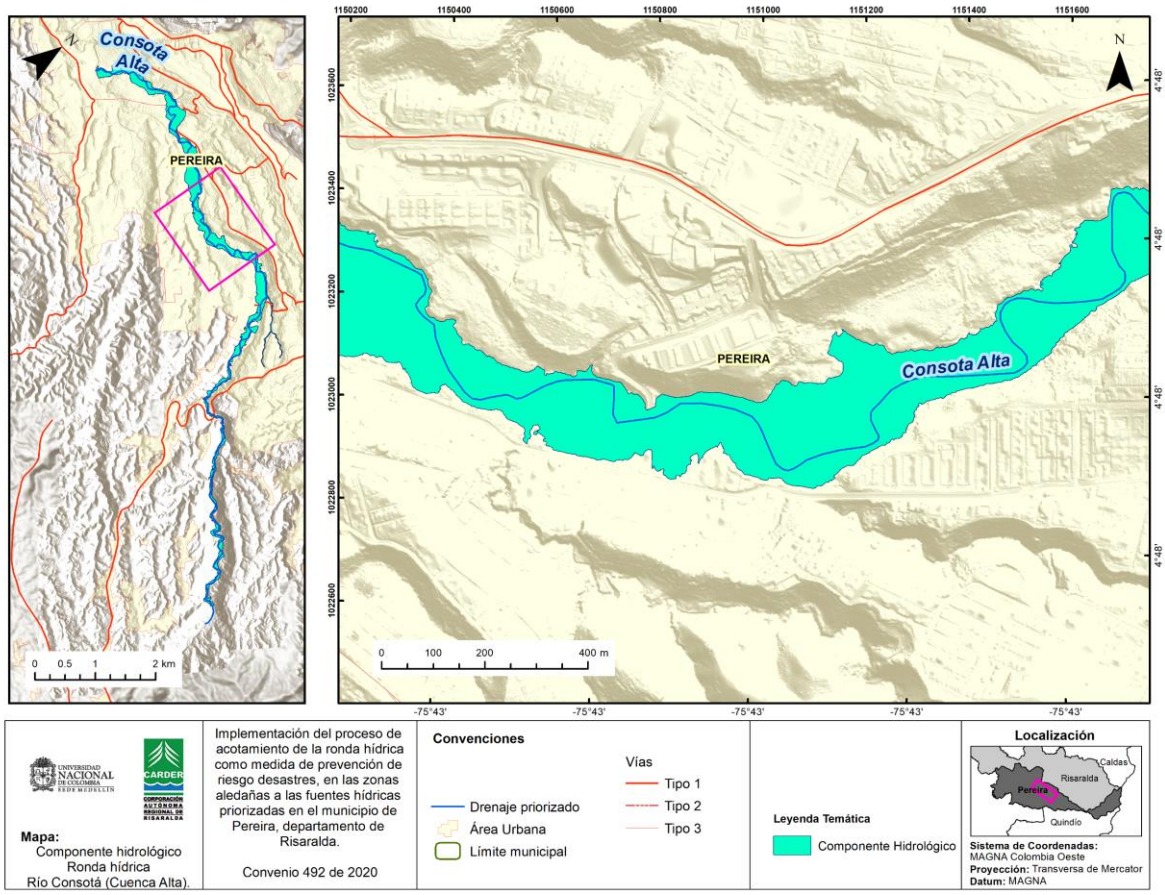


Figura 205. Componente hidrológico del río Consotá cuenca alta.

En la parte alta, donde el río es joven, es suelo rural y la mancha de inundación no afecta zonas urbanizadas. En la zona media, el río Consotá pasa por varios barrios del suelo urbano de Pereira, que se ven afectadas por la mancha de inundación, específicamente por el afluente que se encuentra en la margen derecha que nace en los barrios Boston y San Luis. El modelo muestra que la obra hidráulica usada para canalizar el cauce es insuficiente para transportar el caudal de dicho periodo de retorno. Además, por las características del cauce, el componente hidrológico es determinante en la delimitación de la ronda hídrica, en la zona media y baja del tramo del río Consotá - cuenca media alta.

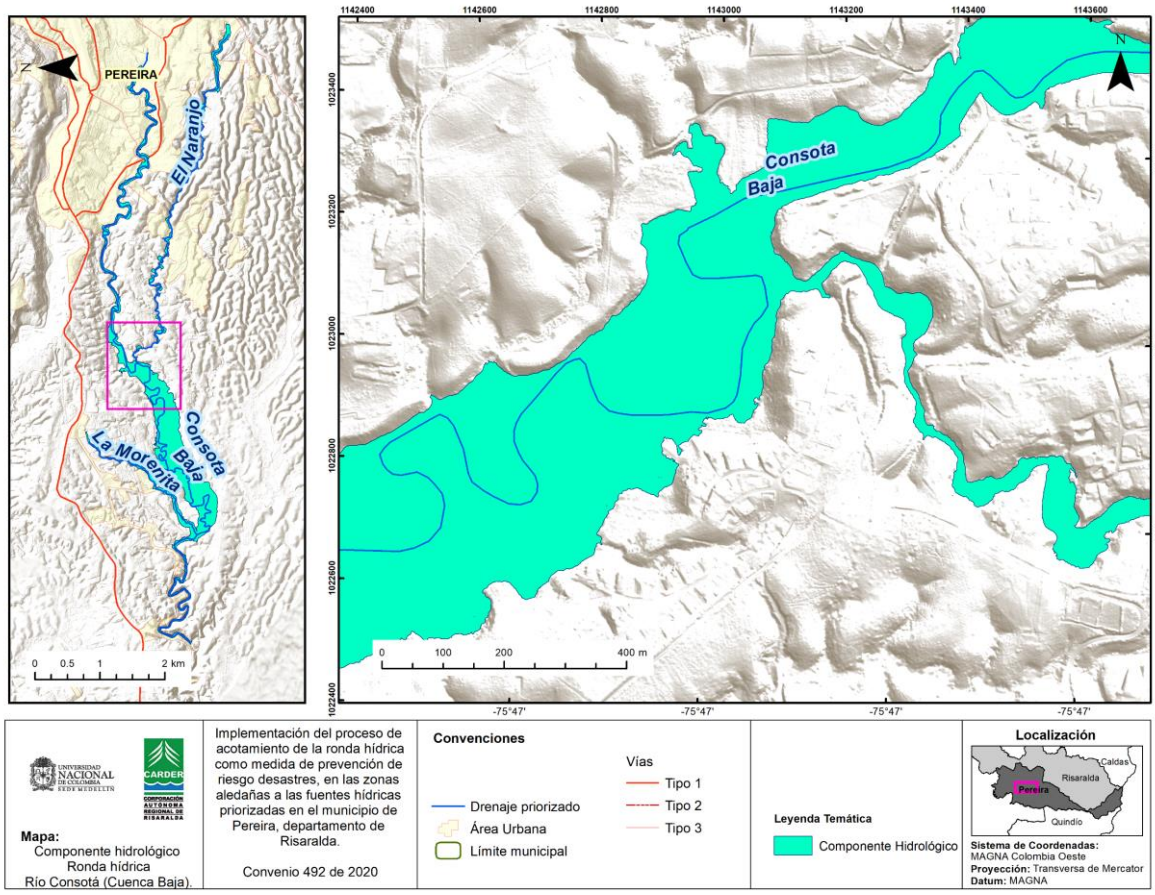


Figura 206. Componente hidrológico del río Consotá cuenca baja.

En el tramo del río Consotá, cuenca media baja, el cauce principal pasa de maduro a viejo para luego rejuvenecerse antes de entregarle al río La Vieja, a su paso por la ciudad de Pereira la mancha de inundación muestra la afectación en suelo urbano de Pereira; también, la zona de mayor extensión de la mancha de inundación en este tramo es la zona baja donde el río divaga formando un cinturón de meandros. Además, en este tramo antes de rejuvenecerse, el componente hidrológico fue importante para definición del límite físico de la ronda hídrica.

5.2.5.9 Quebrada Tinajas (cuenca baja)

La mancha de inundación resultante de la modelación 2D de la quebrada Tinajas para un periodo de retorno de 100 años, definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 207.

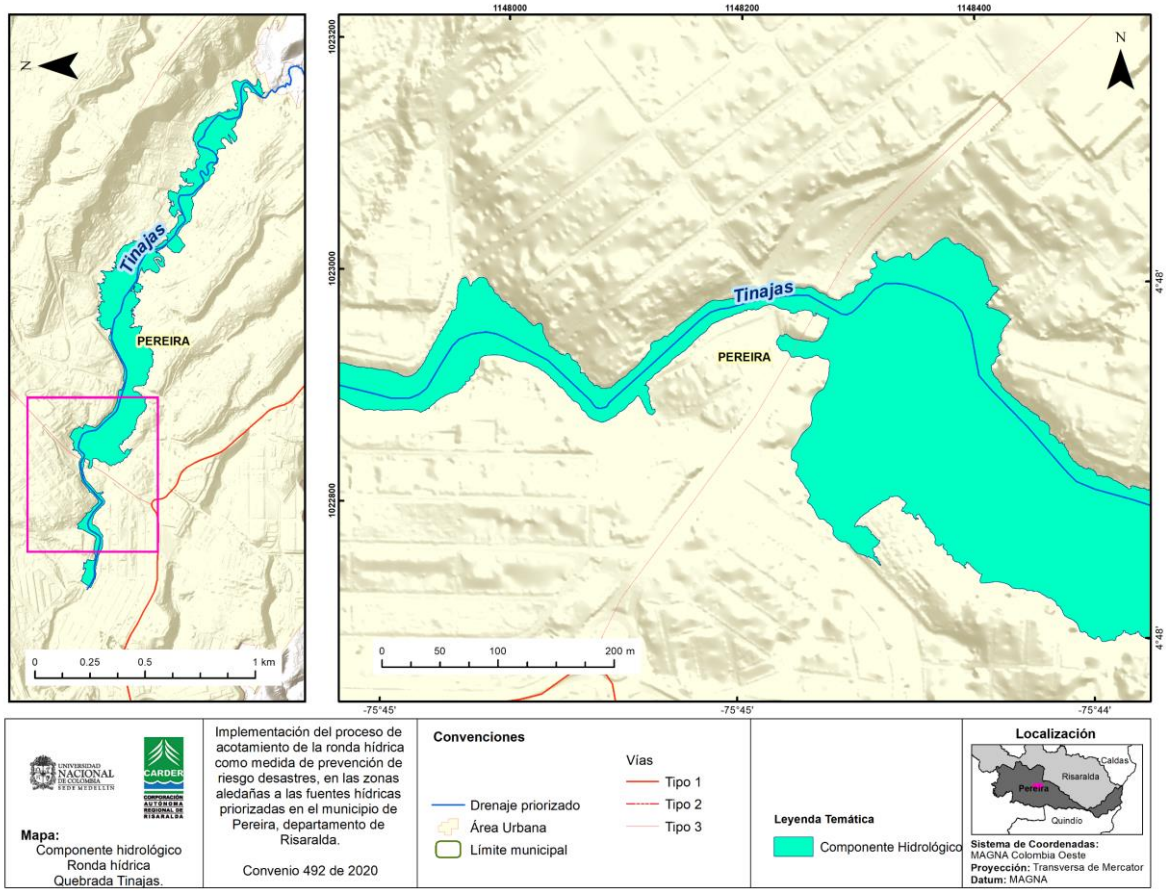


Figura 207. Componente hidrológico de la quebrada Tinajas.

Este tramo en su mayoría está canalizado y hay tres puntos importantes a resaltar según los resultados del modelo: el primero es que la sección de la canalización es insuficiente para transportar el caudal de este periodo de retorno, segundo hay un puente que genera un control hidráulico que provoca un represamiento del flujo aguas arriba de esta obra, y tercero la mancha de inundación afecta áreas urbanizadas del área urbana del municipio de Pereira. Además, por las características de este tramo el componente hidrológico tuvo un gran peso en la definición la ronda hídrica.

5.2.5.10 Quebrada La Dulcera

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada La Dulcera para un periodo de retorno de 100 años en la mayoría del tramo con la unión de la modelación

2D, en la parte baja para un periodo de retorno de 100 años definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 208.

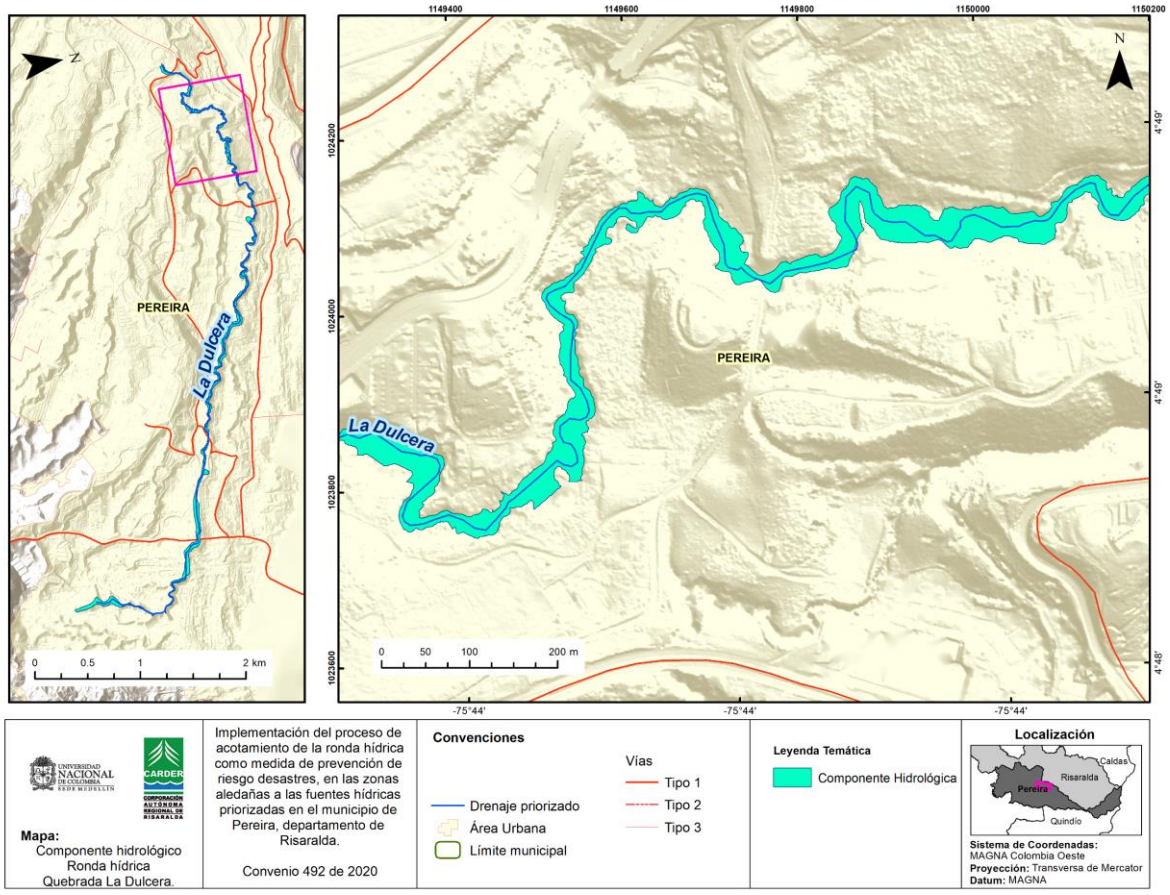


Figura 208. Componente hidrológico de la quebrada La Dulcera.

Como la mayoría del tramo recorre suelo urbano, la mancha de inundación afecta áreas urbanizadas, y el modelo muestra que la mayoría de las obras son insuficientes para transportar el caudal de este periodo de retorno. Además, por las características del tramo el componente hidrológico fue importante en la definición del límite físico de la ronda hídrica.

5.2.5.11 Quebrada El Oso

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada El Oso para un periodo de retorno de 15 años definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 209. Como todo el tramo es rural y encañonado se puede ver que

la mancha de inundación no afecta zonas urbanizadas. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no fue relevante en la delimitación de la ronda hídrica.

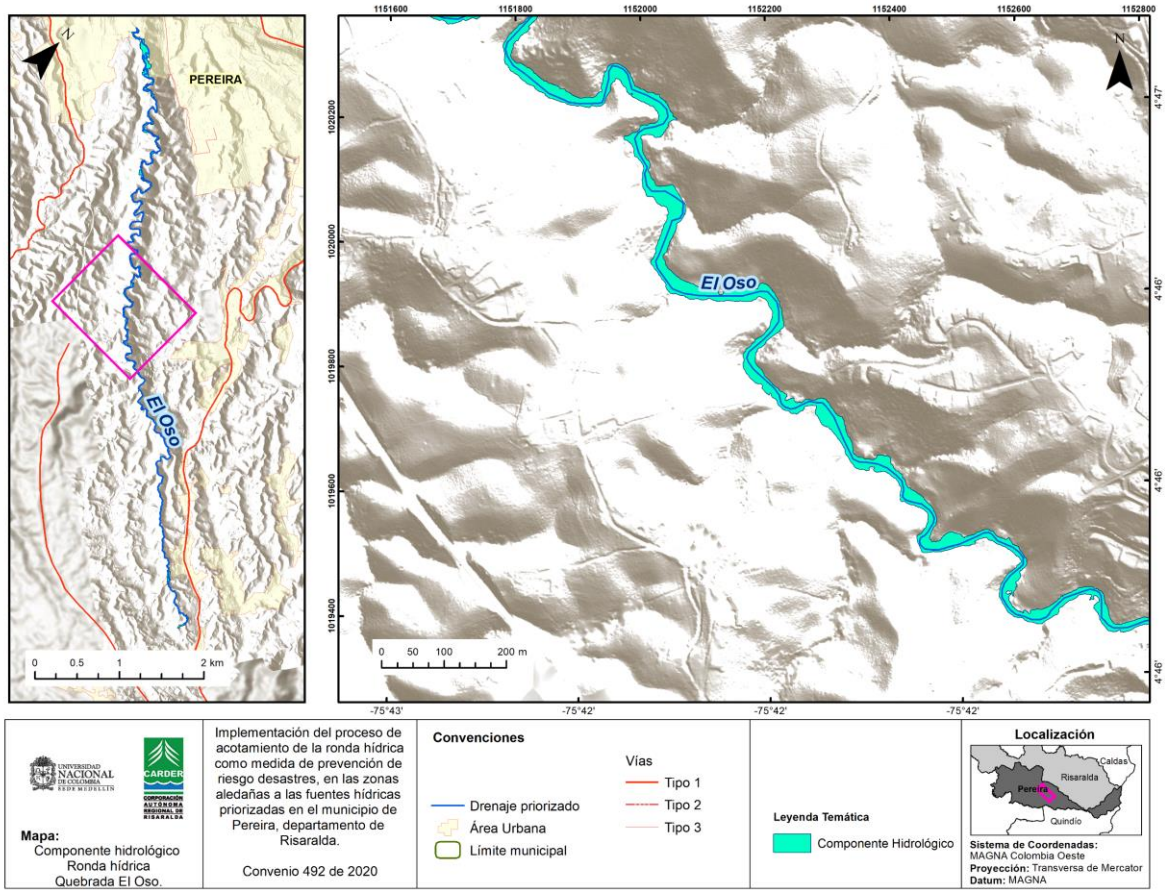


Figura 209. Componente hidrológico de la quebrada El Oso.

5.2.5.12 Quebrada El Chocho

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada El Chocho para un periodo de retorno de 15 años definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 210.

En su mayoría el tramo es rural y encañonado, aunque en algunos puntos se encuentra cercano a zonas urbanizadas, se observan retiros adecuados de las edificaciones al cauce; por lo tanto, la mancha de inundación no los afecta. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no definió la ronda hídrica.

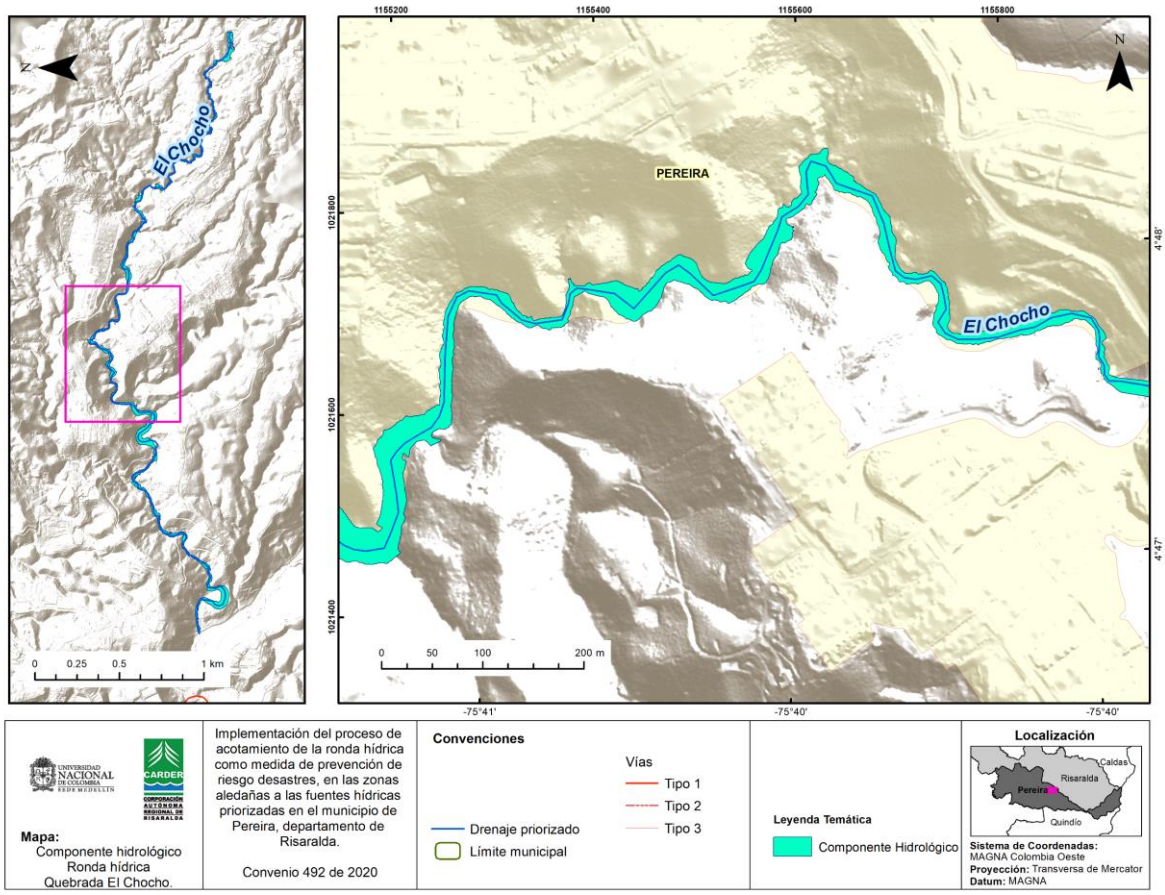


Figura 210. Componente hidrológico de la quebrada El Chocho.

5.2.5.13 Quebrada Púlpito

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada El Púlpito para un periodo de retorno de 15 años delimitó el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 211.

Como todo el tramo es rural y encañonado la mancha de inundación no afecta áreas urbanizadas. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no fue determinante en la delimitación de la ronda hídrica.

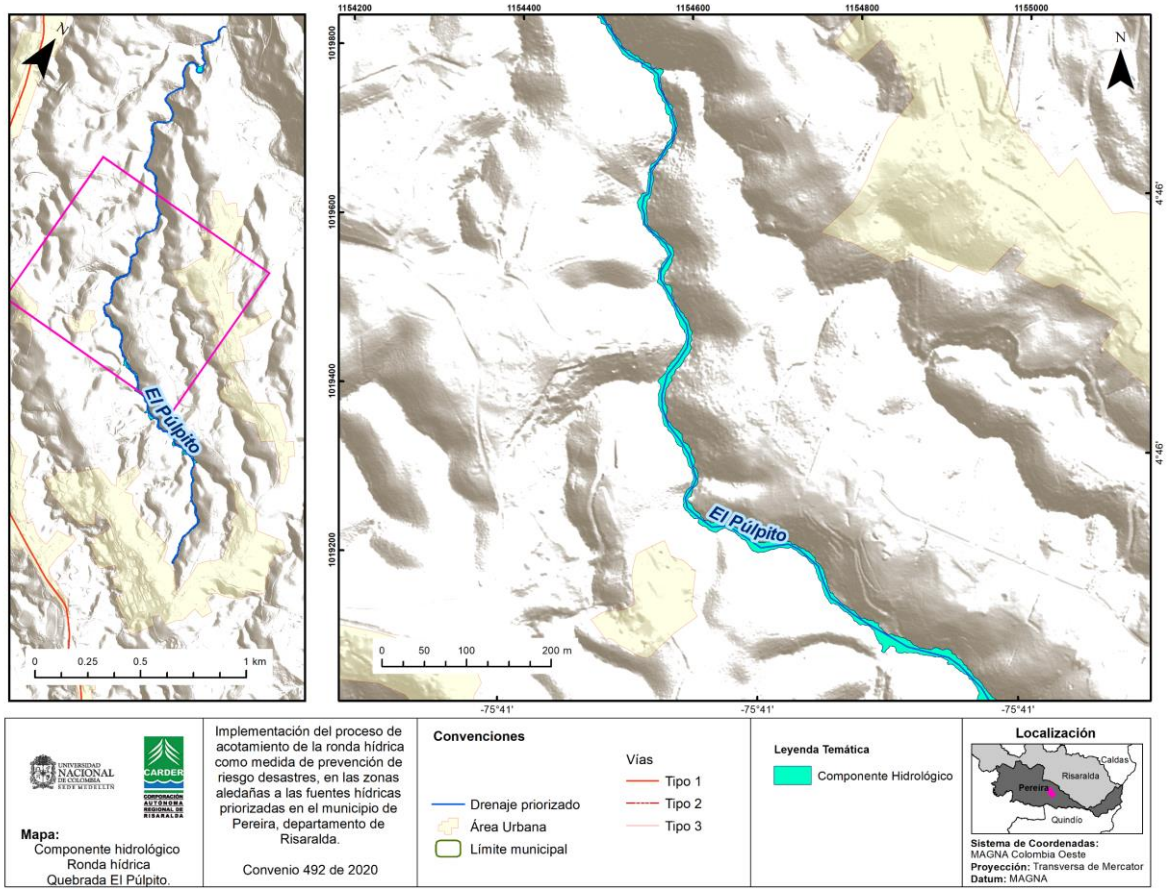


Figura 211. Componente hidrológico de la quebrada El Púlpito.

5.2.5.14 Quebrada La Víbora

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D de la quebrada La Víbora para un periodo de retorno de 15 años definió el componente hidrológico de la ronda hídrica, el cual se presenta en la Figura 212.

Como todo el tramo es rural y encañonado, la mancha de inundación no afecta zonas pobladas. Además, por las características del cauce el componente hidrológico no determinó la delimitación de la ronda hídrica.

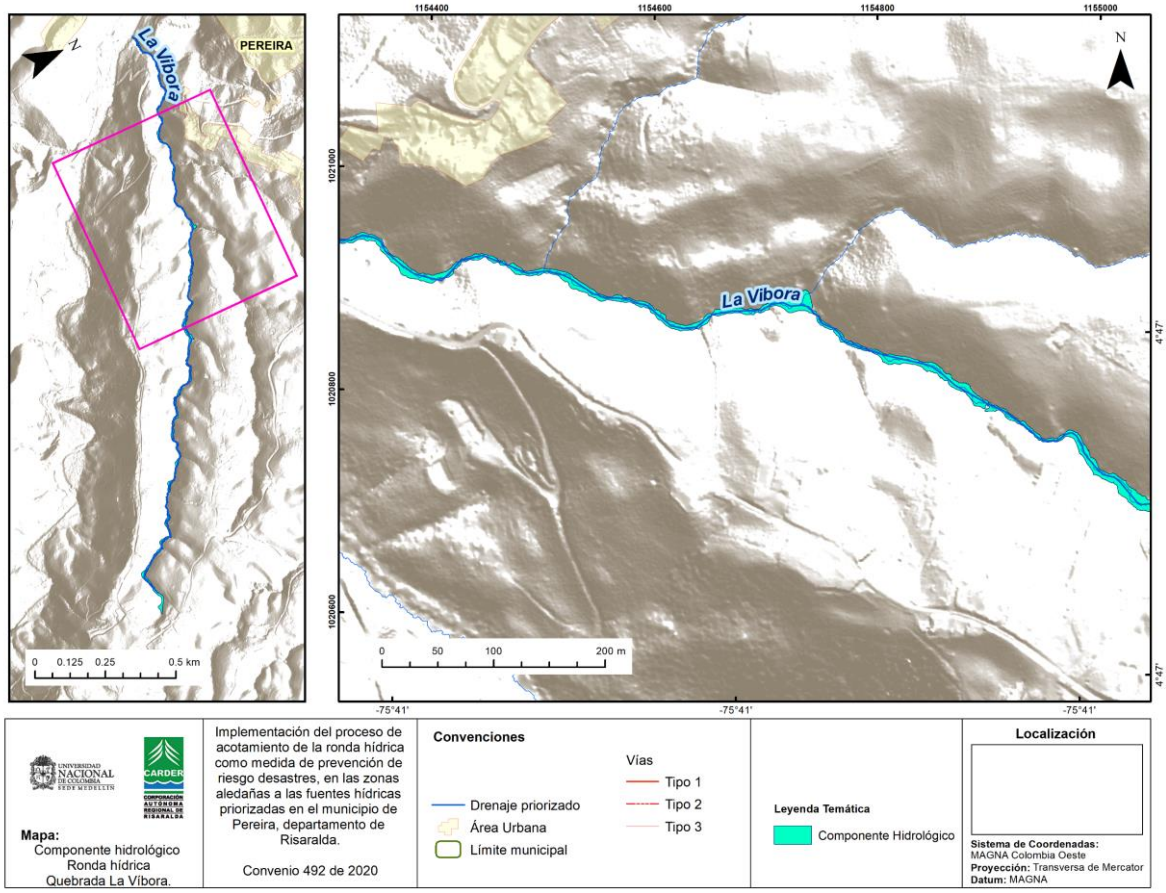


Figura 212. Componente hidrológico de la quebrada La Víbora.

5.2.5.15 Río Otún

La mancha de inundación resultante de la modelación 1D del río Otún para un periodo de retorno de 100 años se define como el componente hidrológico de la ronda hídrica y se presenta en la Figura 213.

Se tiene un tramo principalmente urbano y encañonado, en el que se logra apreciar la cercanía entre la mancha de inundación y zonas pobladas al inicio del tramo priorizado. A lo largo del tramo se observa una intervención antrópica por obras paralelas y transversales, incluyendo una obra de captación de agua para generación de energía. Además, por las características del tramo el componente hidrológico no determinó el límite físico de la ronda hídrica.

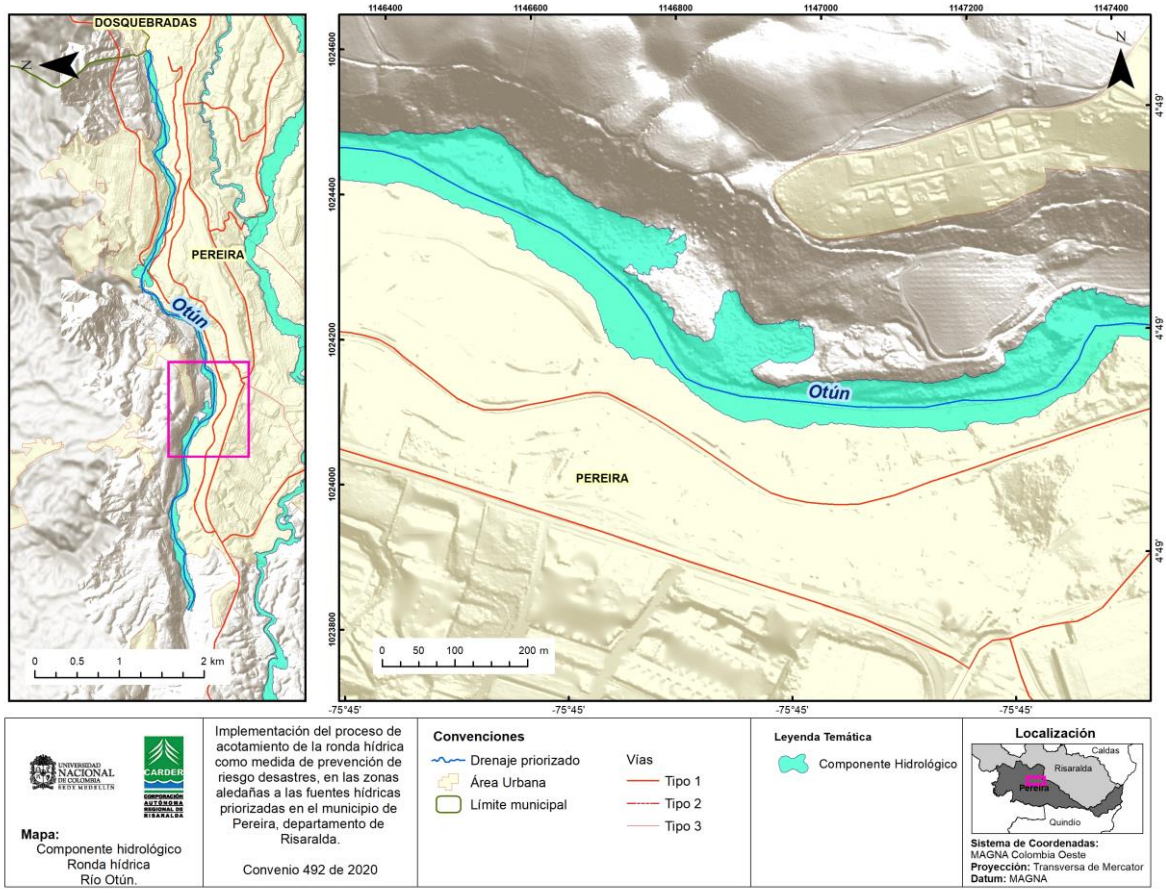


Figura 213. Componente hidrológico del río Otún.

5.3 DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE ECOSISTÉMICO

El componente ecosistémico de la ronda hídrica busca establecer, mantener o recuperar las coberturas vegetales propias de la región en los cuerpos de agua, de forma tal que se mantengan o restablezcan sus funciones ecosistémicas, considerando los demás aspectos relacionados desde los componentes geomorfológico e hidrológico (Minambiente, 2018).

“Este componente está asociado a las funciones ecosistémicas del cuerpo de agua y los componentes bióticos y abióticos de la ribera siendo su vegetación un elemento fundamental para dicho funcionamiento” (Minambiente, 2018). En tal sentido, la vegetación de ribera será el indicador del estado de funcionalidad de la ronda hídrica.

A continuación, se describe el proceso metodológico para su delimitación en los tramos priorizados.

5.3.1 Cálculo de parámetros

El primer paso para delimitar el componente ecosistémico es la definición de las zonas de vida de la cuenca y la altura representativa de las comunidades vegetales que las componen. Con posterioridad se calcula la densidad de drenaje por unidad geomorfológica y el área acumulada o aferente a cada punto de la red de drenaje objeto de estudio. A continuación, se determina la relación entre la densidad de drenaje y el área aferente, N, que permite calcular el ancho de la franja, según la relación N*H. A partir del polígono de cauce permanente se genera la cartografía en la que se define la franja correspondiente al componente (Minambiente, 2018).

5.3.1.1 Zonas de vida

Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, las cuales tienen, tomando en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, una fisonomía similar en cualquier parte del mundo (Holdridge, 1987). El sistema de zonas de vida clasifica las regiones por pisos altitudinales y provincias de humedad (Figura 214).

Para determinar las zonas de vida se utilizaron los datos climáticos reportados en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) de los ríos Otún y La Vieja e información satelital disponible para las variables climáticas, tal como se presenta en la Tabla 39.

La información altitudinal disponible evidencia dos pisos altitudinales en el área de interés para el acotamiento del componente ecosistémico. El primero de ellos se encuentra en la faja basal entre los 0 y los 1.000 m.s.n.m., correspondiente al piso altitudinal Tropical (T). El segundo, el de mayor proporción, se encuentra en la franja entre los 1.000 y los 2.000 m.s.n.m., correspondiente al piso altitudinal Premontano (PM) (Figura 215).

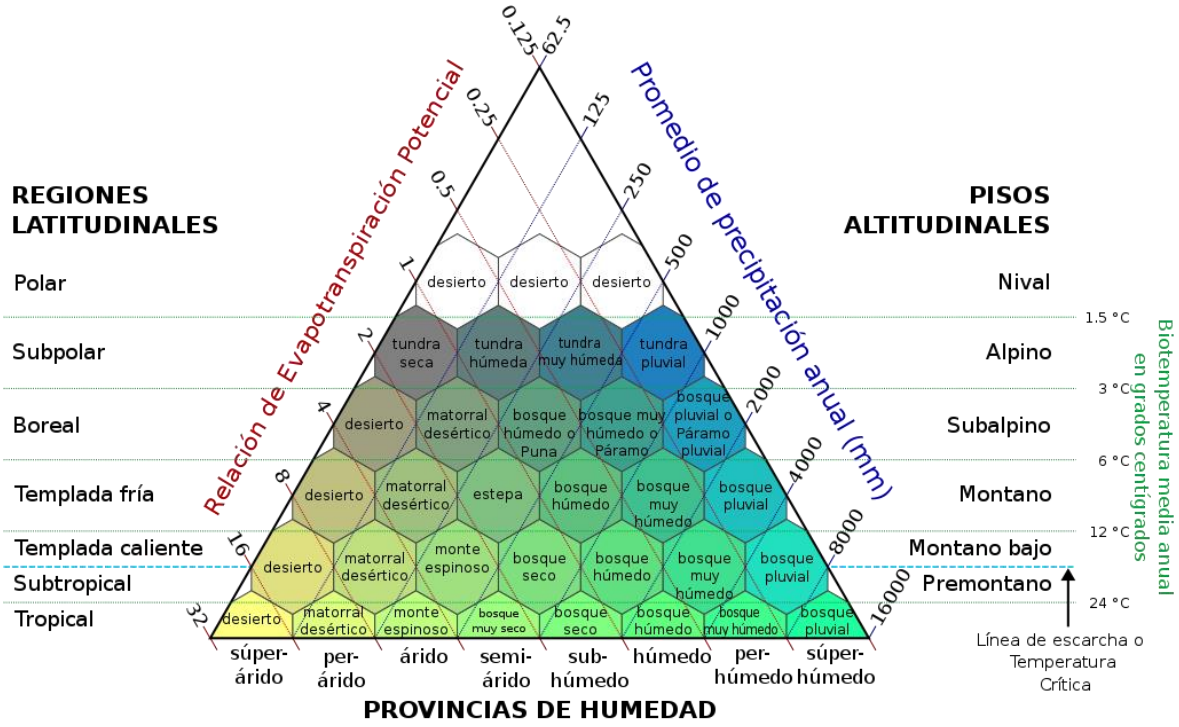


Figura 214. Diagrama para la clasificación de zonas de vida de Holdridge. Fuente: Holdridge, 1987.

Tabla 39. Fuentes de información y procesamiento para modelación de la zona de vida de Holdridge (1987).

Insumo	Fuente de información	Procesamiento	Producto
Modelo digital de elevación	*DEM Alos Palsar* (12,5 m)	Definición de rangos y reclasificación para la extensión de las cuencas Otún y La Vieja	Posición de la faja basal
Temperatura media mensual multianual de largo plazo	*WorldClim* tavg 30 s (1 km)	Cálculo ráster para obtención de promedios anuales, reclasificación en rangos y modelación de la biotemperatura para la extensión de las cuencas Otún y La Vieja.	Biotemperatura (°C)
Precipitación media mensual multianual de largo plazo	*WorldClim* prec 30s (1 km)	Interpolación de información disponible, cálculo ráster de media anual, definición de rangos y reclasificación para la extensión de las cuencas Otún y La Vieja	Promedio de precipitación anual P (mm)
	19_CLIMA/ Isoyetas POMCA Otún (1:25.000)		
	19_CLIMA/ Isoyetas POMCA La Vieja (1:25.000)		

Insumo	Fuente de información	Procesamiento	Producto
Evapotranspiración potencial	19_CLIMA/Evapotranspiración POMCA Otún	Conversión vector a ráster, construcción de mosaico (ráster) y reclasificación. Generación de *fishnet* para la extensión de las cuencas Otún y La Vieja. Análisis zonal de ETP Cálculo ráster de la relación ETP/P	Relación de la evapotranspiración potencial P (mm)/ ETP (mm)
	19_CLIMA/Evapotranspiración POMCA La Vieja		

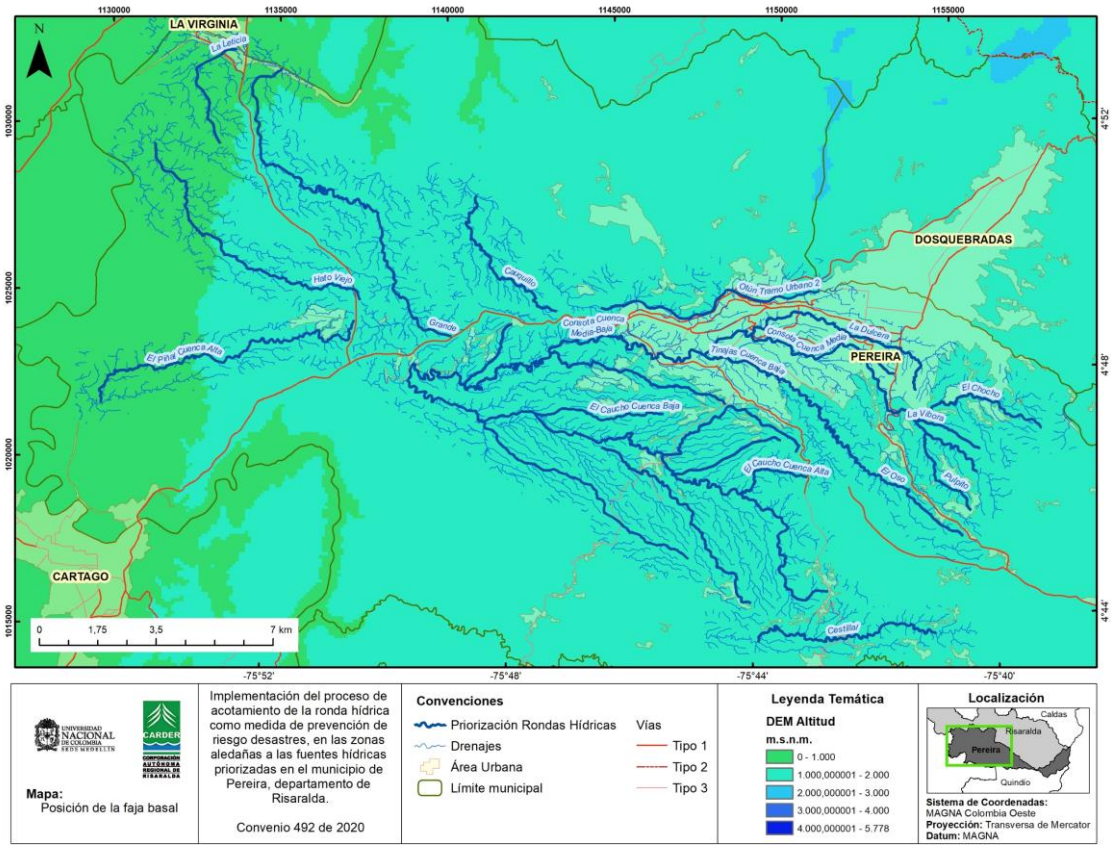


Figura 215. Posición faja basal

La distribución espacial de la biotemperatura media anual se calculó a partir de la temperatura media anual y la elevación sobre el nivel del mar. Estas variables se espacializaron para la zona de estudio y se identificaron los rangos para la conversión de temperatura a biotemperatura. Cuando la temperatura media está entre 6°C y 24°C, la biotemperatura media anual (°C) es igual a la temperatura media anual (°C). Para la zona de estudio, la biotemperatura se registró de manera homogénea en un rango entre 12°C y

24 °C. Esta información fue validada con la Zonificación Climática de los POMCAS de los ríos Otún y La Vieja (Figura 216).

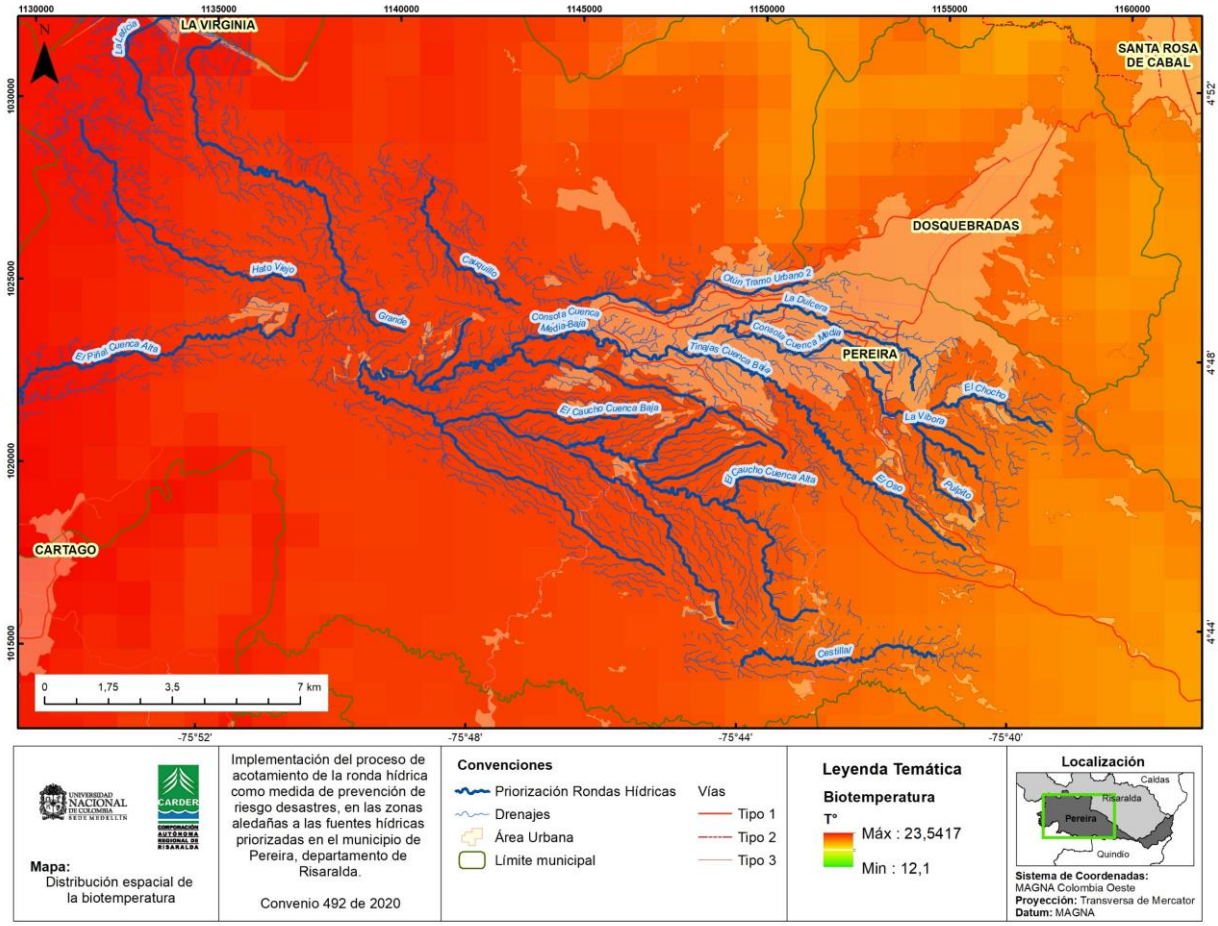


Figura 216. Distribución espacial de la biotemperatura (°C)

En la zona de estudio la precipitación varía entre 1.082 y 2.566 mm/año, permitiendo generar dos rangos de clasificación, el primero entre 1.082 y 2.000, y el segundo entre 2.001 y 2.566 mm/año (Figura 217).

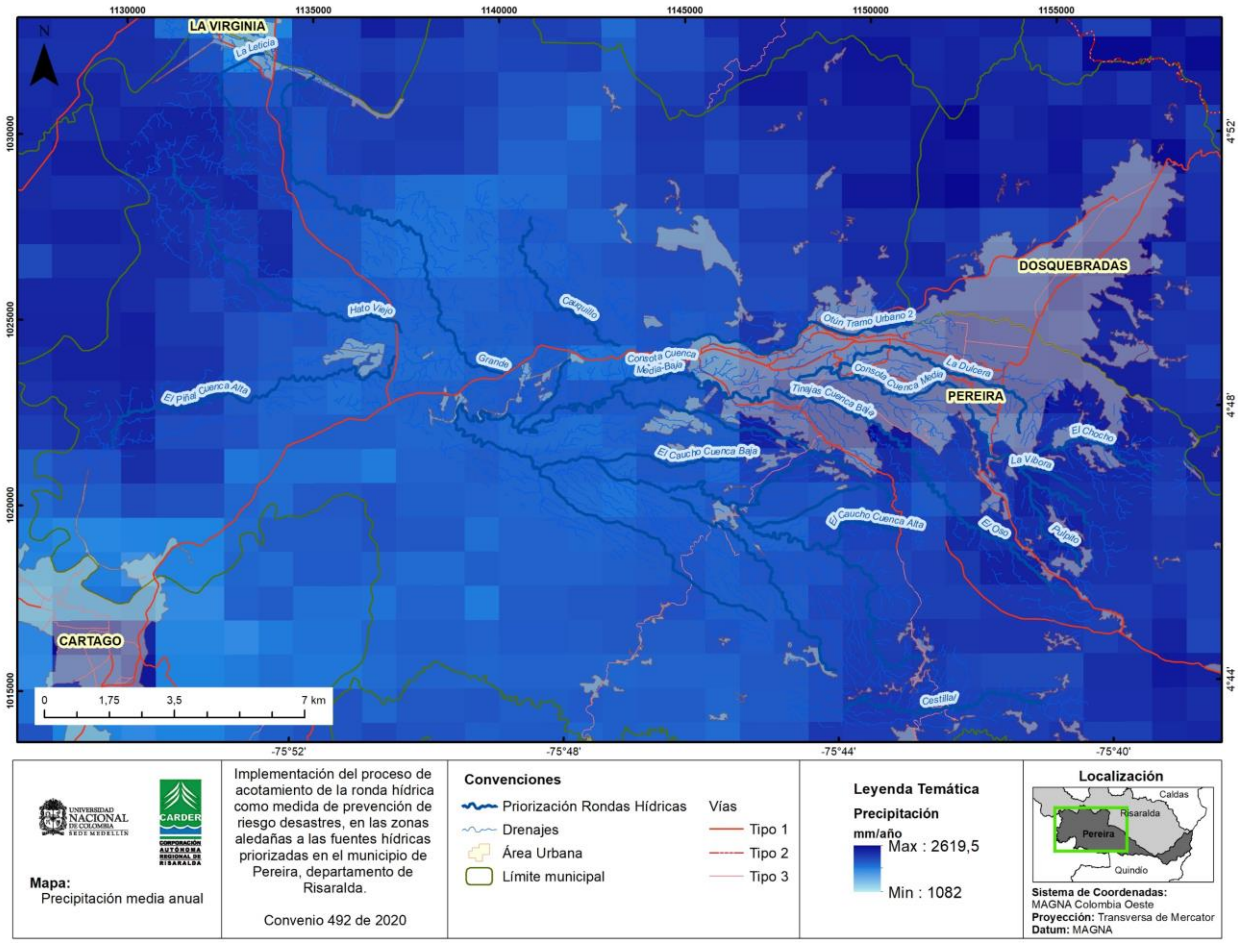


Figura 217. Distribución espacial de la Precipitación (mm)

La evapotranspiración potencial (ETP) varía entre 285 y 1.423 mm/año de acuerdo con la información consolidada de los POMCAS de los ríos Otún y La Vieja (Figura 218).

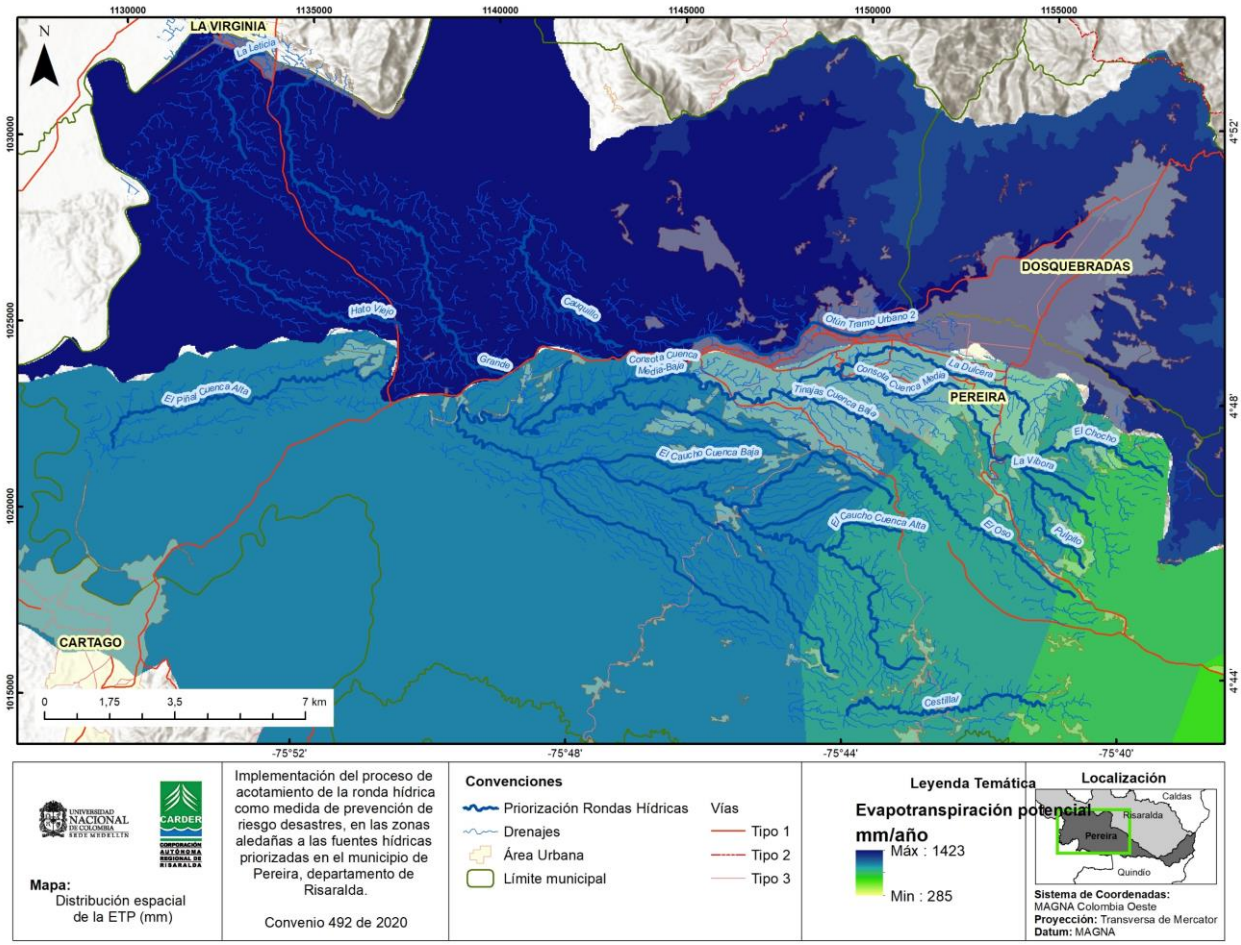


Figura 218. Distribución espacial de la ETP (mm)

Luego de obtener la distribución espacial rasterizada de la precipitación y la evapotranspiración, se calculó la relación de evapotranspiración mediante la razón ETP/P, que genera dos rangos: uno entre 0,36 y 0,5 y otro entre 0,51 y 1 (Figura 219).

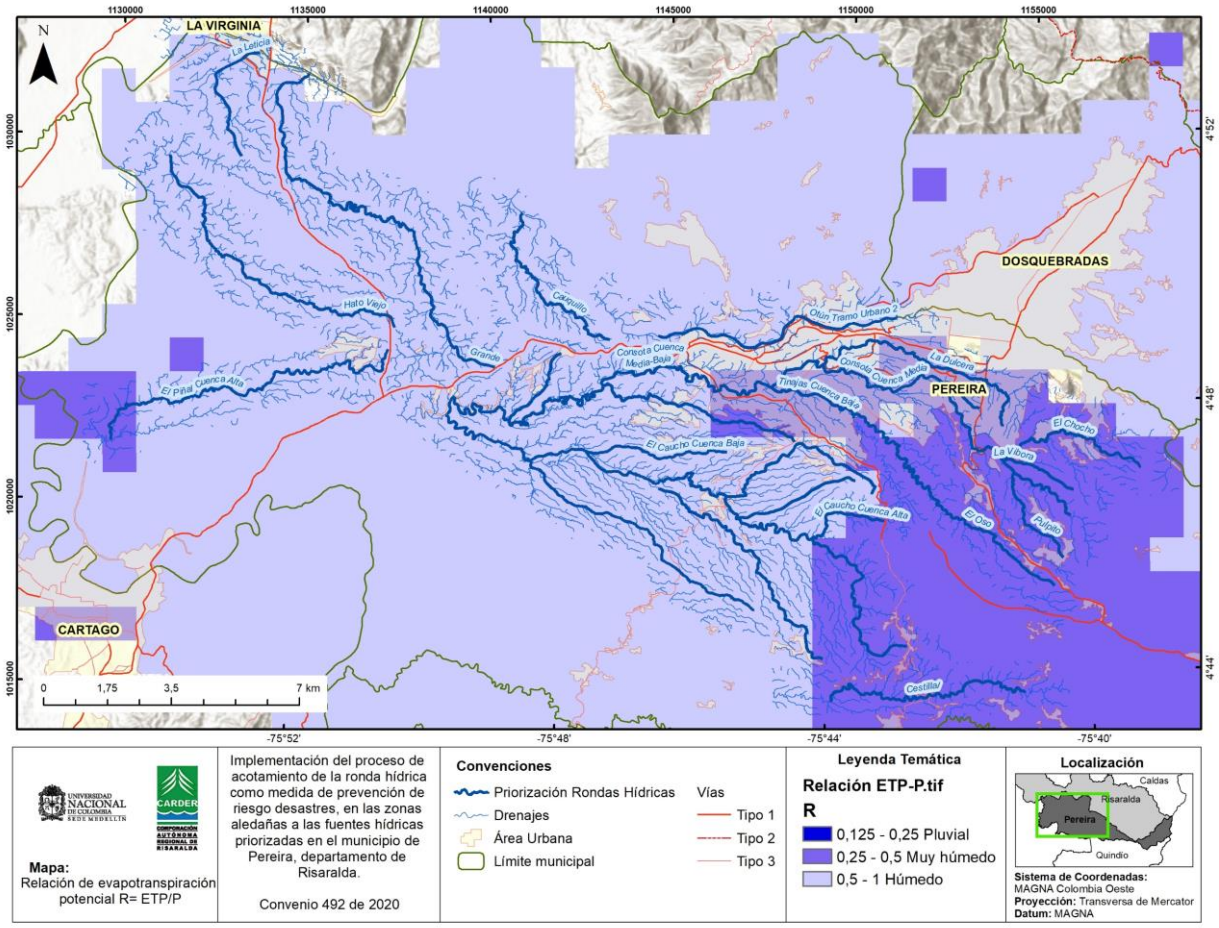


Figura 219. Relación de evapotranspiración potencial R= ETP/P

De este modo se definen para el área del proyecto tres zonas de vida: bosque húmedo Tropical (bh-T), bosque húmedo Premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM) (Figura 220).

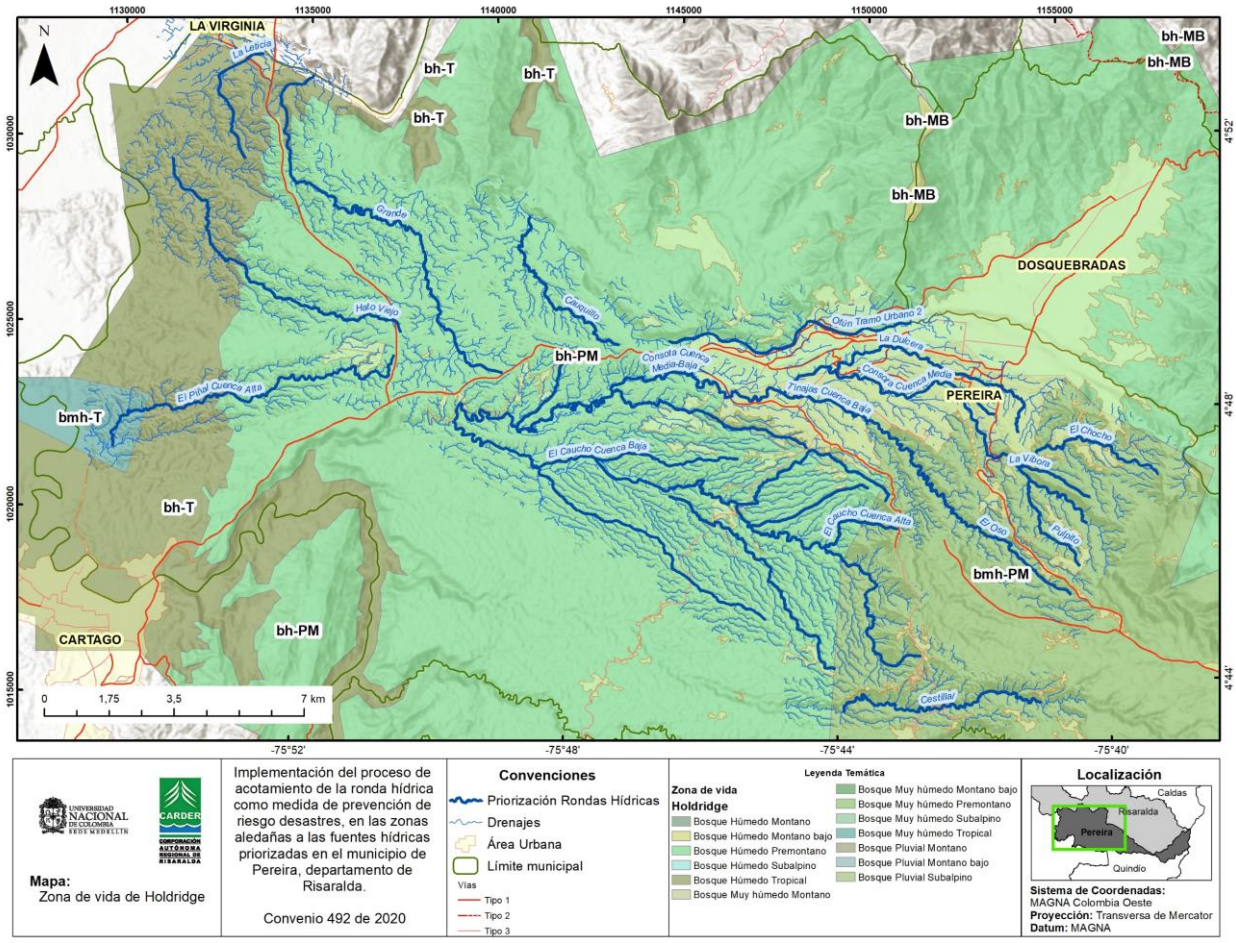


Figura 220. Distribución espacial de las zonas de vida en los tramos de interés para el acotamiento de la ronda hídrica.

5.3.1.2 Cálculo altura media de dosel (H)

El cálculo de la altura media del dosel de una comunidad vegetal (H) busca caracterizar la vegetación nativa que exista o haya existido en el territorio, no la cobertura vegetal intervenida a nivel de plantaciones forestales, bosques intervenidos, cultivos, pastos o cualquier otra cobertura que no corresponda a las condiciones naturales (Minambiente, 2018).

La altura, H, como parámetro permite interpretar el dosel medio de la comunidad vegetal asociada a la zona de vida, la cual delimita una faja que busca establecer, mantener o inducir las condiciones para el desarrollo de comunidades animales y vegetales de la zona,

entendiendo que esta faja, tal como lo platea Chen (1991), cuando es de 3H garantizan que la temperatura del suelo y del aire, la velocidad relativa del viento, la humedad del suelo y la radiación solar alcancen una efectividad acumulada de 100%.

Los estudios florísticos realizados en la zona pueden servir de insumo para el cálculo de H. Para ello se consultaron los POMCAS de los ríos Otún y La Vieja. En ambos casos se reportó información de campo para caracterizar la cobertura bosque denso. Para el río Otún se levantaron 27 parcelas de monitoreo de 400 m^2 cada una, se identificaron 63 familias, 139 géneros, 254 especies y 491 individuos. Para el río La Vieja se realizaron 33 parcelas de muestreo, se registraron 73 familias, 144 géneros, 190 especies y un total de 2.917 individuos.

Evaluadas las bases de datos asociadas a ambos POMCAS se observó que entre las especies reportadas con los IVIs más altos se registraron especies heliófitas típicas de zonas abiertas o vegetación secundaria como el *Oreopanax incisus*, *Miconia theazeans, Cecropia telealba, Croton smithianus, Heliocarpus americanus, Miconia sp y el Fraxinus chinensis*, reconocida como una especie introducida. Esta condición muestra una vegetación secundaria y no propiamente un bosque denso, definido, según la Metodología de Corine Land Cover para Colombia, como "constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, con altura superior a 5 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales…*"* (Ideam, 2010).

En las vistas de campo realizadas a las áreas priorizadas en el proyecto se encontró que la vegetación riparia asociada a los diferentes tramos, en las tres zonas de vida, tiene dominancia de guadua, especie de rápido crecimiento que compite con las especies nativas de la región, generando un continuo que en los mapas de coberturas se denotan como "bosque de guadua" (Figura 221).

Por las razones antes expuestas se optó por identificar la vegetación que alguna vez ocupó naturalmente las áreas estudiadas haciendo uso del Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia en la página http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/ de Bernal, Río, S.Río Gradstein & M. Celis (eds.) (2019). Para la selección se utilizó la herramienta "búsqueda avanzada" con los siguientes filtros:

- Departamento: Risaralda
- Hábito: árbol

- Origen: nativa
- Rango altitudinal: 0 -1.000 m.s.n.m (para bh-T) y 1.000.-.2.000 m.s.n.m (para bh-PM y bmh-PM)



Figura 221. Vegetación riparia con dominancia de guadua

A través de la plataforma del Programa de Informática de la Biodiversidad del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá se consolidaron las listas de especies.

En total, se registraron 287 especies arbóreas para el bh-T y 438 para bh-PM y bmh-PM. Se realizó un segundo filtro para descartar especies invasoras, heliófitas y demás especies típicas de bosques secundarios intervenidos, vegetación secundaria alta y áreas abiertas. Se conformó un listado de 38 especies para bh-T y 43 especies para bh-PM y bmh-PM con especies típicas y representativas de bosques conservados.

Para estimar la altura media del dosel de las comunidades vegetales típicas se calculó la altura promedio de las 12 especies más representativas del bh-T y 11 para el bh-PM y el bmh-PM. Para cada una de ellas se realizó una búsqueda de ejemplares depositados en las colecciones científicas del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia. Estas colecciones comprenden alrededor de 940.000 especímenes y representan la más completa muestra de la diversidad biológica de Colombia (http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/) (Tabla 40).

Se realizó un nuevo filtro para seleccionar especies ubicadas en Risaralda, Quindío o Valle del Cauca. Para todos los individuos registrados en el herbario virtual, por cada especie, se registró entre una y tres alturas. Estos datos que permitieron calcular la altura promedio por especie. Posteriormente, se obtuvo la altura media del dosel (H) como una aproximación a los bosques nativos del área.

En definitiva, se determinó una altura media de 19,9 m para el bh-T, y 15,5 m para bh-PM y bmh-PM (Tabla 41 y Tabla 42).

Tabla 40. Especies por zona de vida

Zona de vida	Familia	*Nombre*	Hábito	Altitud	
				Mínimo	Máximo
bh-T	Annonaceae	*Guatteria alta*	Árbol	250	1.325
bh-T	Arecaceae	*Attalea butyracea*	Árbol, palma solitaria	0	1.000
bh-T	Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	Árbol, palma solitaria	0	1.000
bh-T	Arecaceae	*Socratea exorrhiza*	Árbol, palma solitaria	0	1.150
bh-T	Arecaceae	*Wettinia quinaria*	Árbol, palma solitaria	0	1.100
bh-T	Arecaceae	*Wettinia radiata*	Árbol, arbusto	0	1.000
bh-T	Bignoniaceae	*Jacaranda hesperia*	Árbol, arbusto	0	960
bh-T	Calophyllaceae	*Calophyllum brasiliense*	Árbol, arbusto, arbolito	0	2.300
bh-T	Fabaceae	*Inga marginata*	Árbol	0	2.350
bh-T	Fabaceae	*Inga oerstediana*	Árbol	60	2.800
bh-T	Fabaceae	*Inga punctata*	Árbol	0	2.780
bh-T	Rubiaceae	*Ladenbergia oblongifolia*	Árbol	150	2.340
bh-T	Burseraceae	*Protium macrophyllum*	Árbol	100	1.290
bh-T	Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa*	Árbol	20	2.450
bh-T	Euphorbiaceae	*Alchornea latifolia*	Árbol	200	2.800
bh-T	Fabaceae	*Inga acrocephala*	Árbol	30	2.250
bh-T	Fabaceae	*Inga leiocalycina*	Árbol	20	2.300

Zona de vida	Familia	*Nombre*	Hábito	Altitud	
				Mínimo	Máximo
bh-T	Fabaceae	*Inga ruiziana*	Árbol	0	2.150
bh-T	Fabaceae	*Inga sapindoides*	Árbol	50	1.600
bh-T	Fabaceae	*Inga venusta*	Árbol	50	1.800
bh-T	Lauraceae	*Cinnamomum triplinerve*	Árbol	0	2.600
bh-T	Lauraceae	*Nectandra turbacensis*	Árbol	30	1.400
bh-T	Lauraceae	*Ocotea puberula*	Árbol	100	1.500
bh-T	Lauraceae	*Ocotea veraguensis*	Árbol	0	1.000
bh-T	Malvaceae	*Matisia castano*	Árbol	0	1.400
bh-T	Malvaceae	*Matisia leptandra*	Árbol	0	600
bh-T	Malvaceae	*Matisia obliquifolia*	Árbol	0	2.200
bh-T	Moraceae	*Ficus apollinaris*	Árbol	400	2.300
bh-T	Moraceae	*Ficus coerulescens*	Árbol	100	1.550
bh-T	Moraceae	*Ficus insipida*	Árbol	0	2.850
bh-T	Moraceae	*Ficus velutina*	Árbol	350	3.100
bh-T	Myristicaceae	*Otoba novogranatensis*	Árbol, arbolito	0	2.150
bh-T	Phyllanthaceae	*Hieronyma alchorneoides*	Árbol	0	1.580
bh-T	Phyllanthaceae	*Hieronyma oblonga*	Árbol	0	2.780
bh-T	Rubiaceae	*Genipa americana*	Árbol, arbusto, Arbolito,	0	1.850

Zona de vida	Familia	*Nombre*	Hábito	Altitud	
				Mínimo	Máximo
bh-T	Sapotaceae	*Chrysophyllum argenteum*	Árbol	10	1.600
bh-T	Sapotaceae	*Pouteria multiflora*	Árbol	100	2.000
bh-T	Violaceae	*Leonia triandra*	Árbol	30	900
bh-PM; bmh-PM	Arecaceae	*Wettinia fascicularis*	Árbol, arbusto	1.200	2.200
bh-PM; bmh-PM	Arecaceae	*Wettinia kalbreyeri*	Árbol, palma solitaria	400	2.500
bh-PM; bmh-PM	Calophyllaceae	*Calophyllum brasiliense*	Árbol, arbusto, arbolito,	0	2.300
bh-PM; bmh-PM	Fabaceae	*Inga marginata*	Árbol	0	2.350
bh-PM; bmh-PM	Fabaceae	*Inga oerstediana*	Árbol	60	2.800
bh-PM; bmh-PM	Fabaceae	*Inga punctata*	Árbol	0	2.780
bh-PM; bmh-PM	Icacinaceae	*Calatola costaricensis*	Árbol, arbusto	280	2.600
bh-PM; bmh-PM	Phyllanthaceae	*Hieronyma oblonga*	Árbol	0	2.780
bh-PM; bmh-PM	Rosaceae	*Prunus subcorymbosa*	Árbol	870	2.300
bh-PM; bmh-PM	Rubiaceae	*Coussarea vallis*	Árbol	600	1.900
bh-PM; bmh-PM	Rubiaceae	*Ladenbergia oblongifolia*	Árbol	150	2.340
bh-PM; bmh-PM	Arecaceae	*Socratea rostrata*	Árbol, palma solitaria	500	1.800
bh-PM; bmh-PM	Arecaceae	*Wettinia castanea*	Árbol, palma solitaria	1.300	1.800
bh-PM; bmh-PM	Brunelliaceae	*Brunellia comocladifolia*	Árbol	800	3.100
bh-PM; bmh-PM	Brunelliaceae	*Brunellia occidentalis*	Árbol, arbusto	850	2.800

Zona de vida	Familia	*Nombre*	Hábito	Altitud	
				Mínimo	Máximo
bh-PM; bmh-PM	Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa*	Árbol	20	2.450
bh-PM; bmh-PM	Euphorbiaceae	*Alchornea latifolia*	Árbol	200	2.800
bh-PM; bmh-PM	Fabaceae	*Inga acrocephala*	Árbol	30	2.250
bh-PM; bmh-PM	Fabaceae	*Inga leiocalycina*	Árbol	20	2.300
bh-PM; bmh-PM	Fabaceae	*Inga micheliana*	Árbol	750	2.430
bh-PM; bmh-PM	Fabaceae	*Inga ruiziana*	Árbol	0	2.150
bh-PM; bmh-PM	Fabaceae	*Inga villosissima*	Árbol	200	2.500
bh-PM; bmh-PM	Lauraceae	*Ocotea puberula*	Árbol	100	1.500
bh-PM; bmh-PM	Magnoliaceae	*Magnolia chocoensis*	Árbol	1.450	1.900
bh-PM; bmh-PM	Magnoliaceae	*Magnolia gilbertoi*	Árbol	1.800	3.300
bh-PM; bmh-PM	Magnoliaceae	*Magnolia hernandezii*	Árbol	1.700	2.600
bh-PM; bmh-PM	Magnoliaceae	*Magnolia wolfii*	Árbol	1.800	1.800
bh-PM; bmh-PM	Magnoliaceae	*Magnolia yarumalensis*	Árbol	1.800	2.800
bh-PM; bmh-PM	Meliaceae	*Ruagea glabra*	Árbol	630	3.350
bh-PM; bmh-PM	Meliaceae	*Trichilia pallida*	Árbol, arbusto, arbolito	2	2.500
bh-PM; bmh-PM	Moraceae	*Clarisia biflora*	Árbol, arbolito,	100	2.000
bh-PM; bmh-PM	Moraceae	*Ficus apollinaris*	Árbol	400	2.300
bh-PM; bmh-PM	Moraceae	*Ficus insipida*	Árbol	0	2.850

Zona de vida	Familia	*Nombre*	Hábito	Altitud	
				Mínimo	Máximo
bh-PM; bmh-PM	Moraceae	*Ficus velutina*	Árbol	350	3.100
bh-PM; bmh-PM	Myristicaceae	*Otoba novogranatensis*	Árbol, arbusto	0	2.150
bh-PM; bmh-PM	Rosaceae	*Prunus littlei*	Árbol	800	2.300
bh-PM; bmh-PM	Rubiaceae	*Elaeagia karstenii*	Árbol	950	1.950
bh-PM; bmh-PM	Rubiaceae	*Elaeagia myriantha*	Árbol	400	2.746
bh-PM; bmh-PM	Rubiaceae	*Macbrideina peruviana*	Árbol	250	1.500
bh-PM; bmh-PM	Rubiaceae	*Posoqueria velutina*	Árbol	1240	2.810
bh-PM; bmh-PM	Sabiaceae	*Meliosma meridensis*	Árbol	1250	2.820
bh-PM; bmh-PM	Sapindaceae	*Billia rosea*	Árbol	600	3.150
bh-PM; bmh-PM	Sapotaceae	*Pouteria multiflora*	Árbol	100	2.000

Fuente: http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es

Tabla 41. Distribución de especies las zonas de vida bh-T

Familia	N.C	H	Código barras	H	Código barras	H	Código barras	H media (m)
Annonaceae	*Guatteria alta*	15	COL000215090	20	COL000215095			17,5
Arecaceae	*Attalea butyracea*	40	COL000248800	30	COL000248800	20	COL000248800	30,0
Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	15	COL000252380	20	COL000252378	20	COL000252376	18,3
Arecaceae	*Socratea exorrhiza*	15	COL000247963	15	COL000253069			15,0
Arecaceae	*Wettinia quinaria*	12	COL000253588	15	COL000253630			13,5
Arecaceae	*Wettinia radiata*	20	COL000253595	20	COL000253622			20,0

Familia	N.C	H	Código barras	H	Código barras	H	Código barras	H media (m)
Bignoniaceae	*Jacaranda hesperia*	25	COL000004324	25	COL000211974	25	COL000211973	25,0
Calophyllaceae	*Calophyllum brasiliense*	30	COL000116032	25	COL000116041	25	COL000116019	26,7
Fabaceae	*Inga marginata*	16	COL000188014					16,0
Fabaceae	*Inga oerstediana*	20	COL000188322	18	COL000188348			19,0
Fabaceae	*Inga punctata*	20	COL000188704					20,0
Rubiaceae	*Ladenbergia oblongifolia*	18	COL000375042					18,0
Altura promedio H (m)								**19,9**

Fuente: http://www.biovirtual.unal.edu.co/es

Nota: Se referencia el “código de barras” del herbario COL, donde se puede verificar el dato de la altura que se reporta para cada especie

Tabla 42. Distribución de especies las zonas de vida bh-PM y bmh-PM

Familia	N.C	H	Código barras	H	Código barras	H	Código barras	H media (m)
Arecaceae	*Wettinia fascicularis*	13	COL000253454	13	COL000253451	13	COL000253456	13,0
Arecaceae	*Wettinia kalbreyeri*	20	COL000248111					20,0
Calophyllaceae	*Calophyllum brasiliense*	30	COL000116032	25	COL000116041	25	COL000116019	26,7
Fabaceae	*Inga marginata*	16	COL000188014					16,0
Fabaceae	*Inga oerstediana*	20	COL000188322	18	COL000188348			19,0
Fabaceae	*Inga punctata*	9	COL000188720					9,0
Icacinaceae	*Calatola costaricensis*	15	COL000380722	12	COL000049874			13,5
Phyllanthaceae	*Hieronyma oblonga*	10	COL000393508	18	COL000393552	8	COL000393551	12,0
Rosaceae	*Prunus subcorymbosa*	14	COL000461375					14,0
Rubiaceae	*Coussarea vallis*	9	COL000165101					9,0

Familia	N.C	H	Código barras	H	Código barras	H	Código barras	H media (m)
Rubiaceae	*Ladenbergia oblongifolia*	18	COL000375042					18,0
Altura promedio H (m)								**15,5**

Fuente: http://www.biovirtual.unal.edu.co/es

Nota: Se referencia el “código de barras” del herbario COL, donde se puede verificar el dato de la altura que se reporta para cada especie

5.3.1.3 Definición de N: Densidad de drenaje (Dd) por unidad Geomorfológica

N expresa la relación entre los patrones de drenaje y la morfología de un territorio. Para su cálculo se utilizaron las unidades geomorfológicas cartografiadas en los Planes de Ordenación y Manejo de los ríos Otún y La Vieja. Para ello se homologaron los nombres de las unidades geomorfológicas, tal como se muestra en la Figura 222.

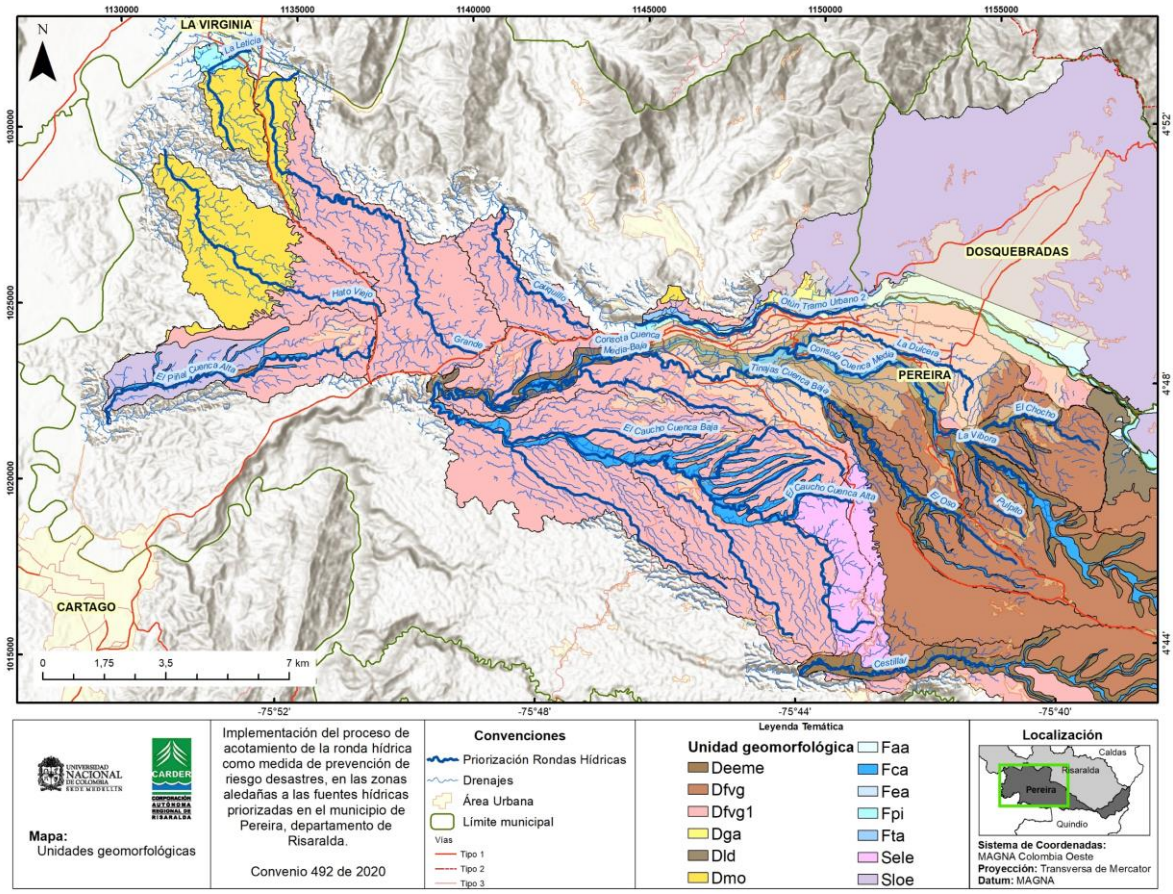


Figura 222. Unidades geomorfológicas cuencas de los ríos Otún y La Vieja.

La densidad de drenaje (km/km^2) se calculó para las subcuencas aferentes en los tramos seleccionados (Figura 223). En la Tabla 43 se presenta la relación de las unidades geomorfológicas por subcuenca.

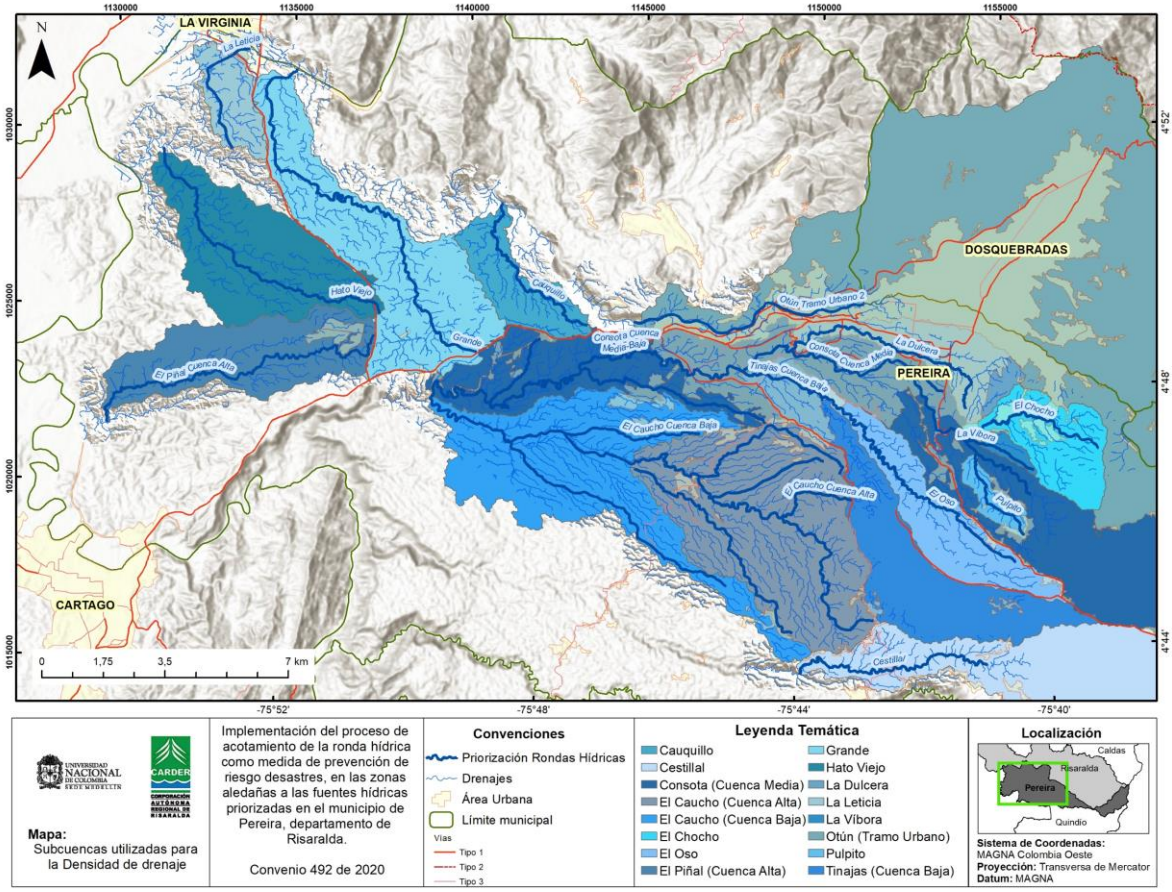


Figura 223. Subcuencas utilizadas para el cálculo de Dd.

Tabla 43. Unidades geomorfológicas por Subcuenca

Subcuenca	Unidad geomorfológica	Área (ha)
Cauquillo	Abanico	5545,43
	Llanuras Inundación	2,93
Cestillal	Abanico	8851,86
	Cauce aluvial	134,04
	Escarpe de erosión menor	583,18
	Ladera estructural de espinazo	810,54
Consotá (Cuenca Media)	Abanico	22461,28
	Cauce aluvial	3435,19
	Escarpe de erosión menor	3500,20
	Ladera denudada	1397,92

Subcuenca	Unidad geomorfológica	Área (ha)
	Terrazas fluviales	5,41
El Caucho (Cuenca Alta)	Abanico	7930,33
	Cauce aluvial	1145,06
	Escarpe de erosión menor	382,66
	Ladera estructural de espinazo	810,54
El Caucho (Cuenca Baja)	Abanico	7930,33
	Cauce aluvial	1145,06
	Escarpe de erosión menor	382,66
	Terrazas fluviales	5,41
El Chocho	Abanico	12071,98
	Cauce aluvial	1145,06
	Escarpe de erosión menor	877,39
	Ladera denudada	1397,92
El Oso	Abanico	5573,98
	Cauce aluvial	1145,06
	Escarpe de erosión menor	306,65
El Piñal (Cuenca Alta)	Abanico	5553,00
	Cauce aluvial	89,10
	Lomeríos Estructurales	502,38
	Montículo y ondulaciones	1759,51
Grande	Abanico	5545,43
	Escarpe de erosión menor	877,39
	Llanuras Inundación	83,45
	Montículo y ondulaciones	3519,02
Hato Viejo	Abanico	5545,43
	Montículo y ondulaciones	1759,51
La Dulcera	Abanico	6498,00
	Cauce aluvial	1145,06
	Escarpe de erosión menor	1080,75
La Leticia	Llanuras Inundación	83,45
	Montículo y ondulaciones	3519,02
La Víbora	Abanico	952,56
	Cauce aluvial	1145,06
	Escarpe de erosión menor	877,39

Subcuenca	Unidad geomorfológica	Área (ha)
Otún (Tramo Urbano)	Abanico	17645,96
	Abanico aluvial	12,94
	Abanico Fluvial	333,48
	Cauce aluvial	82,78
	Escarpe de abanico fluvial	43,59
	Escarpe de erosión menor	14,20
	Glasis	98,77
	Ladera denudada	2795,84
	Llanuras Inundación	714,16
	Lomeríos Estructurales	37111,61
	Montículo y ondulaciones	22,45
	Terrazas fluviales	112,39
Púlpito	Abanico	5573,98
	Cauce aluvial	1145,06
	Escarpe de erosión menor	109,60
Tinajas (Cuenca Baja)	Abanico	8000,91
	Cauce aluvial	1145,06
	Escarpe de erosión menor	847,28
	Ladera estructural de espinazo	810,54

En la Figura 224 se muestran las categorías de densidad de drenaje y en la Figura 225, las categorías de áreas acumuladas para el cálculo de N.

El valor de N, como resultado del cruce de las áreas aferentes y el valor de la densidad de drenaje, se tomó de la Guía Metodológica para el acotamiento de Rondas Hídricas, que se presenta en la Tabla 44 y se espacializa en la Figura 226.

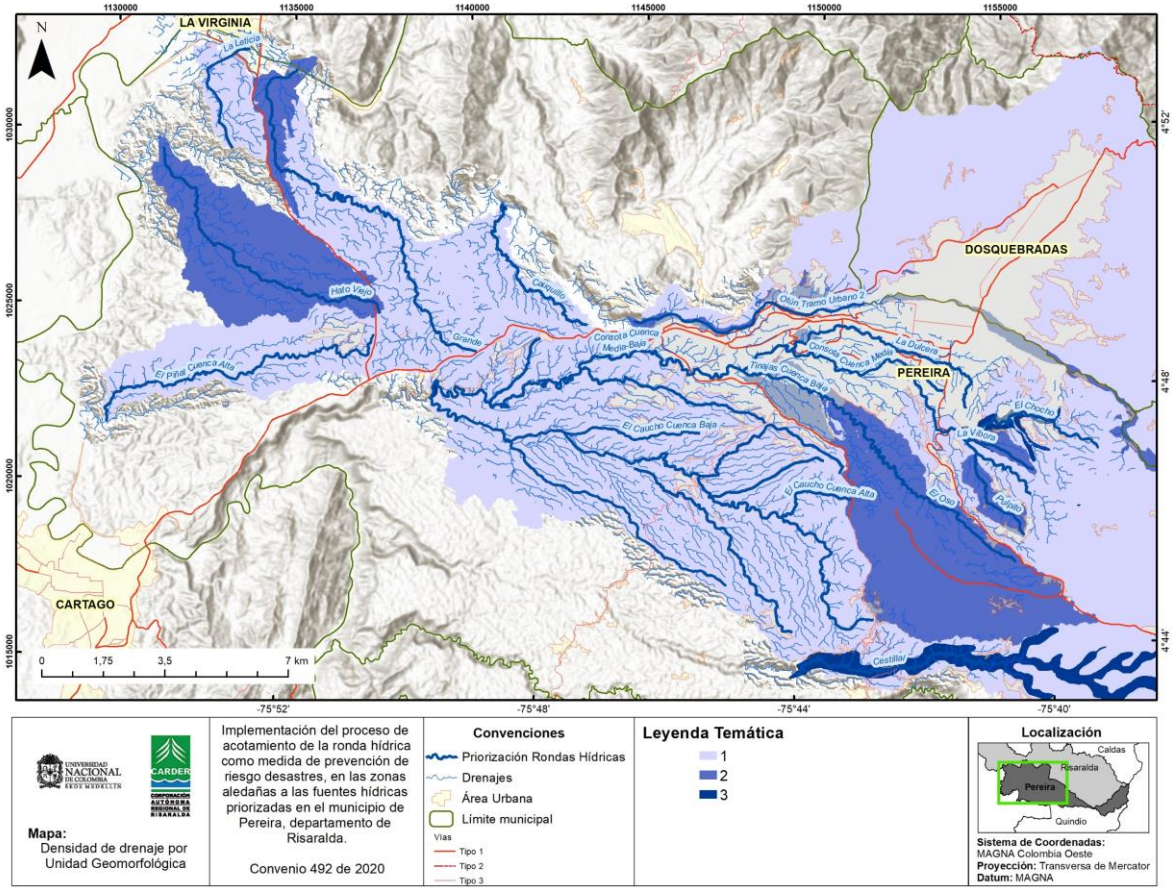


Figura 224. Densidad de drenaje por Unidad Geomorfológica

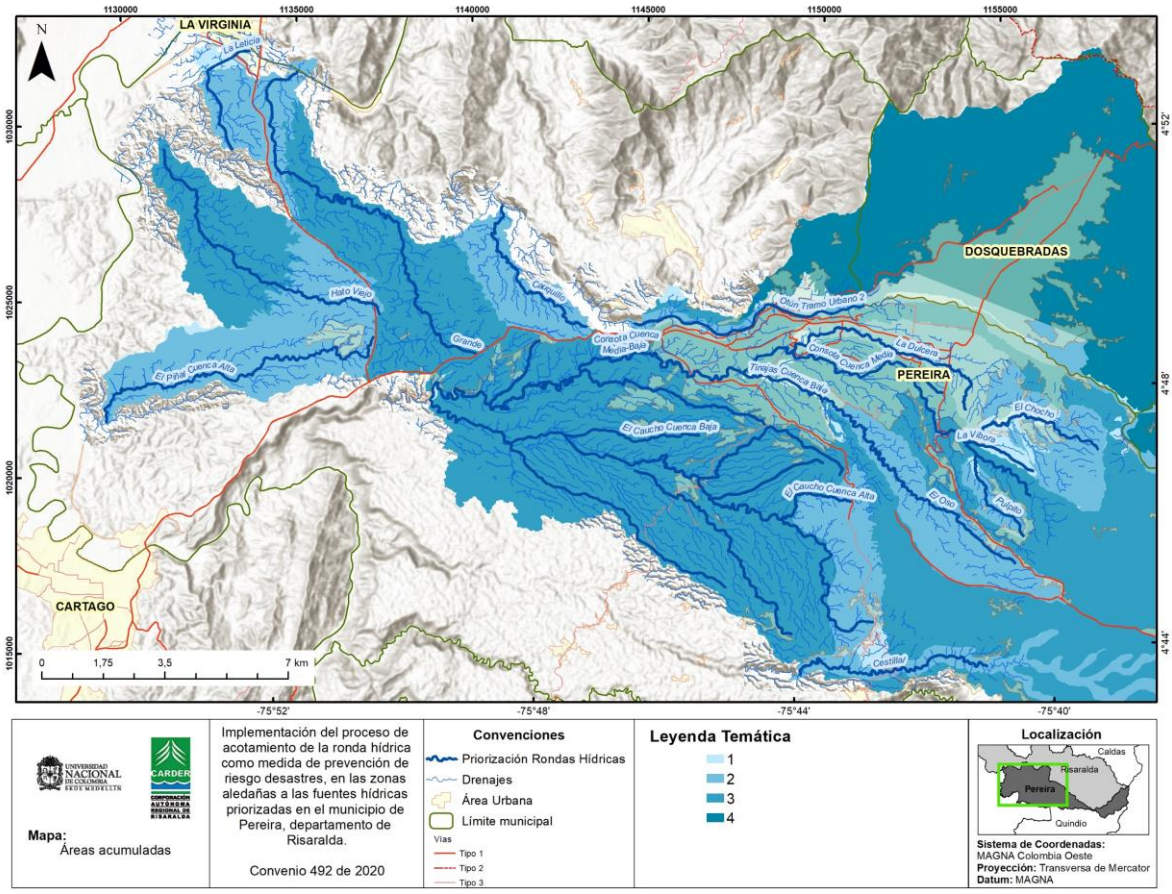


Figura 225. Áreas Acumuladas

Tabla 44. Valores de N

Área de cuenca aferente (km²)	Valor de N		
	Densidad drenaje		
	Baja < 1,5 km/km²	Media 1,5 – 3,0 km/km²	Alta > 3 km/km²
0 < A ≤1	2,0	1,5	1,0
1 < A ≤10	2,5	2,0	1,5
10 < A ≤ 100	3,0	2,5	2,0
100 < A ≤ 1000	3,5	3,0	2,5
1.000 < A ≤ 10.000	4,0	3,5	3,0
10.000 < A ≤ 100.000		4,0	

Fuente: Minambiente, 2018.

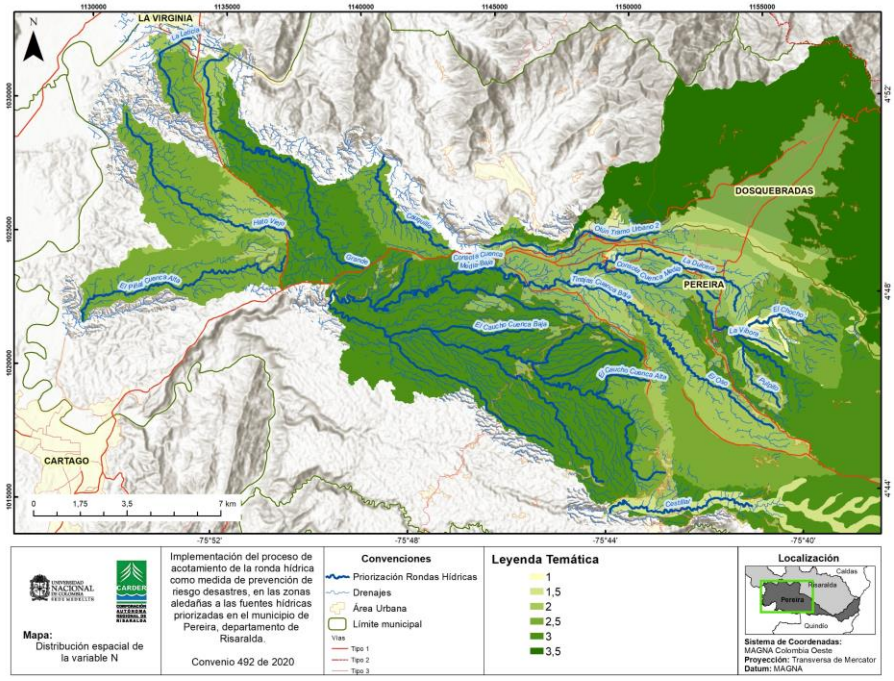


Figura 226. Áreas Acumuladas

5.3.2 Delimitación Componente Ecosistémico por tramo

La delimitación del componente ecosistémico comprende la altura del dosel medio de la comunidad vegetal representativa de la zona de vida (H) y la relación entre la densidad de drenaje de las corrientes y el área de la cuenca aferente (N). La delimitación del Componente Ecosistémico de la ronda hídrica se calcula de acuerdo con la Ecuación 5.

$$Componente\ ecosistémico = H_i * N_i \qquad (5)$$

Donde:

H = Altura media de las especies representativas de la zona de vida en el pixel i (m)

N = Relación de la densidad de drenaje con el área de la cuenca aferente en el pixel i.

Los parámetros y la delimitación del Componente Ecosistémico por tramo se presentan a continuación.

5.3.2.1 Quebrada Hato Viejo

En la Tabla 45 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del componente ecosistémico de la quebrada Hato Viejo y en la Figura 227 y Figura 228, su espacialización y dinámica de usos asociados.

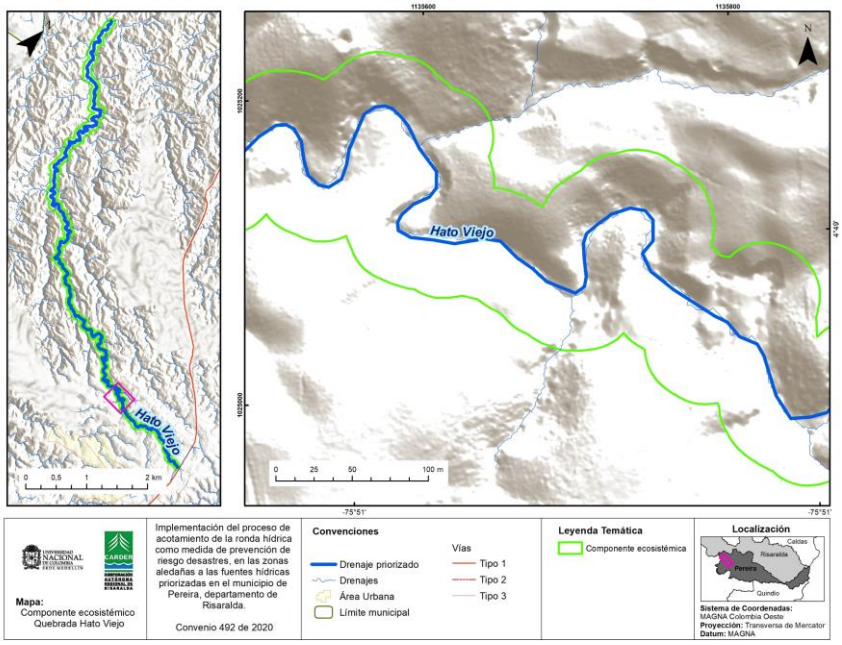


Figura 227. Delimitación del componente ecosistémico Quebrada Hato Viejo

En el área delimitada en la quebrada Hato Viejo las coberturas terrestres principales encontradas son bosques de guadua (*Guadua angustifolia*), pastos con ganadería extensiva asociada y parches de vegetación natural en un estado de sucesión temprana. En la parte alta de la cuenca se identifica un uso residencial conformado por grandes parcelaciones.

Tabla 45. Parámetros quebrada Hato Viejo

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Premontano (bh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 - 19,9 m
Densidad de drenaje	1,5 – 1,73 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	2

Parámetro	Valor
Categoría área aferente	2 - 3
Valor N	2,0 - 2,5
Componente Ecosistémico (N*H)	31,0 - 49,75 m

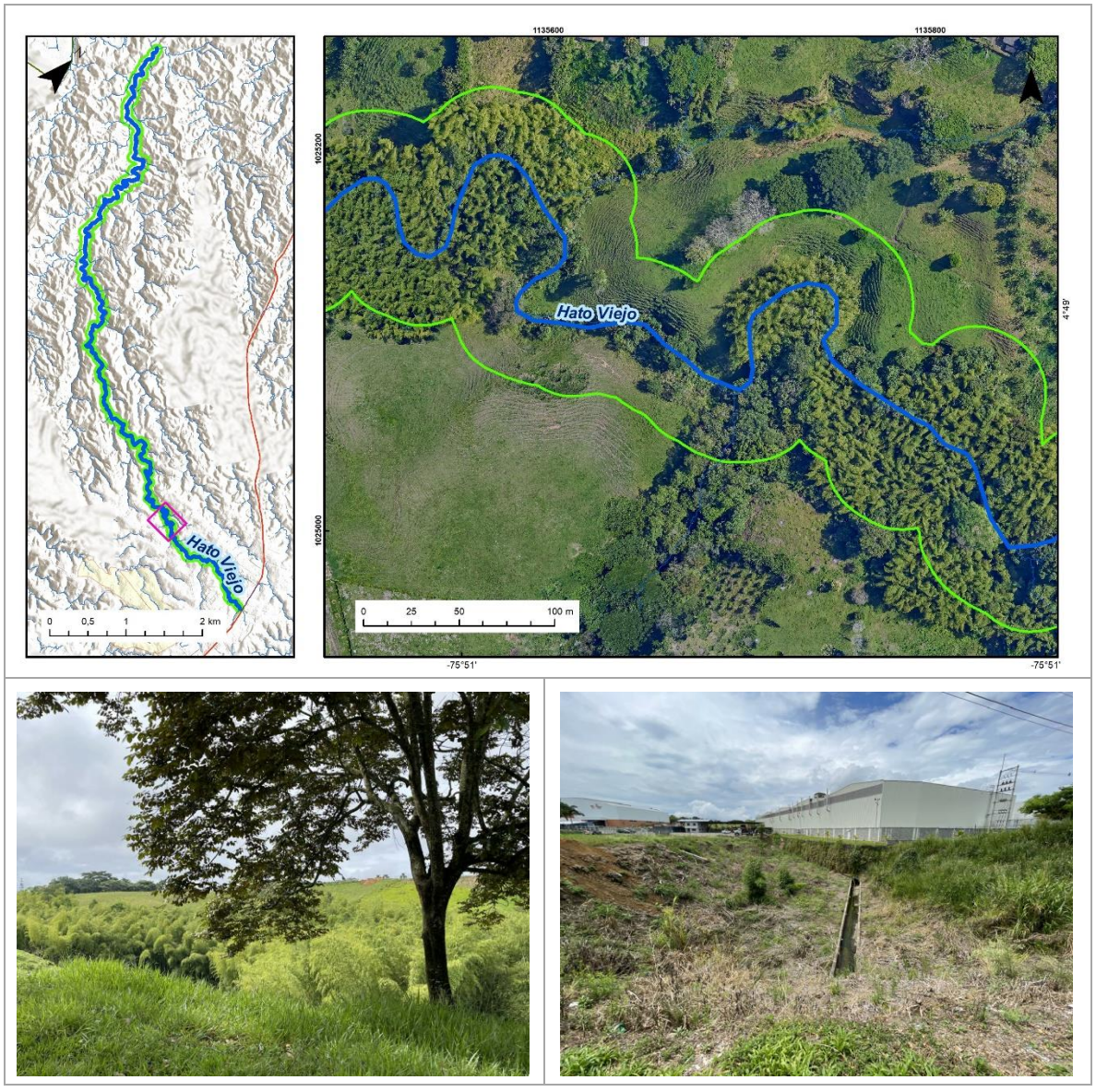


Figura 228. Dinámica del componente ecosistémico Quebrada Hato Viejo

5.3.2.2 Quebrada Grande

En la Tabla 46 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del componente ecosistémico de la quebrada Grande y en la Figura 229 y Figura 230 su espacialización y dinámica de coberturas y usos.

Tabla 46. Parámetros quebrada Grande

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Tropical (bh-T) Bosque húmedo Premontano (bh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 - 19,9 m
Densidad de drenaje	0,84 – 2,65 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1 - 2
Categoría área aferente	1 - 3
Valor N	2,0 - 3,0
Componente Ecosistémico (N*H)	31,0 - 46,5 m

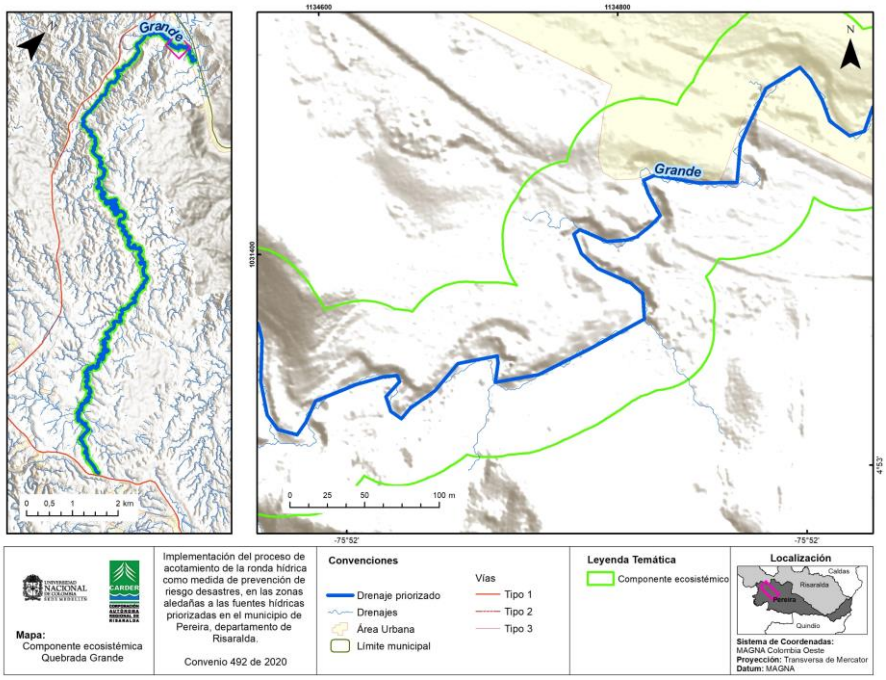


Figura 229. Delimitación del componente ecosistémico Quebrada Grande

En la zona riparia de la quebrada Grande hay dominancia de pastos naturales con ganadería extensiva. A lo largo del cauce principal se intercalan parches de vegetación natural en diferentes grados sucesionales con guadua (*guadua angustifolia*). En la parte alta el paisaje es muy transformado hacia parcelaciones y fincas de recreo y en su descarga al río Cauca se presenta una fuerte presión de construcciones e invasión de la zona de retiro.



Figura 230. Dinámica del componente ecosistémico Quebrada Grande

5.3.2.3 Quebrada Leticia (Caimalito)

En la Tabla 47 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del componente ecosistémico de la quebrada La Leticia y en la Figura 231 y Figura 232 su espacialización y dinámica de coberturas y usos.

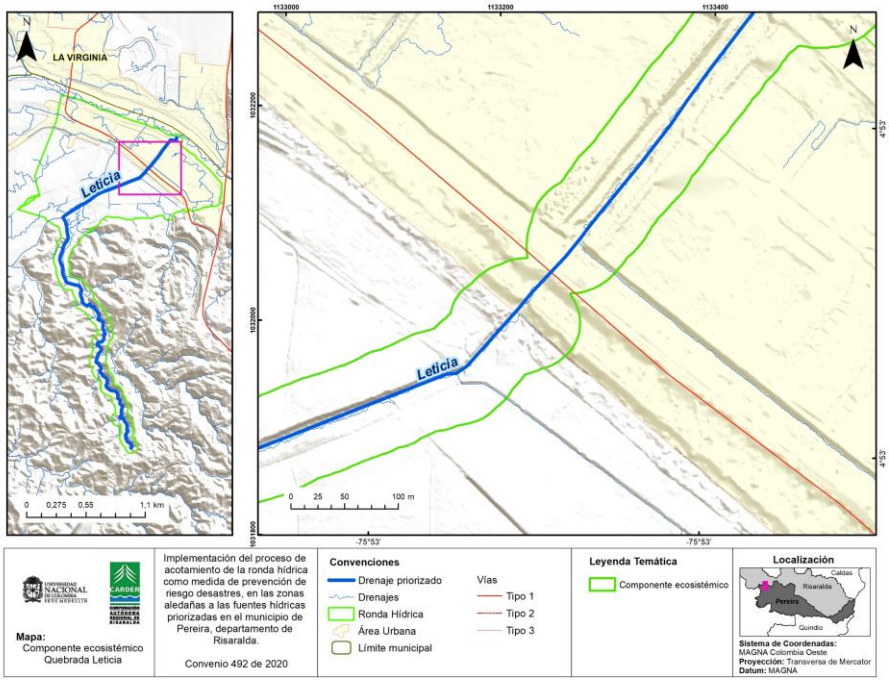


Figura 231. Delimitación del componente ecosistémico Quebrada Leticia

En los retiros asociados a la quebrada La Leticia se observaron pastos y áreas agrícolas heterogéneas mezclados con fragmentos de vegetación segundaria mezclados, guadua y árboles aislados. En la parte baja se observa presión por sistemas agrícolas de cereales y consolidación de núcleos de vivienda.

Tabla 47. Parámetros quebrada La Leticia

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Tropical (bh-T)
Altura dosel (H)	19,9 m
Densidad de drenaje	1,05 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1

Parámetro	Valor
Categoría área aferente	1 - 2
Valor N	2,0 - 2,5
Componente Ecosistémico (N*H)	39,8 - 49,75 m

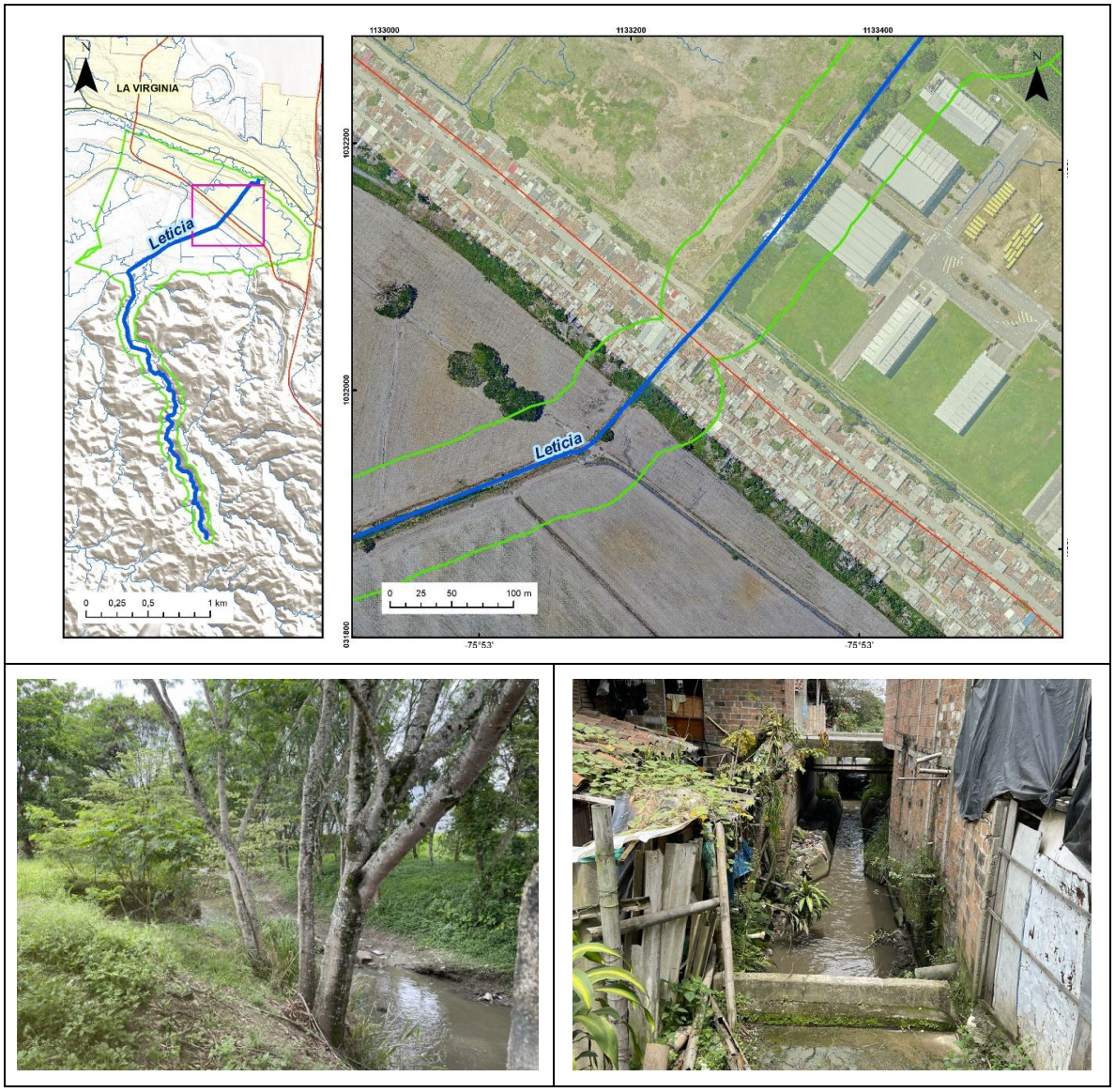


Figura 232. Dinámica del componente ecosistémico Quebrada Leticia

5.3.2.4 Quebrada El Caucho (cuenca baja y alta)

En la Tabla 48 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico de la quebrada El Caucho y en la Figura 233 y Figura 234 su espacialización y dinámica de coberturas y usos.

Tabla 48. Parámetros quebrada El Caucho

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Premontano (bh-PM) Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	0,18 – 14,47 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1 - 3
Categoría área aferente	1 - 3
Valor N	1,0 – 3,0
Componente Ecosistémico (N*H)	15,5 - 46,5 m

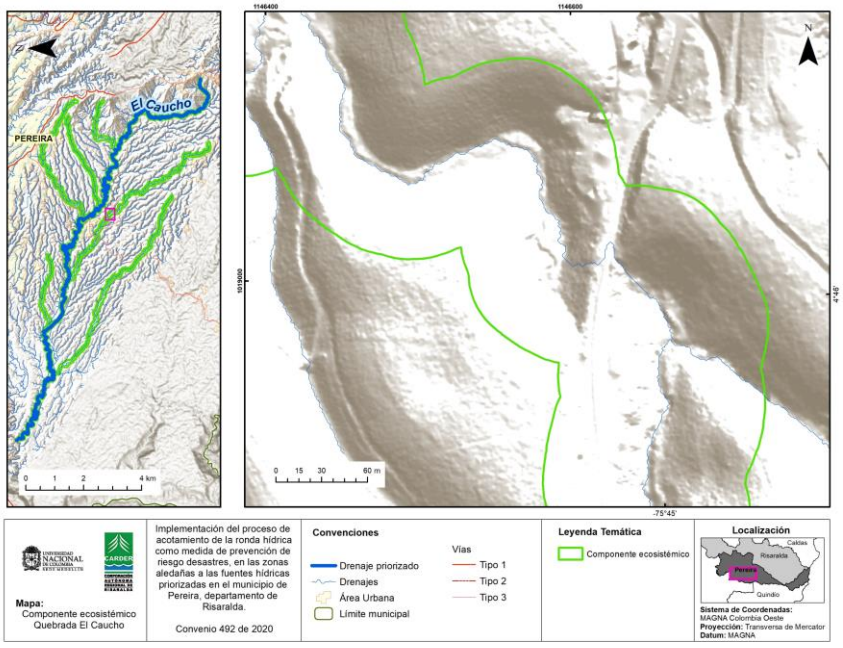


Figura 233. Delimitación del componente ecosistémico Quebrada El Caucho

Como en los tramos anteriores, en los retiros de la quebrada El Caucho se evidencian coberturas asociadas a sistemas productivos agrícolas y pecuarios. Los parches de cobertura presentan dominancia de bosques de guadua y en menor proporción vegetación natural secundaria. También se observa la consolidación de tejidos urbanos continuos y discontinuos.

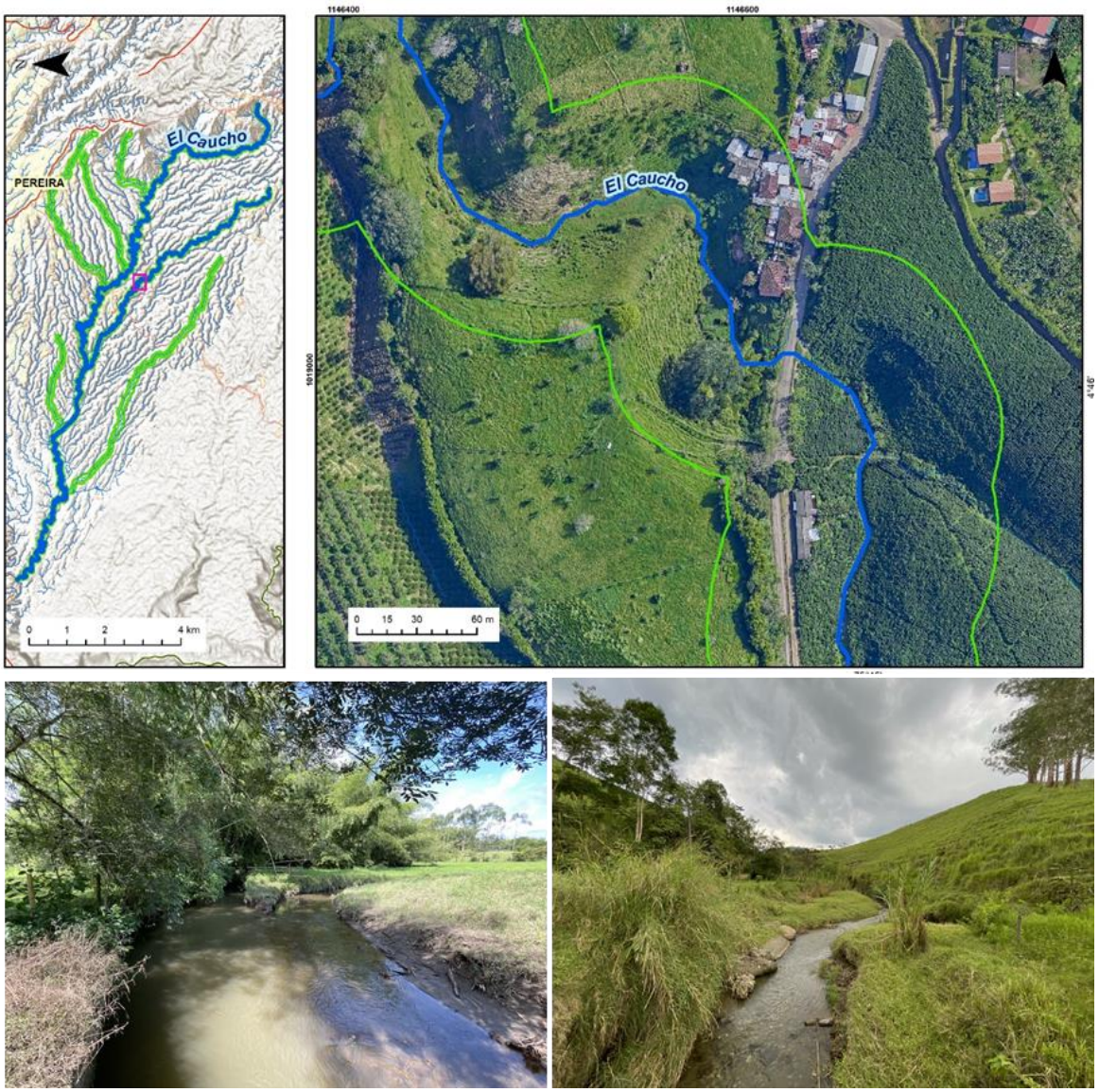


Figura 234. Dinámica del componente ecosistémico Quebrada El Caucho

5.3.2.5 Quebrada El Piñal

En la Tabla 49 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del componente ecosistémico de la quebrada El Piñal y en la Figura 235 y Figura 236 la espacialización y dinámica de coberturas y usos.

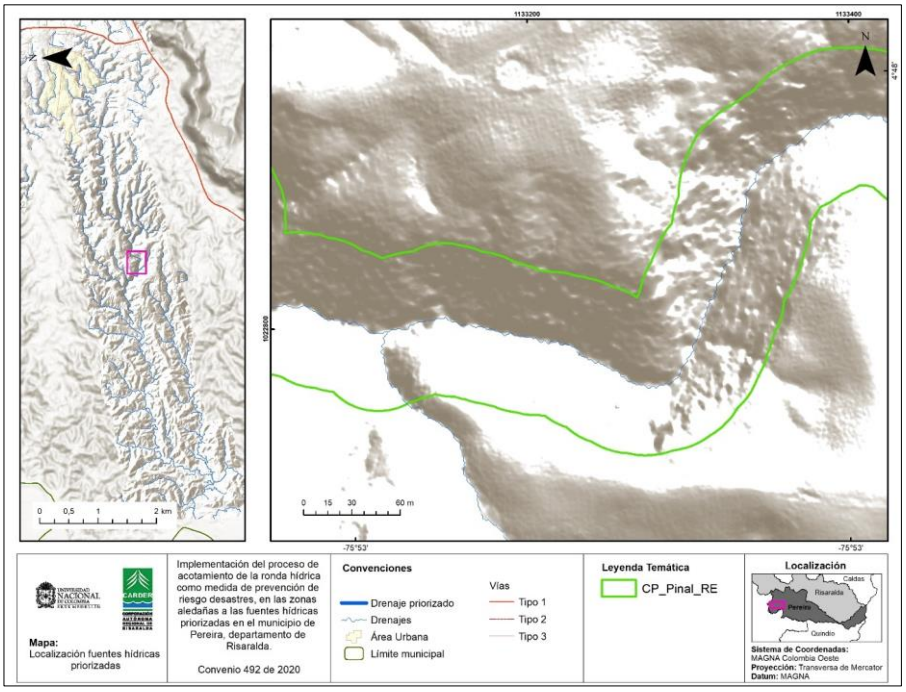


Figura 235. Delimitación componente ecosistémico de la quebrada El Piñal

En la parte alta del tramo asociado a la quebrada El Piñal hay dominancia de bosques de guadua y en la parte media y baja cultivos agrícolas y pastos. En general, sobre las áreas circundantes al drenaje principal se conservan zonas con vegetación natural consolidada.

Tabla 49. Parámetros quebrada El Piñal

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Tropical (bh-T) Bosque húmedo Premontano (bh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 – 19,9 m
Densidad de drenaje	0,01 – 1,49 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1

Parámetro	Valor
Categoría área aferente	1 - 2
Valor N	2,0 – 2,5
Componente Ecosistémico (N*H)	31,0 – 49,75 m

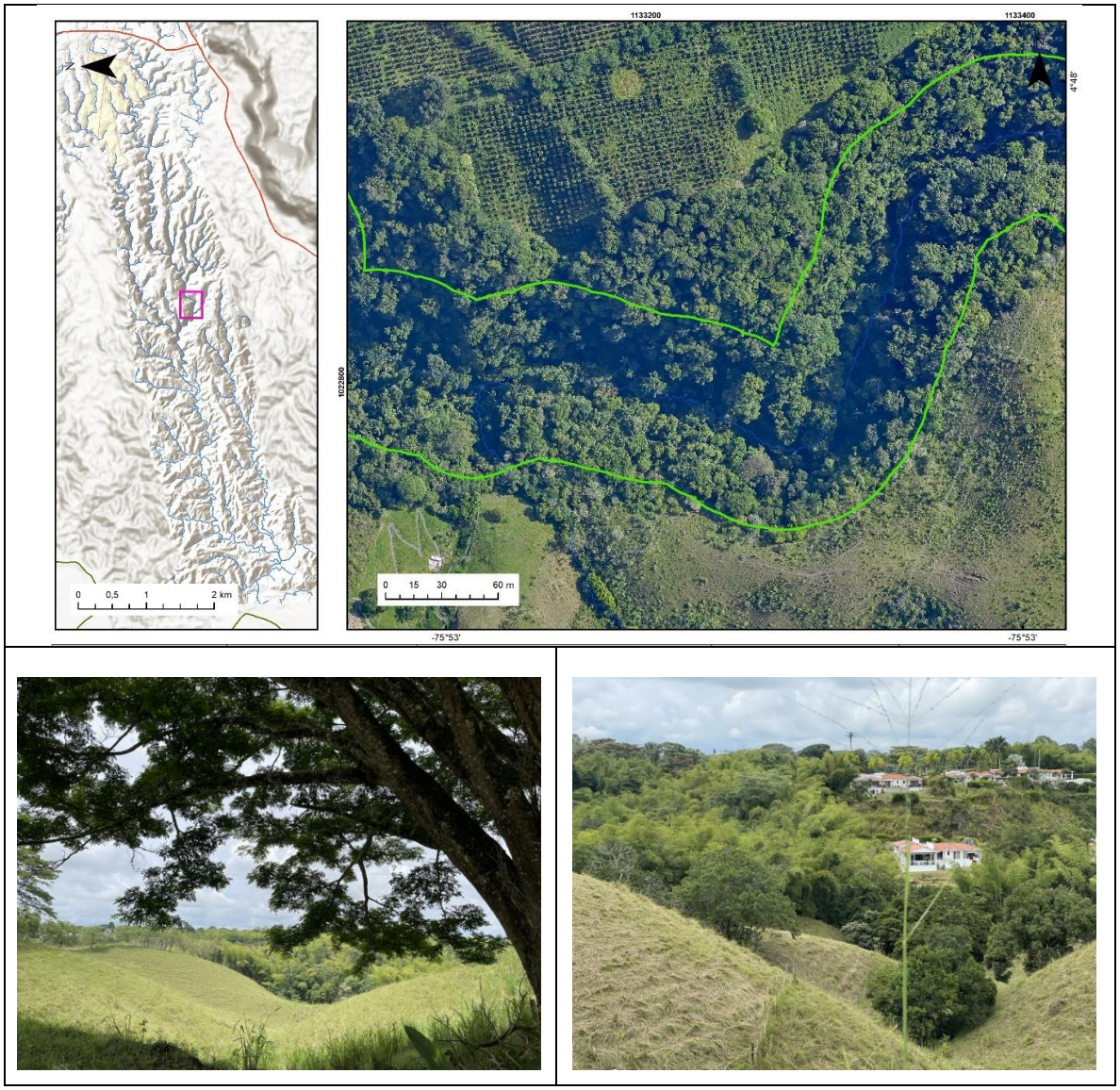


Figura 236. Dinámica del componente ecosistémico quebrada El Piñal

5.3.2.6 Quebrada Cauquillo

En la Tabla 50 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del componente ecosistémico de la quebrada Cauquillo y en la Figura 237 y Figura 238 la espacialización y dinámica de coberturas y usos.

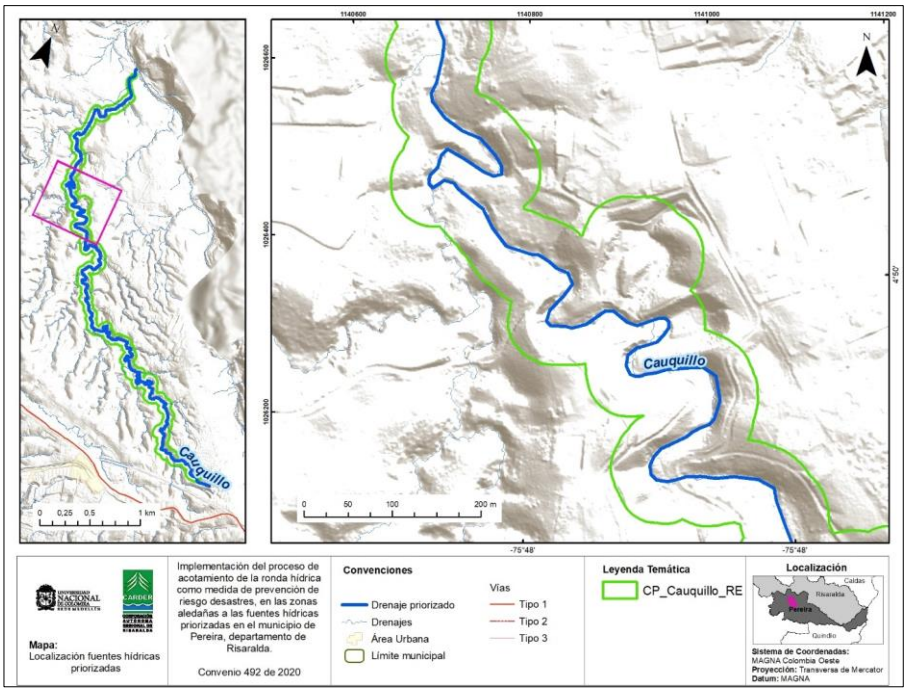


Figura 237. Delimitación del componente ecosistémico quebrada Cauquillo

Tabla 50. Parámetros quebrada Cauquillo

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Premontano (bh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	1,21 - 8,36 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1 - 3
Categoría área aferente	1 - 2
Valor N	1,0 - 2,5
Componente Ecosistémico (N*H)	15,5 – 38,75 m

En los retiros de la quebrada Cauquillo se observan pastos asociados a ganadería entremezclados con sistemas de producción agrícola. Son frecuentes a lo largo de los retiros de la corriente bosques de guadua intercalados con parches de vegetación natural, marcando cordones continuos de protección. También se observa presión por parcelaciones.



Figura 238. Dinámica del componente ecosistémico quebrada Cauquillo

5.3.2.7 Río Cestillal (cuenca media)

En la Tabla 51 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico del río Cestilla y en la Figura 239 y Figura 240 la espacialización y dinámica.

Tabla 51. Parámetros río Cestillal

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	0,59 – 7,16 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1 - 3
Categoría área aferente	1 - 3
Valor N	1,5 – 3,0
Componente Ecosistémico (N*H)	23,25 – 46,5 m

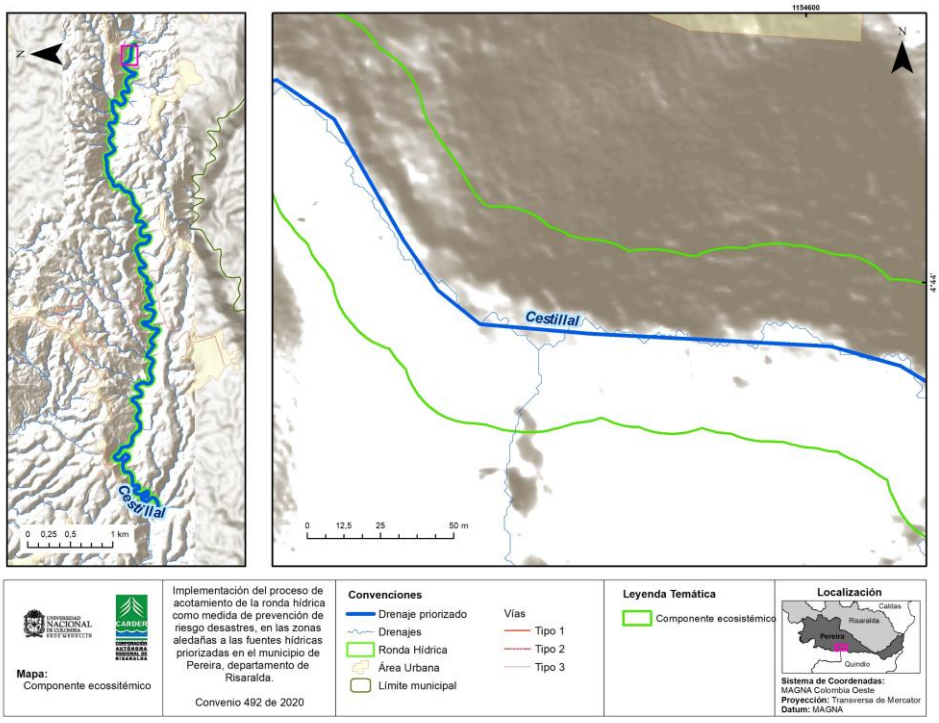


Figura 239. Componente Ecosistémico río Cestillal

En el tramo seleccionado, el río Cestilla presenta presión sobre el uso de la tierra por sistemas de producción agrícolas en zonas de alta pendiente. Sin embargo, las áreas asociadas a la ronda ecosistémica presentan coberturas de bosques de guadua consolidados y algunos parches de vegetación natural secundaria baja y alta. Se observan árboles dominantes entremezclados con la guadua.

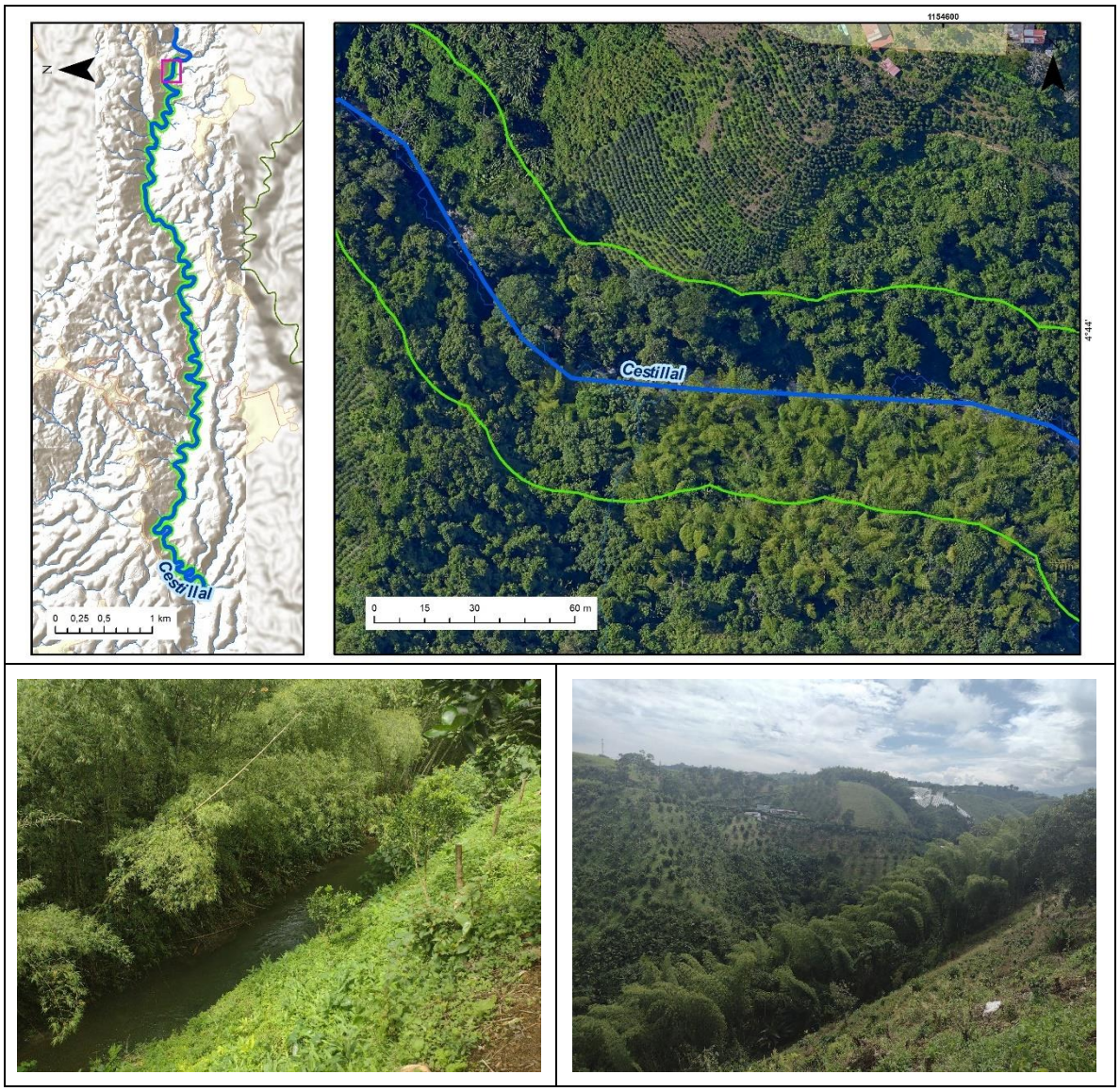


Figura 240. Dinámica Componente Ecosistémico río Cestilla

5.3.2.8 Río Consotá

En la Tabla 52 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico del río Consotá y en la Figura 241 y Figura 242 la espacialización y dinámica.

Tabla 52. Parámetros río Consotá

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Premontano (bh-PM) Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	0,22 – 4,53 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1 - 3
Categoría área aferente	1 - 3
Valor N	1,0 – 3,0
Componente Ecosistémico (N*H)	15,5 – 46,5 m

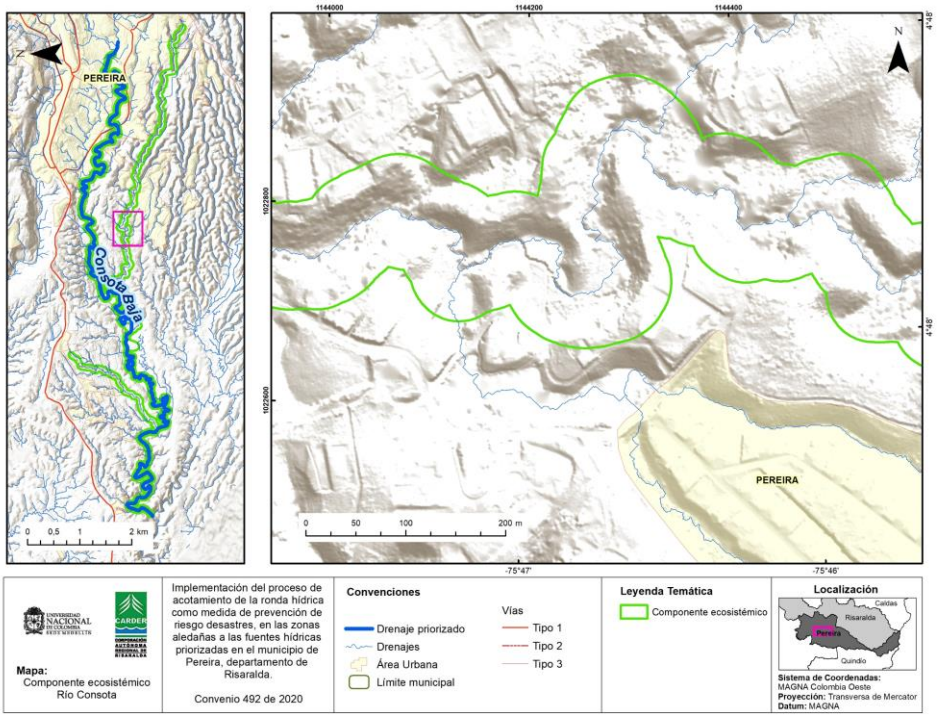


Figura 241. Componente Ecosistémico río Consotá

En la parte alta del río Consotá los bosques naturales y los bosques de guadua tienen presencia dominante los cuales se combinan con pastos y áreas agrícolas heterogéneas. En la parte baja de la misma predominan los pastos asociados a ganadería. La corriente atraviesa zonas urbanizada, parcelaciones y tejidos urbanos consolidados.

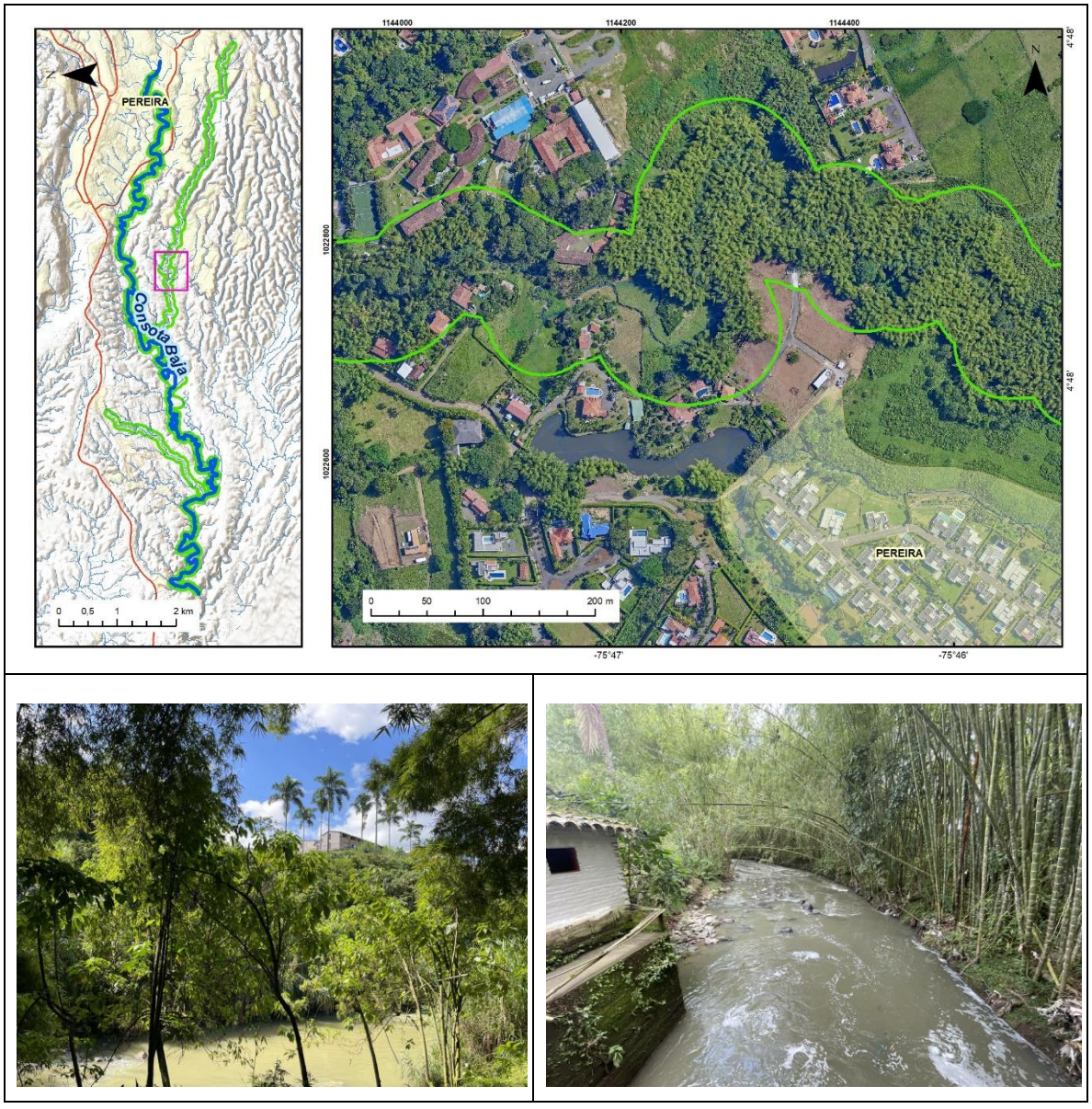


Figura 242. Dinámica Componente Ecosistémico río Consotá

5.3.2.9 Quebrada Tinajas (cuenca baja)

En la Tabla 53 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico de la quebrada Tinajas y en la 0 y Figura 244 la espacialización y dinámica de coberturas y usos.

Tabla 53. Parámetros quebrada Tinajas

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Premontano (bh-PM) Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	0,46 – 2,90 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1 - 2
Categoría área aferente	1 - 3
Valor N	2,0 – 2,5
Componente Ecosistémico (N*H)	31,0 – 38,75 m

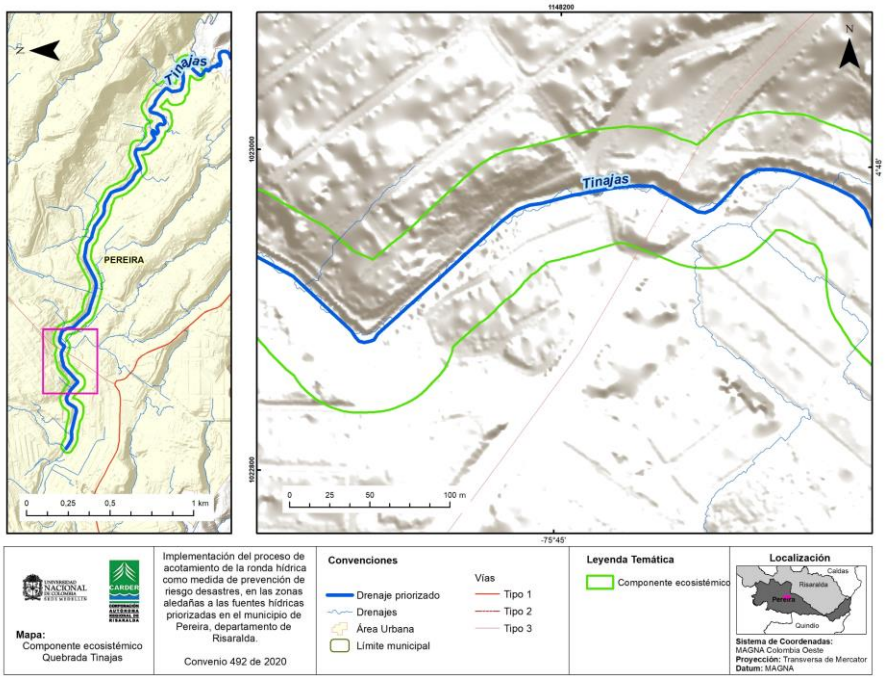


Figura 243. Componente Ecosistémico Quebrada Tinajas

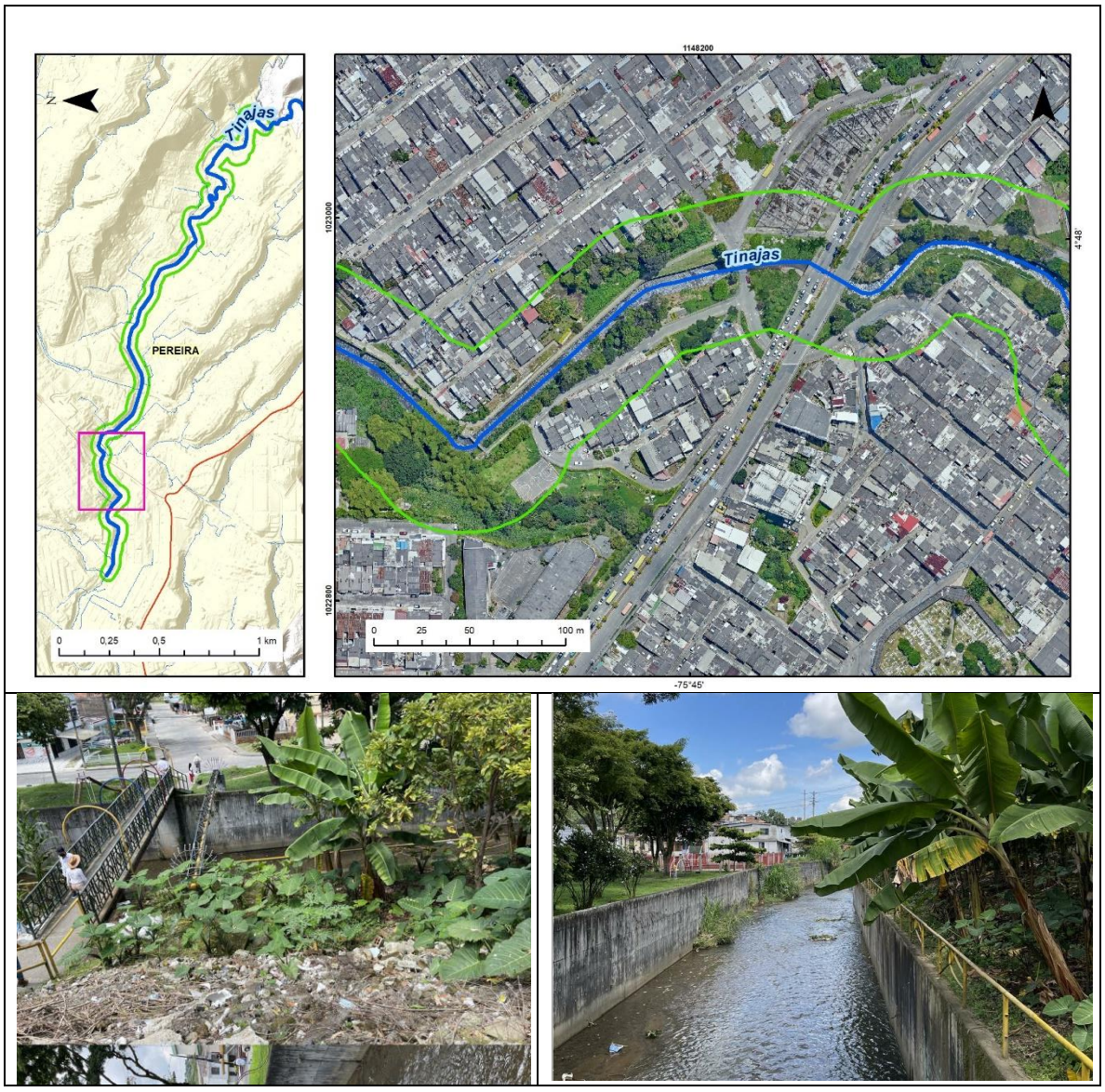


Figura 244. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada Tinajas

La quebrada Tinajas atraviesa áreas urbanas consolidadas, las coberturas asociadas al tramo están representadas por vegetación riparia en distintos niveles de altura, con dominancia de árboles aislados. También se evidencias áreas de producción agropecuaria y áreas abiertas con vegetación secundaria baja.

5.3.2.10 Quebrada La Dulcera

En la Tabla 54 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico de la quebrada La Dulcera y en la Figura 245 y Figura 246 su espacialización y dinámica a nivel de coberturas y usos de la tierra.

Tabla 54. Parámetros quebrada La Dulcera

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Premontano (bh-PM) Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	0,12 – 1,92 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1 - 2
Categoría área aferente	1 - 2
Valor N	1,5 – 2,5
Componente Ecosistémico (N*H)	23,25 – 38,75 m

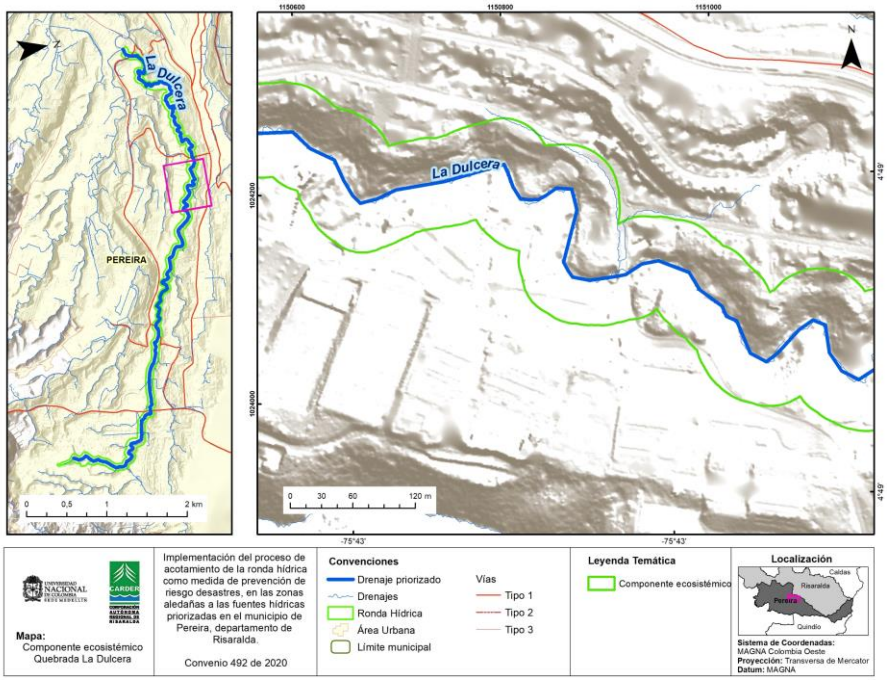


Figura 245. Componente Ecosistémico Quebrada La Dulcera

Los retiros asociados a la corriente de la quebrada La Dulcera poseen una cobertura natural asociada a vegetación secundaria alta entremezclada con guadua y con infraestructuras civiles y centros urbanos consolidados sobre el componente ecosistémico de la ronda.



Figura 246. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada La Dulcera

5.3.2.11 Quebrada El Oso

En la Tabla 55 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico de la quebrada El Oso y en la Figura 247 y Figura 248 la espacialización y dinámica.

Tabla 55. Parámetros quebrada El Oso

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	0,65 – 2,09 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	2
Categoría área aferente	2
Valor N	2,0
Componente Ecosistémico (N*H)	31,0 m

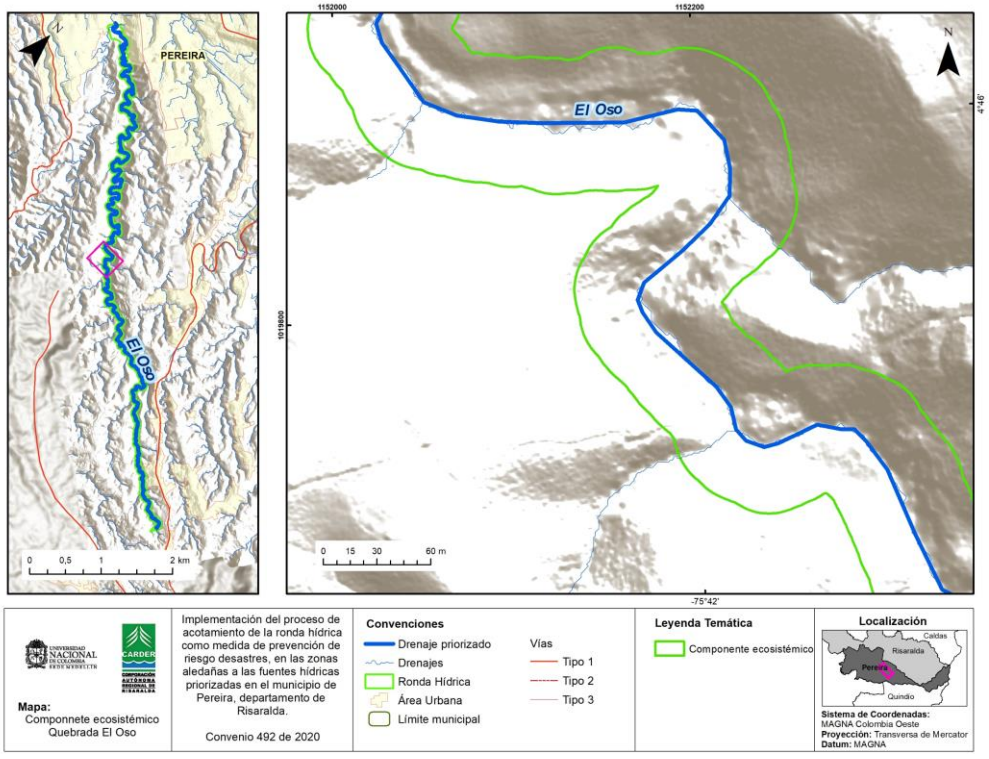


Figura 247. Componente Ecosistémico quebrada El Oso

Las coberturas terrestres asociadas a los retiros de la quebrada El Oso poseen dominancia de los bosques de guadua, bosques naturales y también resaltan los pastos asociados a ganadería y áreas agrícolas heterogéneas.

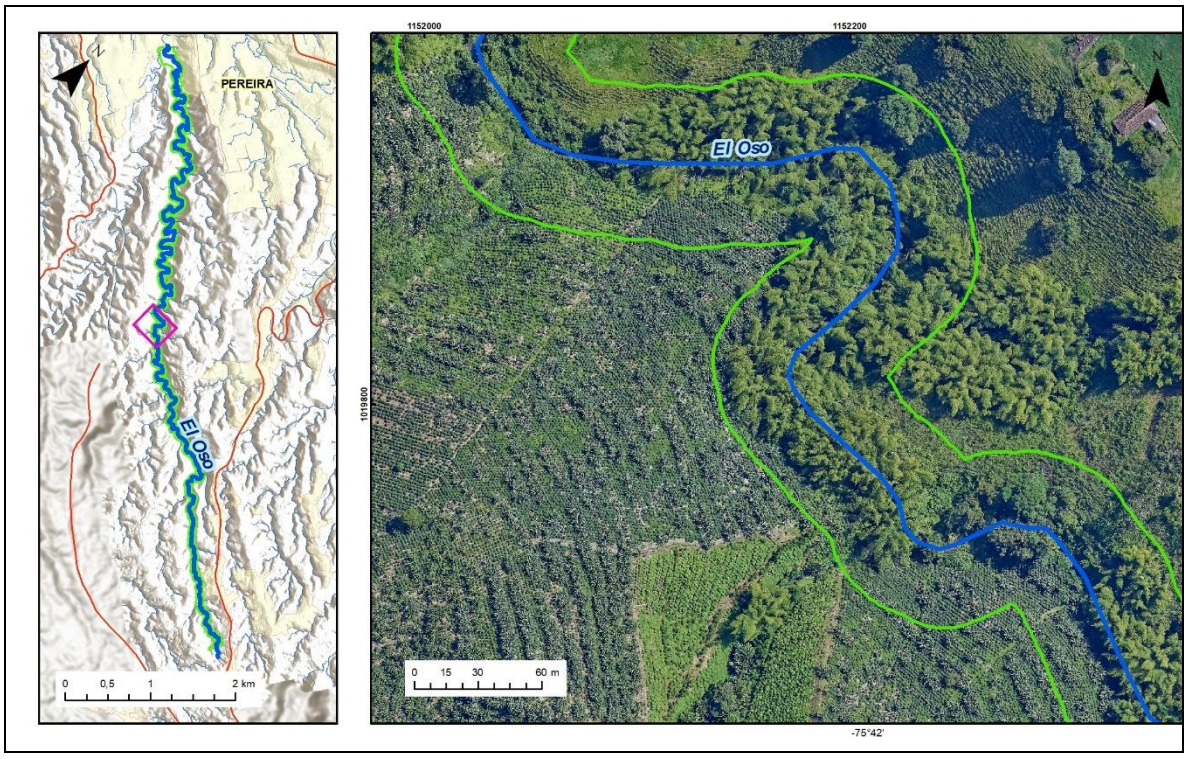


Figura 248. Dinámica Componente Ecosistémico Quebrada El Oso

5.3.2.12 Quebrada El Chocho

En la Tabla 56 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico de la quebrada El Chocho y en la Figura 249 y Figura 250 la espacialización y dinámica.

Tabla 56. Parámetros quebrada El Chocho

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Premontano (bh-PM) Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	1,42 – 3,51 km/km^2

Parámetro	Valor
Categoría densidad de drenaje	1 - 3
Categoría área aferente	1 - 2
Valor N	1,0 – 2,5
Componente Ecosistémico (N*H)	15,5 – 38,75 m

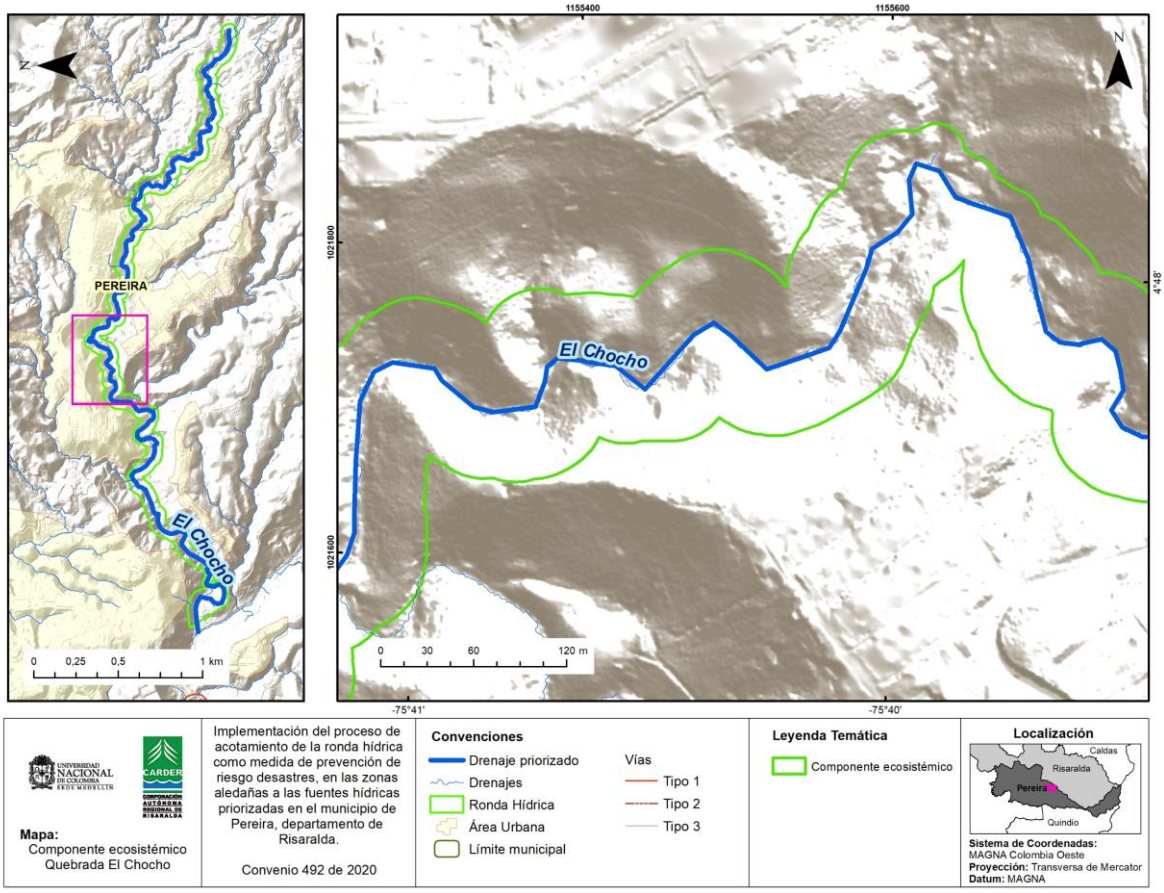


Figura 249. Componente Ecosistémico quebrada El Chocho

Las márgenes de la quebrada El Chocho poseen coberturas de bosque natural, mezclados con boques de Guadua. Las coberturas asociadas a pastos y zonas agrícolas también son relevantes. Aparecen las construcciones de tejidos urbanos continuos y discontinuos como presiones sobre los cursos de agua.

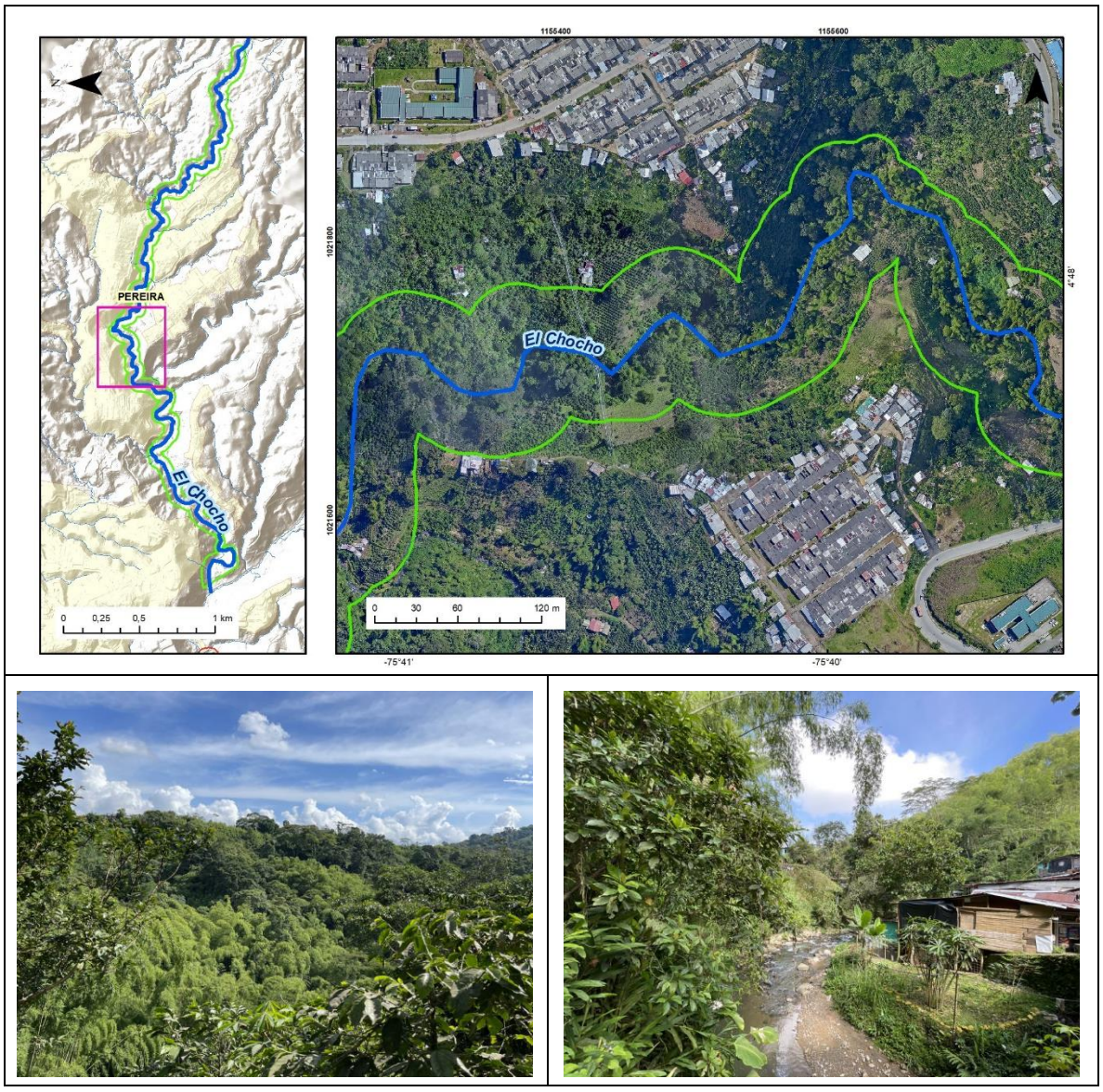


Figura 250. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada El Chocho

5.3.2.13 Quebrada Púlpito

En la Tabla 57 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico de la quebrada El Púlpito y en la Figura 251 y Figura 252 la espacialización y dinámica.

Tabla 57. Parámetros quebrada El Púlpito

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	1,57 – 1,94 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	2
Categoría área aferente	1 - 2
Valor N	1,5 – 2,0
Componente Ecosistémico (N*H)	23,25 – 31,0 m

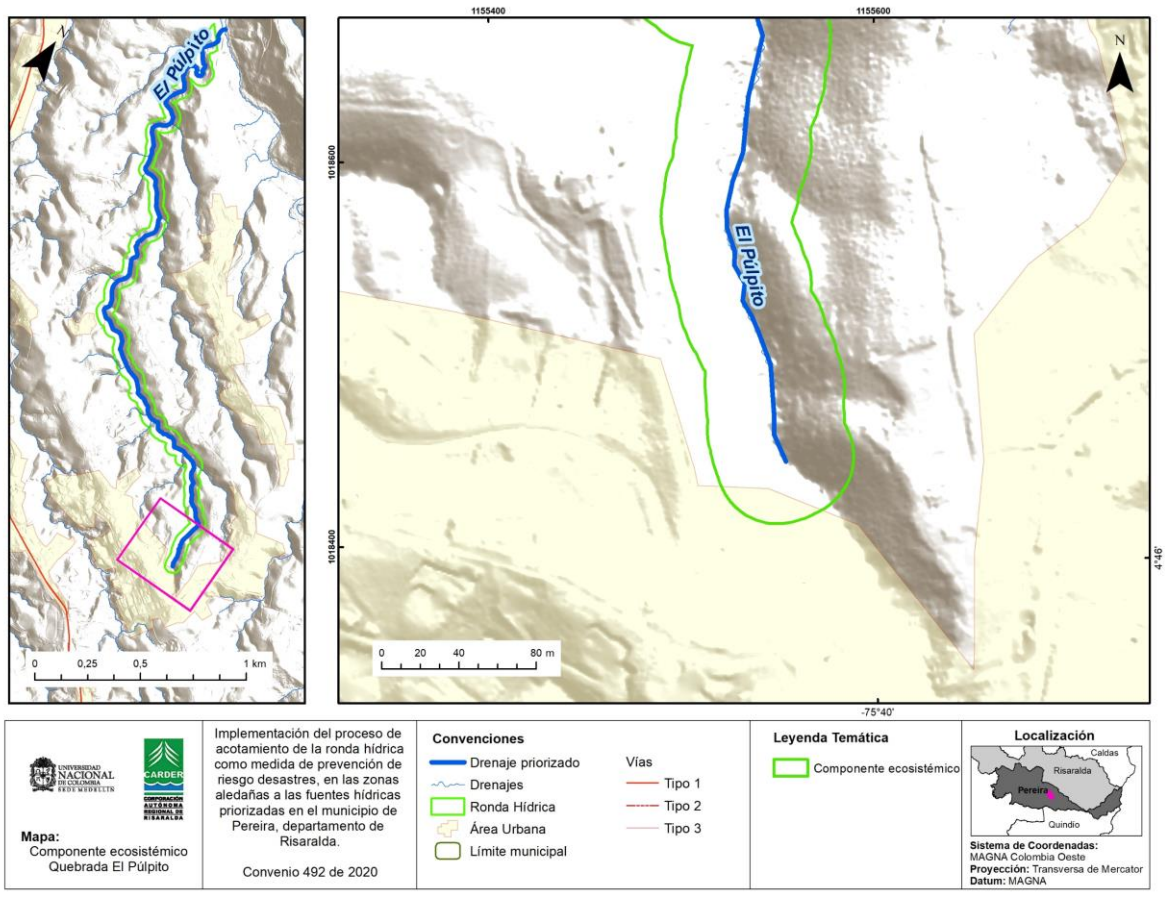


Figura 251. Componente Ecosistémico quebrada El Púlpito

Los bosques de guadua y de coberturas naturales en defieren estados sucesionales son dominantes al largo de los retiros de la quebrada El Púlpito, sobresalen áreas en pastos y producción agrícola.



Figura 252. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada El Púlpito

5.3.2.14 Quebrada La Víbora

En la Tabla 58 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico de la quebrada La Víbora y en la Figura 253 y Figura 254 la espacialización y dinámica.

Tabla 58. Parámetros quebrada La Víbora

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	2,21 – 9,06 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	2 - 3
Categoría área aferente	1
Valor N	1,0 – 1,5
Componente Ecosistémico (N*H)	15,5 – 23,25 m

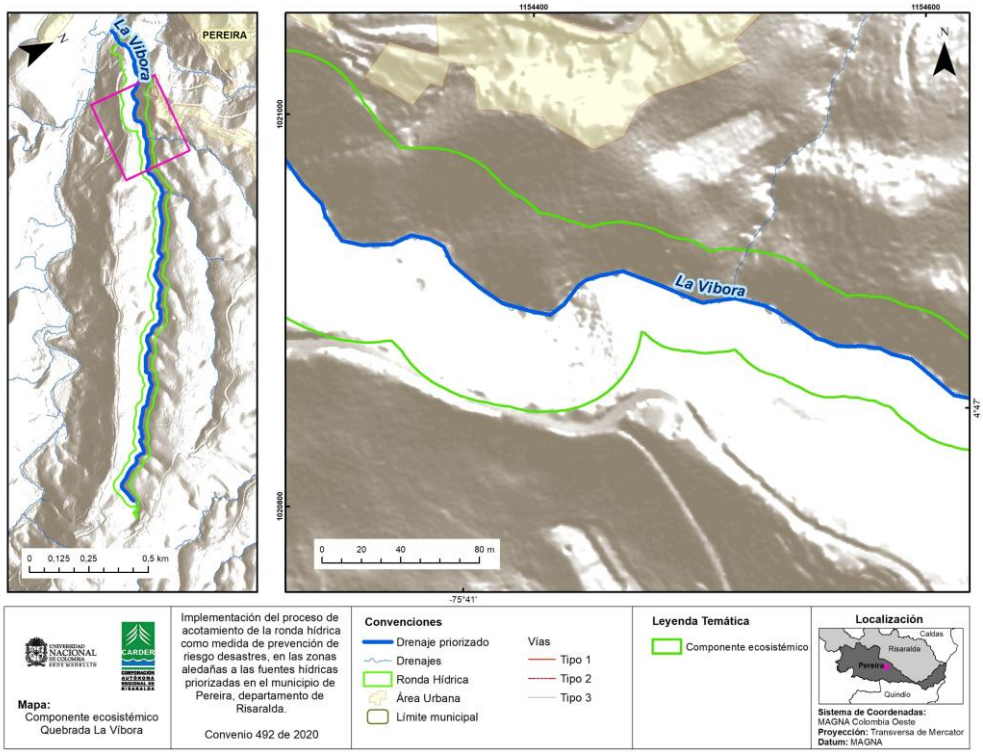


Figura 253. Componente Ecosistémico quebrada La Víbora

Las coberturas dominantes a lo largo del tramo de la quebrada La Víbora está representada por bosques naturales y de guadua entremezclados con sistemas de producción agrícola y pastos asociados a ganadería. Se observan áreas urbanizadas y vivienda campestre.

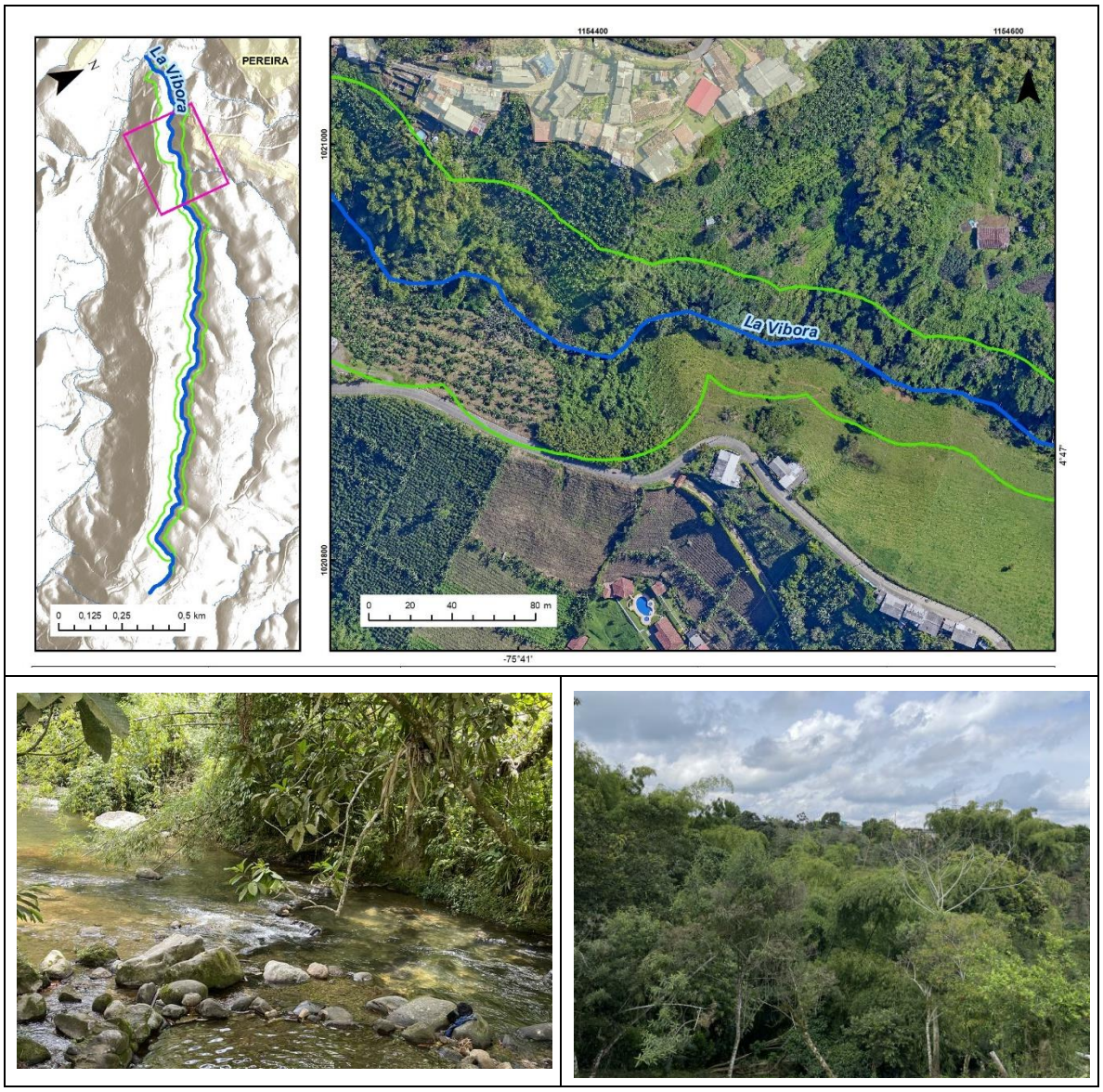


Figura 254. Dinámica Componente Ecosistémico quebrada La Víbora

5.3.2.15 Río Otún

En la Tabla 59 se presenta los valores de los parámetros para el cálculo del Componente Ecosistémico del río Otún y en la Figura 255 y Figura 256 la espacialización y dinámica.

Tabla 59. Parámetros río Otún

Parámetro	Valor
Zona de Vida	Bosque húmedo Premontano (bh-PM) Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)
Altura dosel (H)	15,5 m
Densidad de drenaje	0,13 – 2,76 km/km^2
Categoría densidad de drenaje	1 - 1
Categoría área aferente	1 - 4
Valor N	1,5 – 3,5
Componente Ecosistémico (N*H)	23,55 –54,25 m

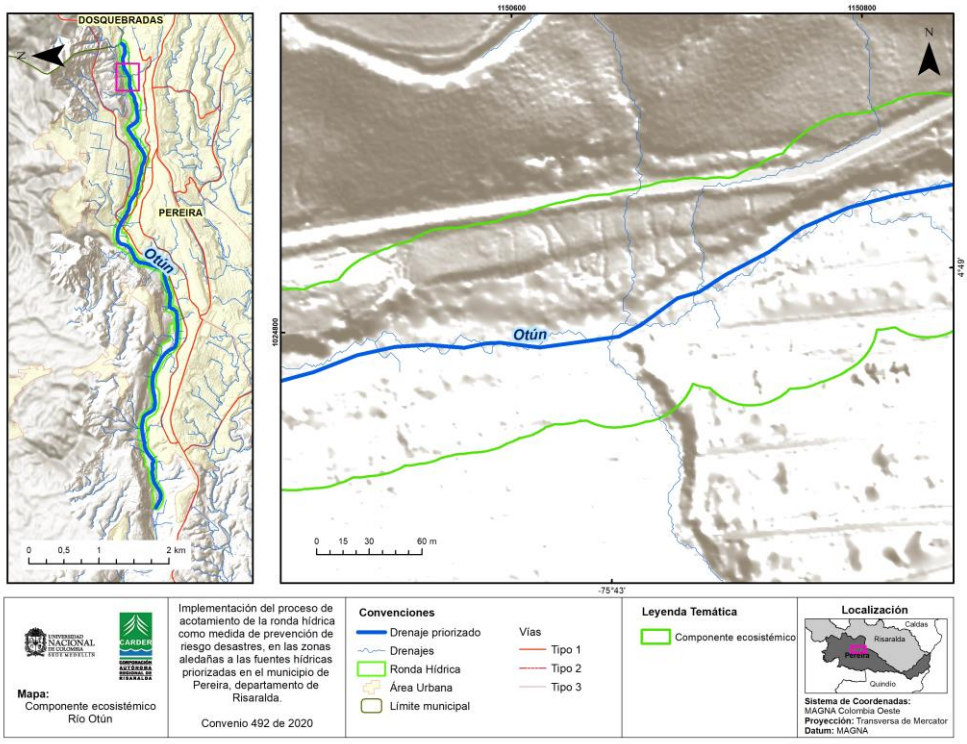


Figura 255. Componente Ecosistémico río Otún

Los retiros del río Otún poseen alta presión con construcción de vivienda asociado a tejidos urbanos continuos y discontinuos e infraestructura civil. También aparecen cordones de vegetación de bosques natural y guadua mezclados con pastos y áreas agrícolas heterogéneas.

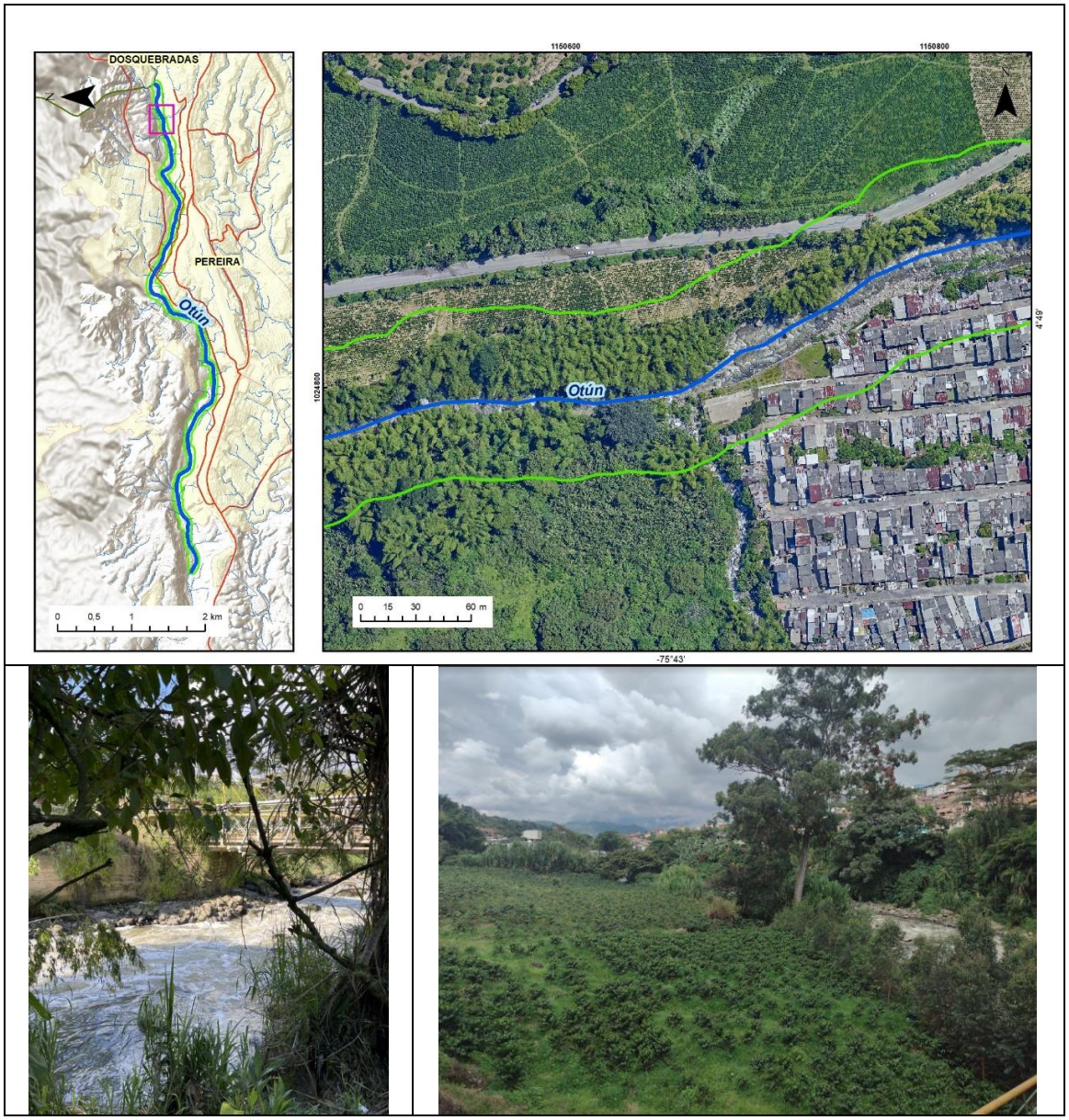


Figura 256. Dinámica Componente Ecosistémico río Otún

5.4 DELIMITACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA

En la Tabla 60 se presenta el ancho promedio, máximo y mínimo de la ronda hídrica de cada uno de los tramos priorizados y de la Figura 257 a la Figura 272, los mapas con la definición del límite físico de la misma.

En general, en los tramos encañonados con altas pendientes, el componente ecosistémico, en la mayoría del tramo, define la ronda hídrica, este es el caso de los tramos priorizados de las quebradas Hato Viejo, El Piñal, Cauquillo, ríos Cestillal, El Oso, El Chocho, Púlpito, La Víbora y el río Otún.

Por otro lado, en el tramo priorizado de la quebrada Grande, si bien, el componente ecosistémico define en la mayoría del recorrido la ronda hídrica, en la parte alte, ésta la determina los componentes geomorfológico e hidrológico.

También, se presentan tramos donde en su parte alta son encañonados y la ronda hídrica la define el componente ecosistémico, y en la parte baja se presentan amplias llanuras de inundación o zonas de meandros, quedando la ronda hídrica determinada por los componentes geomorfológico e hidrológico. En este caso se encuentran las quebradas Leticia, El Caucho (cuenca baja y alta) y el río Consotá.

Por último, están los tramos donde la ronda hídrica está definida principalmente por el componente hidrológico. En este caso se encuentran las quebradas Tinajas y La Dulcera.

Tabla 60. Anchos promedios de los medios, máximos y mínimos de la ronda hídrica de los tramos priorizados

Tramo	Media – Mínimos [m]	Media – Media [m]	Máximo – Media [m]
Quebrada Hato Viejo	83,4	88,3	169,9
Quebrada Grande	84,1	104,9	288,9
Quebrada Leticia	96,1	369,3	856,6
Quebrada El Caucho- cauce principal	84,3	103,3	276,9
Quebrada El Caucho - SN	92,7	96,3	107,5
Quebrada El Caucho - La Camelia	89,4	112,2	227,7
Quebrada El Caucho - La Friolera	93,6	103,8	111,0
Quebrada El Caucho - Cristalina	95,6	95,1	99,8

Tramo	Media – Mínimos [m]	Media – Media [m]	Máximo – Media [m]
Quebrada El Caucho - La Sapera	91,0	94,1	101,6
Quebrada El Caucho - Cañabrava	83,1	84,1	105.4
Quebrada El Piñal	86,0	89,3	151,8
Quebrada Cauquillo	77,2	83,2	111,2
Río Cestillal	44,9	45,7	49,9
Río Consotá Alta	88,8	113,7	173,7
Río Consotá Alta - SN 1	70,9	89,4	96,0
Río Consotá Alta - SN 2	61,4	59,1	93,3
Río Consotá Baja	76,1	102,7	244,3
Río Consotá Baja - La Morenita	74,6	101,6	111,3
Río Consotá Baja - El Naranjo	87,4	93,9	99,0
Quebrada Tinajas	65,3	119,3	156,4
Quebrada La Dulcera	64,4	79,3	123,8
Quebrada El Oso	64,0	67,0	144,7
Quebrada El Chocho	60,3	71,8	91,0
Quebrada El Púlpito	59,6	62,6	73,7
Quebrada La Víbora	61,9	64,1	95,2
Río Otún	62,6	77,1	103,6

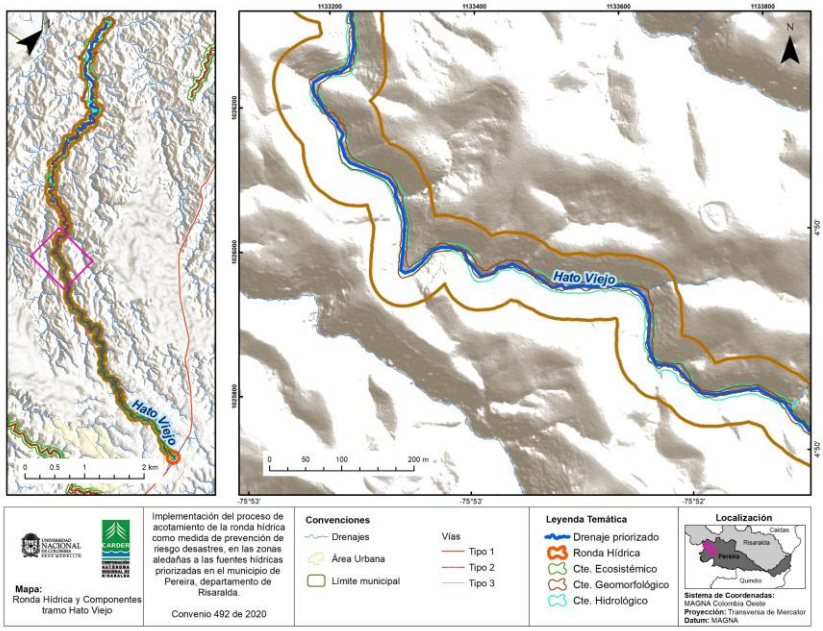


Figura 257. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Hato Viejo

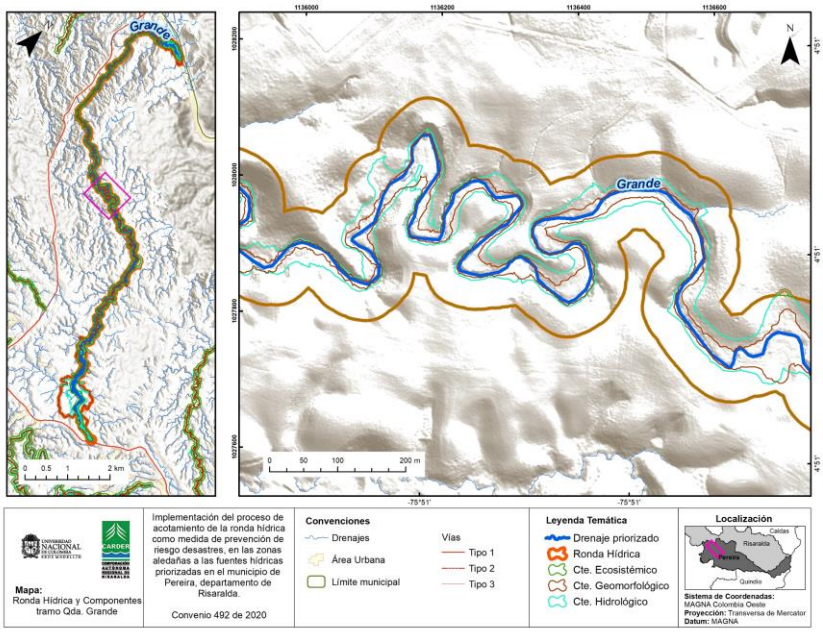


Figura 258. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Grande

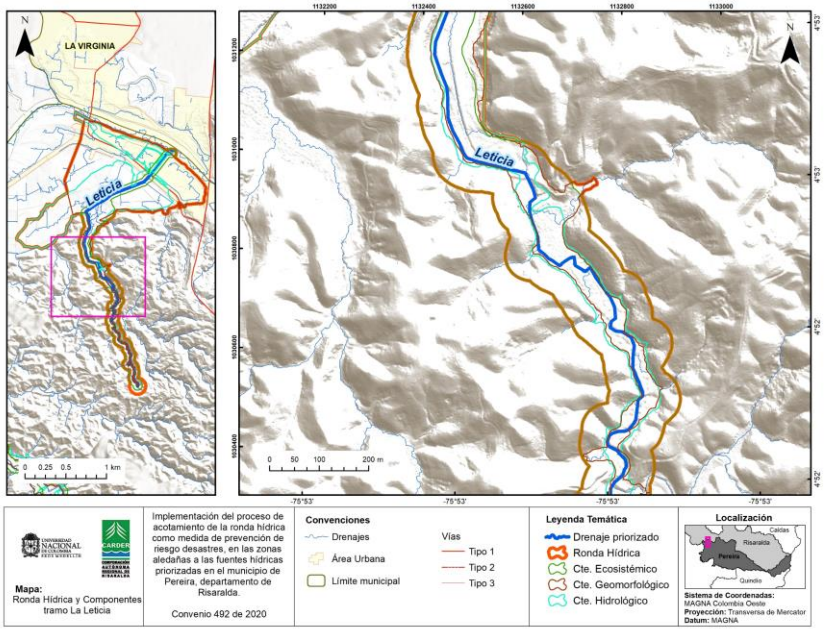


Figura 259. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada La Leticia (Caimalito)

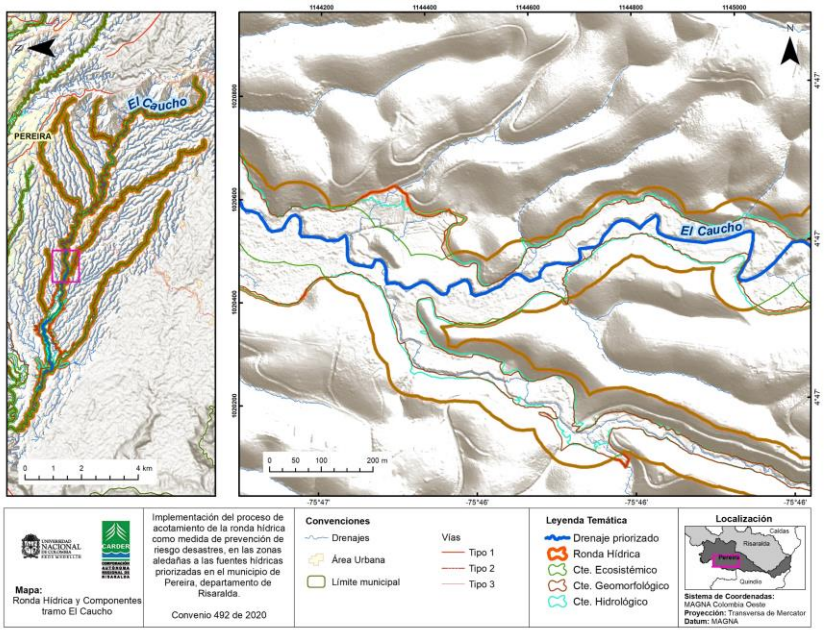


Figura 260. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Caucho (cuenca baja y alta)

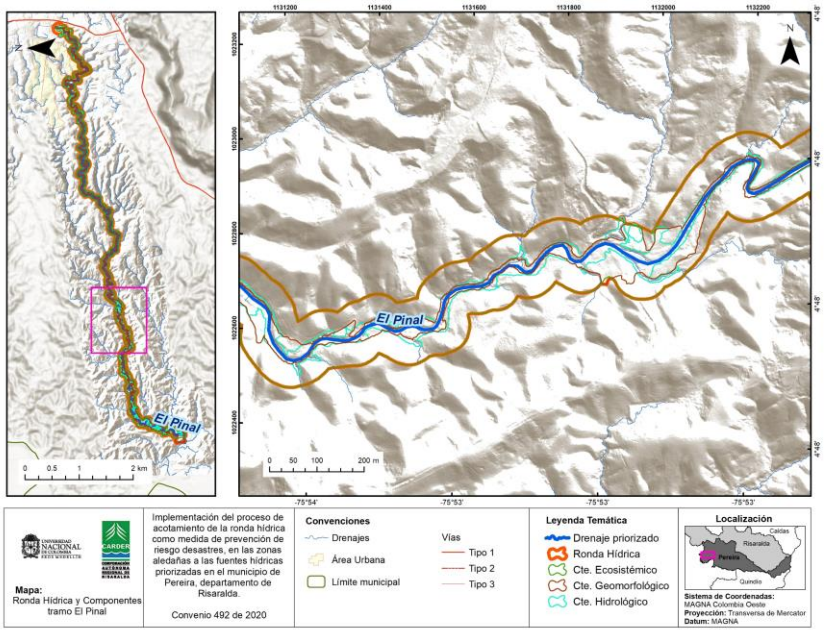


Figura 261. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Piñal

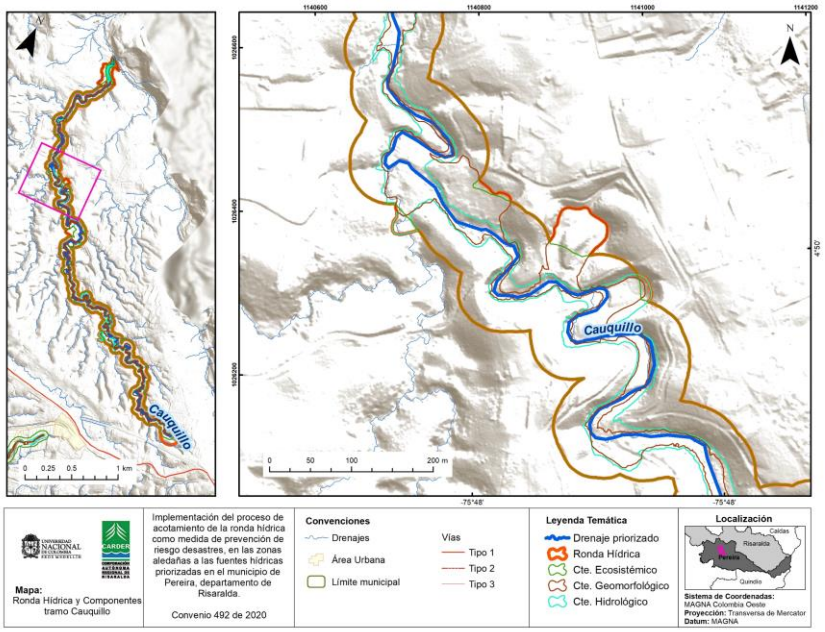


Figura 262. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Cauquillo

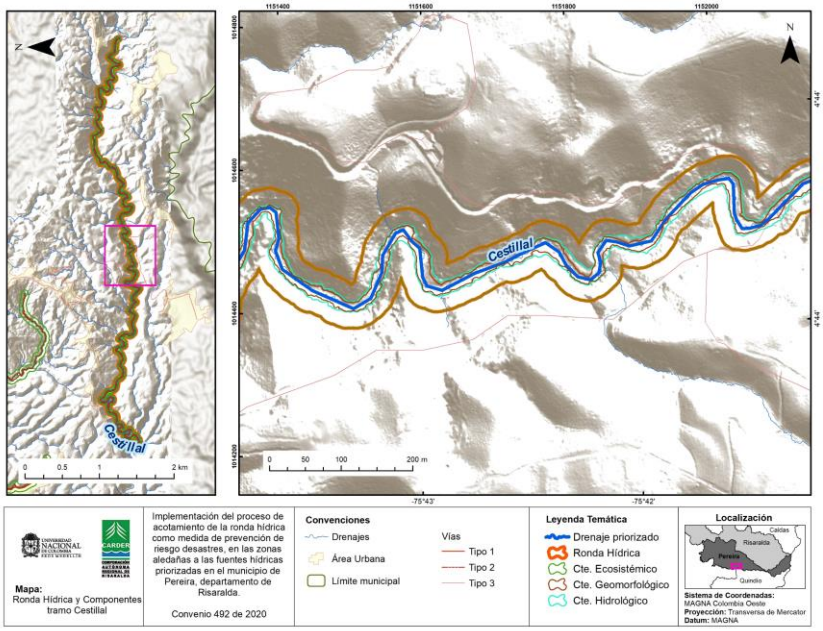


Figura 263. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado del río Cestillal

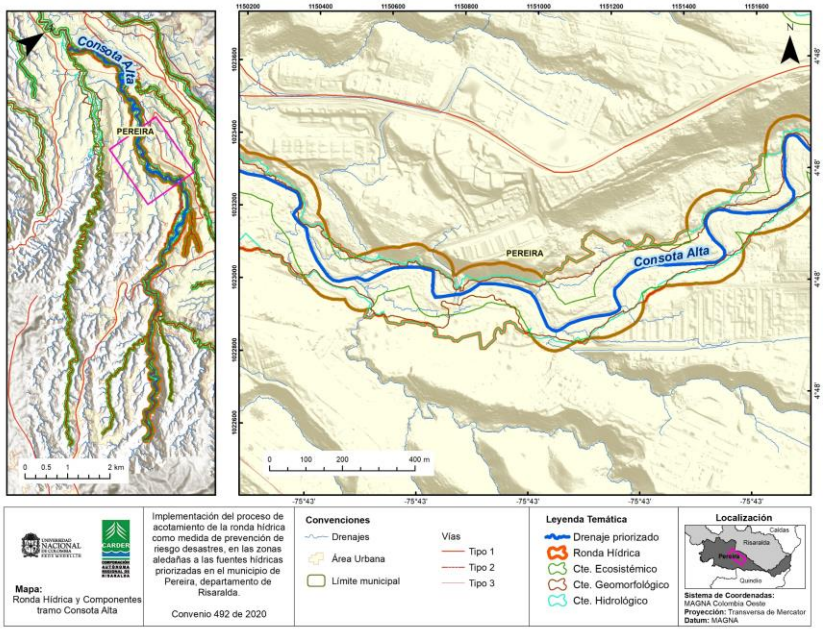


Figura 264. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado del río Consotá (parte alta).

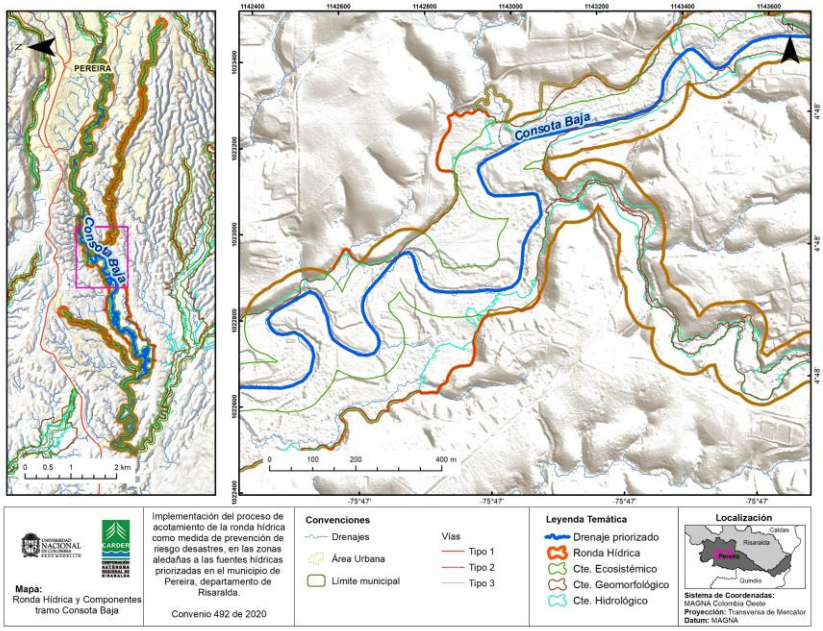


Figura 265. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado del río Consotá (parte baja).

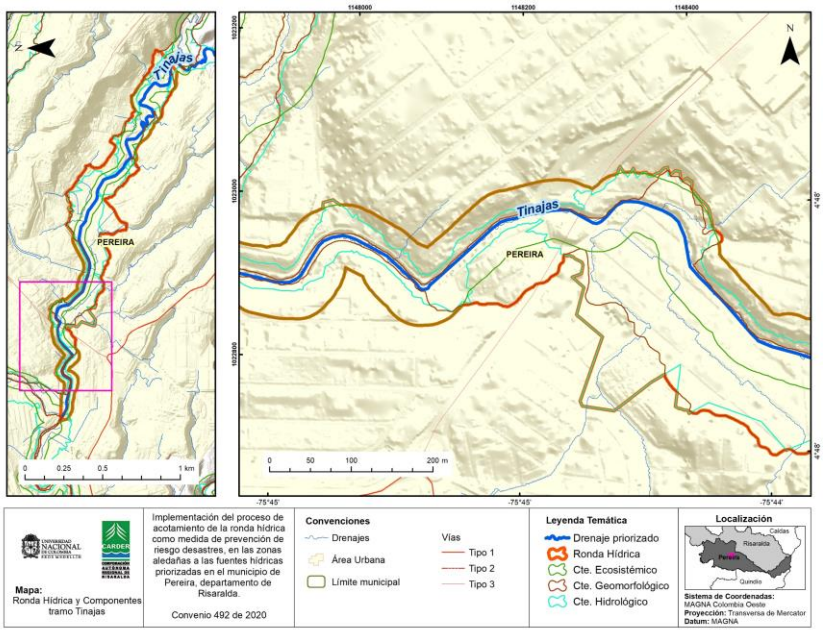


Figura 266. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Tinajas

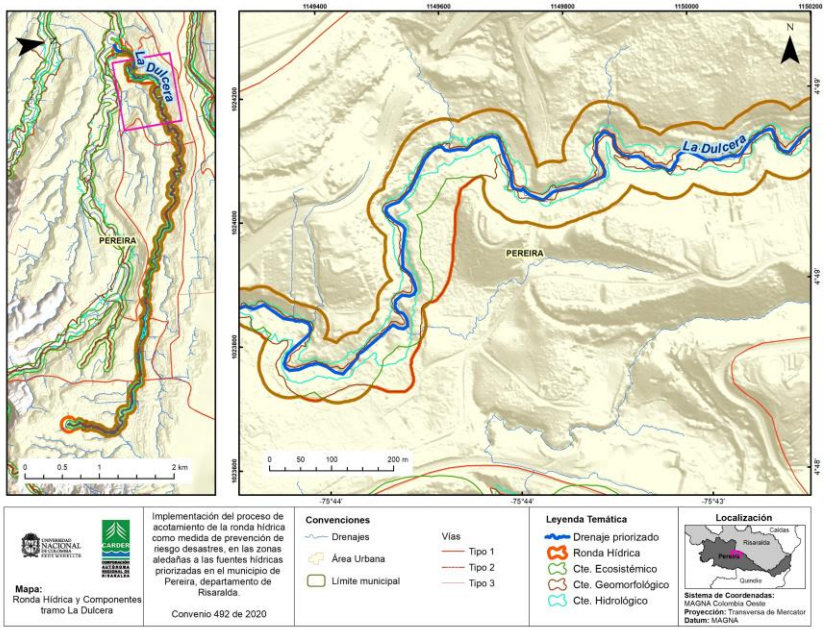


Figura 267. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada La Dulcera

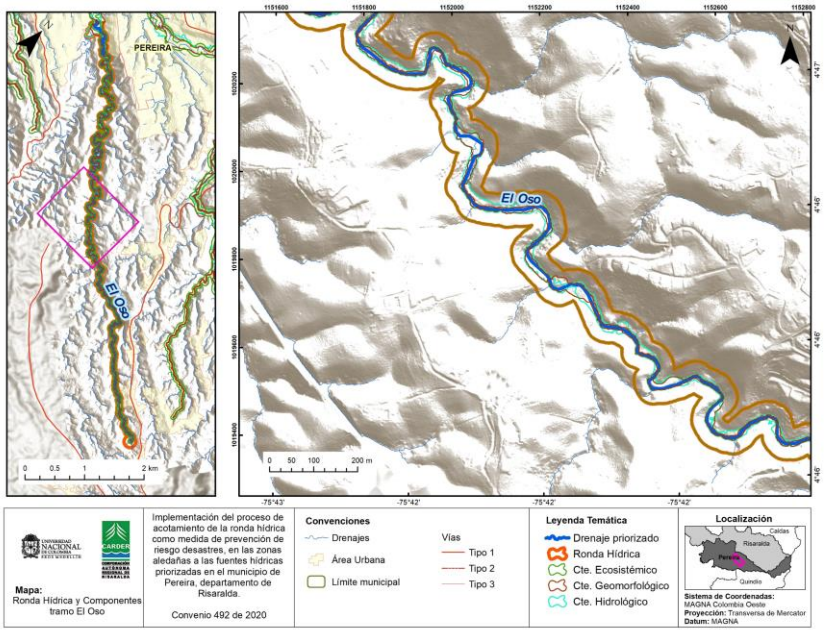


Figura 268. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Oso

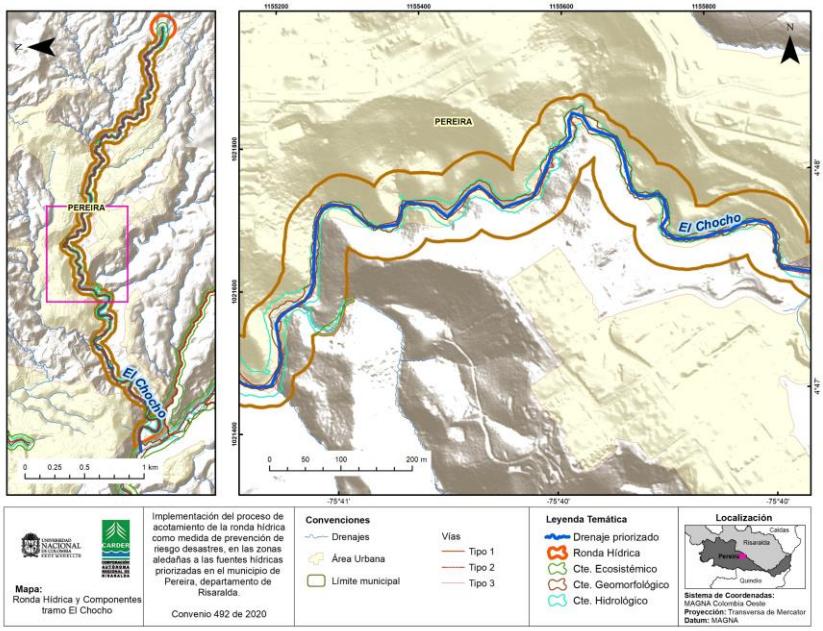


Figura 269. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Chocho

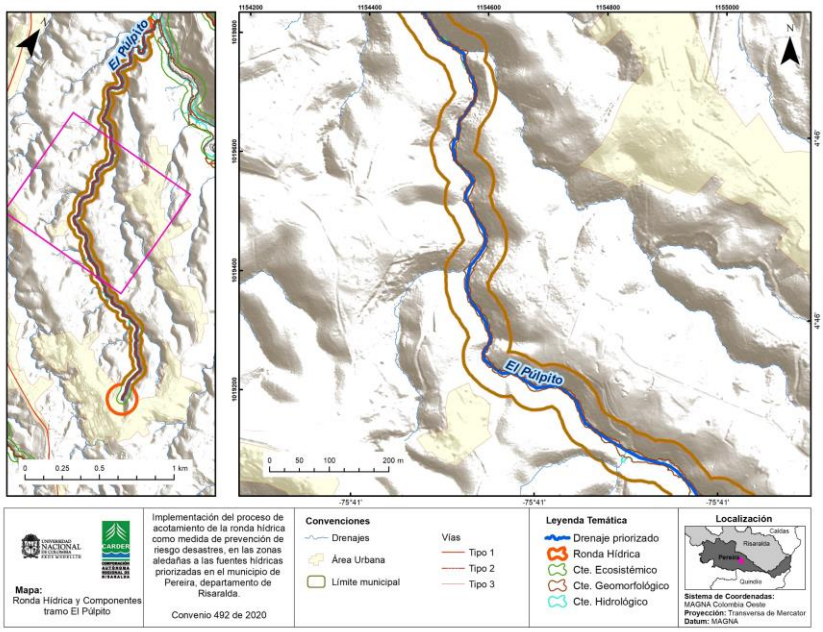


Figura 270. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Púlpito

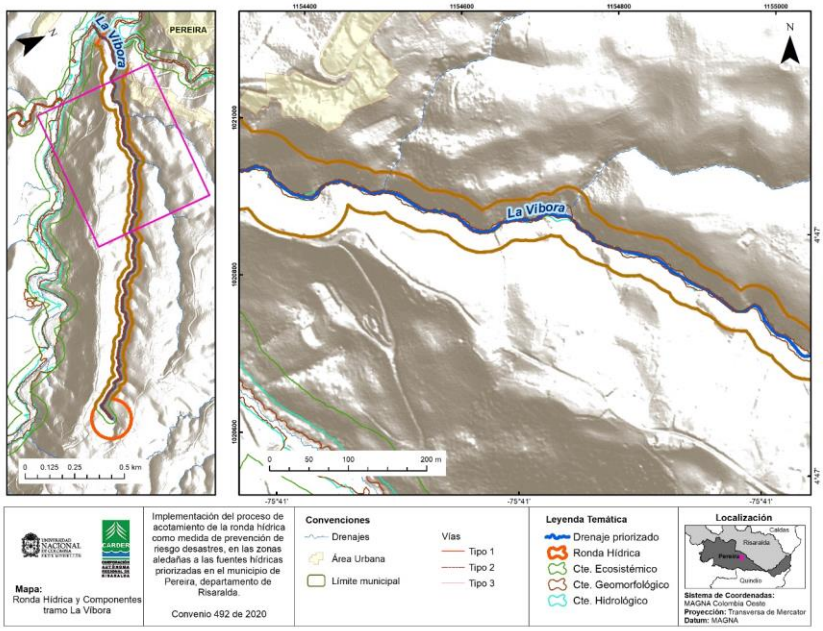


Figura 271. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada La Víbora

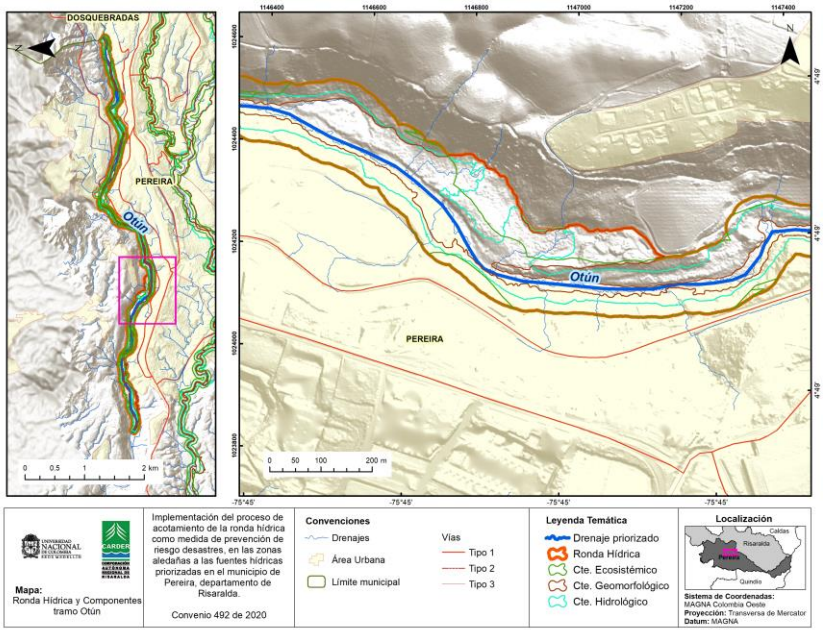


Figura 272. Definición del límite físico de la ronda hídrica del tramo priorizado del río Otún

6. DIRECTRICES PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LAS RONDAS HÍDRICAS

Siguiendo lo definido en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de la Ronda Hídrica en Colombia, se desarrolla en este capítulo: la identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica, la identificación de actores, la identificación de los servicios ecosistémicos y las estrategias de manejo planteadas para cada uno de los tramos priorizados con sus respectivas medidas de manejo.

6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA RONDA HÍDRICA

Se identificaron según lo establecido en la Guía Técnica, que a su vez lo retoma del 206 de la Ley 1450 de 2011, así: dentro del límite físico de la ronda hídrica se encuentran sus dos elementos constituyentes: 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”, ii) “y el área de protección o conservación aferente”. De la Figura 273 a la Figura 288 se presentan dichos elementos de la ronda hídrica para cada uno de los tramos priorizados, y en la Tabla 61, se muestra los anchos promedios, mínimos y máximos de cada uno de estos elementos constituyentes de la ronda hídrica.

Tabla 61. Anchos medios, máximos y mínimos de los elementos que constituyen la ronda hídrica de los tramos priorizados

Tramo	Faja paralela			Faja aferente		
	Distancia mínima [m]	Distancia media [m]	Distancia máxima [m]	Distancia mínima [m]	Distancia media [m]	Distancia máxima [m]
Quebrada Hato Viejo	0,01	12,66	39,79	12,5	45,95	125,5
Quebrada Grande	0,03	13,43	50,53	11,23	55,58	365,89
Quebrada Leticia	2,4	21	42,2	19,41	238,02	1071,49
Quebrada El Caucho	0	13,68	40,5	4,85	55,93	402,94
Quebrada El Piñal	0,81	13,56	40,97	12,12	43	148,79
Quebrada Cauquillo	0,03	11,41	40,83	6,78	38,81	108,28
Río Cestillal	0,01	8,8	25,48	9,83	23,02	41,73

Tramo	Faja paralela			Faja aferente		
	Distancia mínima [m]	Distancia media [m]	Distancia máxima [m]	Distancia mínima [m]	Distancia media [m]	Distancia máxima [m]
Río Consotá parte alta	0,11	19,29	40,8	10,87	45,33	211,51
Río Consotá parte baja	0,09	17,67	59,03	1,16	60,53	251
Quebrada Tinajas	2,74	27,23	40,26	7,08	57,24	230,53
Quebrada La Dulcera	0,03	12,08	39,18	3,03	37,88	180,56
Quebrada El Oso	0	9,54	40,88	4,01	31,36	198,51
Quebrada El Chocho	2,26	11,28	30,8	6,01	34,25	98,53
Quebrada El Púlpito	2,19	11,01	22,48	15,67	33,55	108,78
Quebrada La Víbora	0,6	7,67	16,39	10,75	28,68	103,61
Río Otún	59,5	65,3	79,5	2,80	13,1	32,7

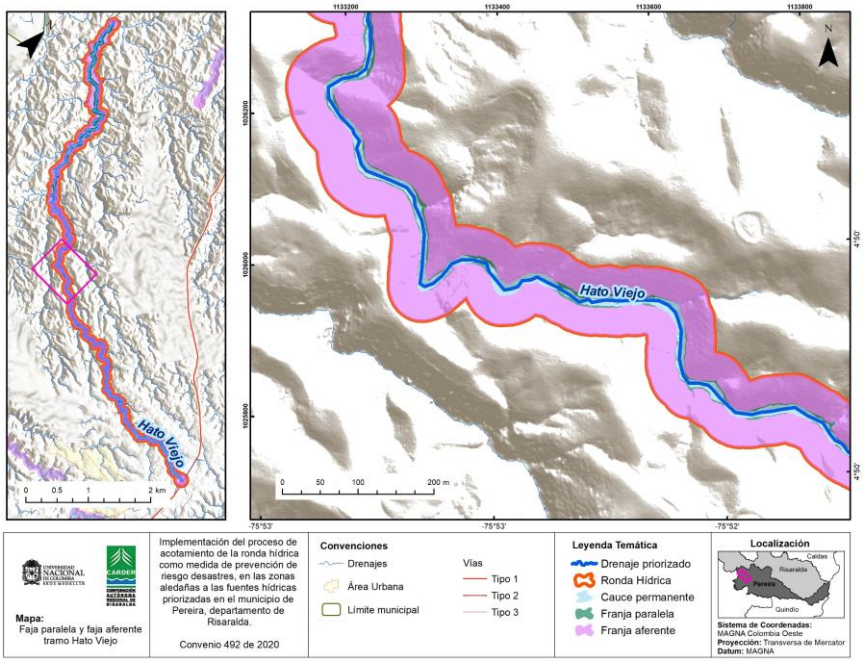


Figura 273. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada Hato Viejo

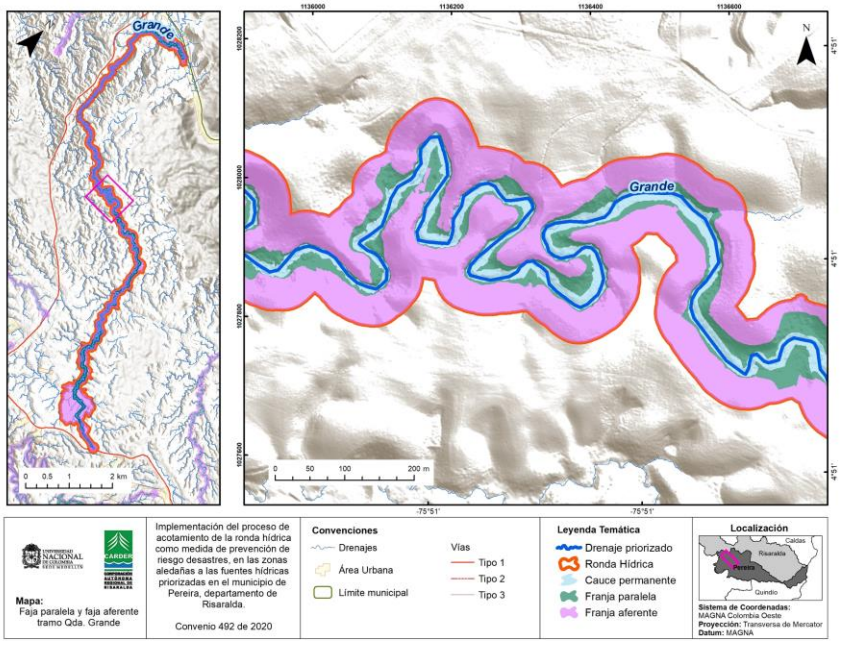


Figura 274. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada Grande

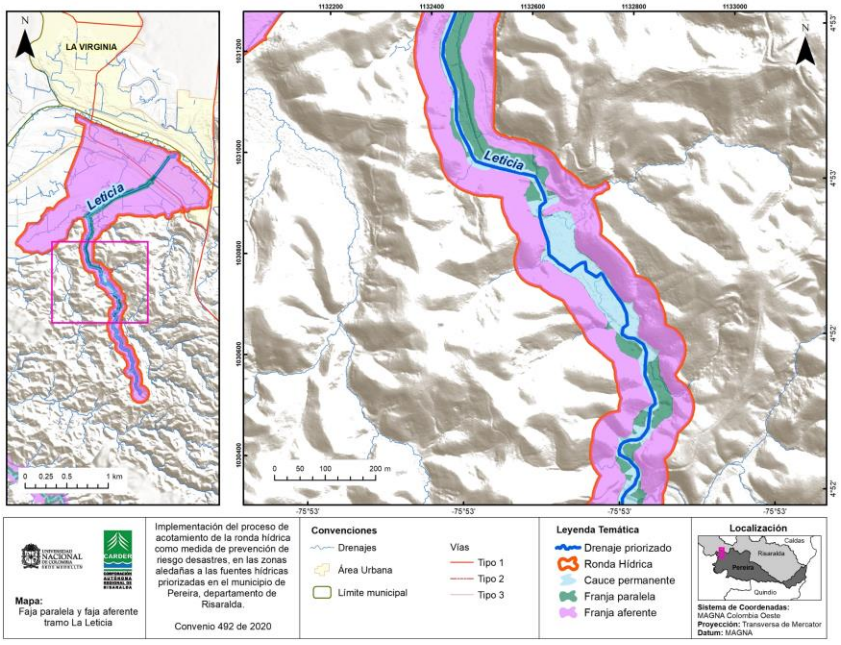


Figura 275. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada La Leticia (sector Caimalito)

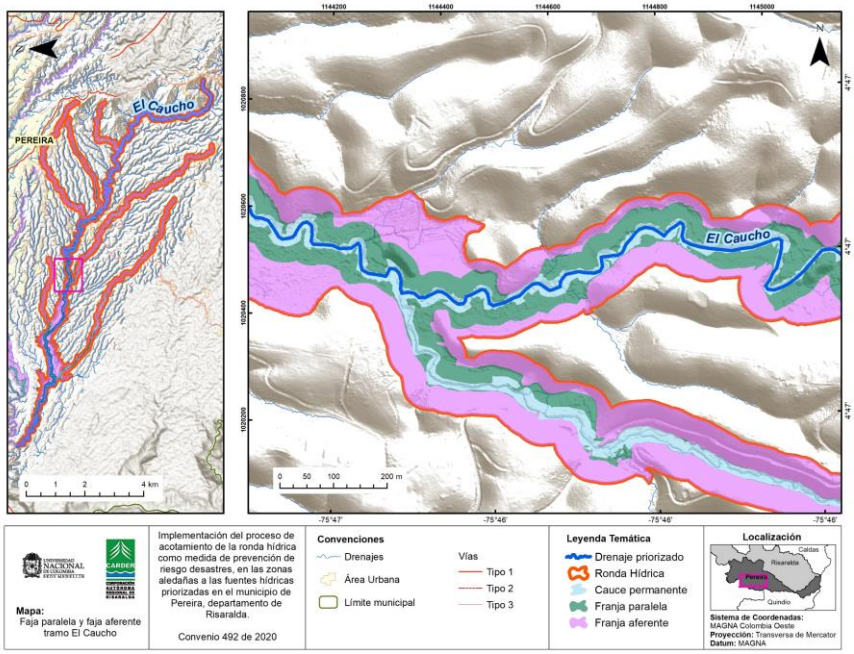


Figura 276. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Caucho

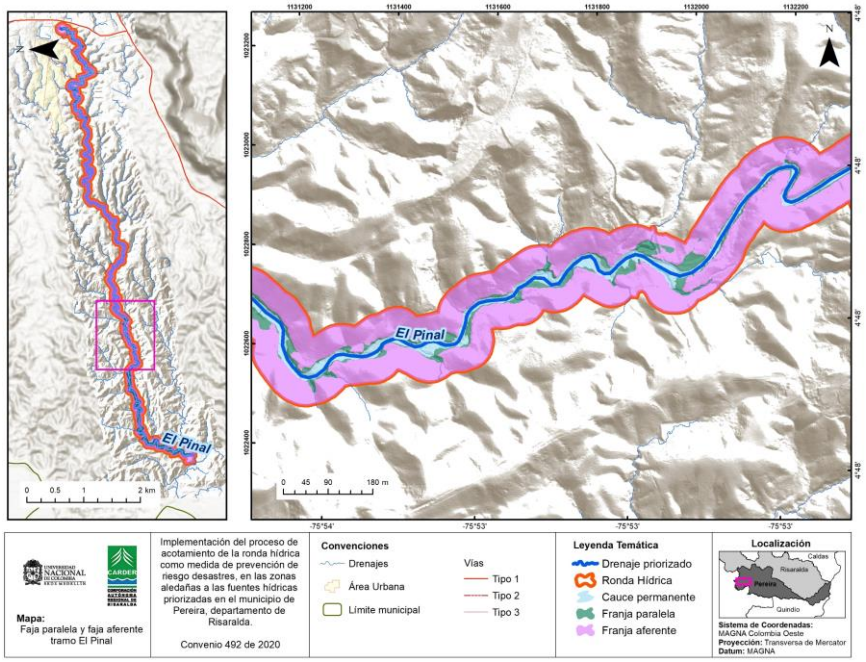


Figura 277. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Piñal (cuenca alta)

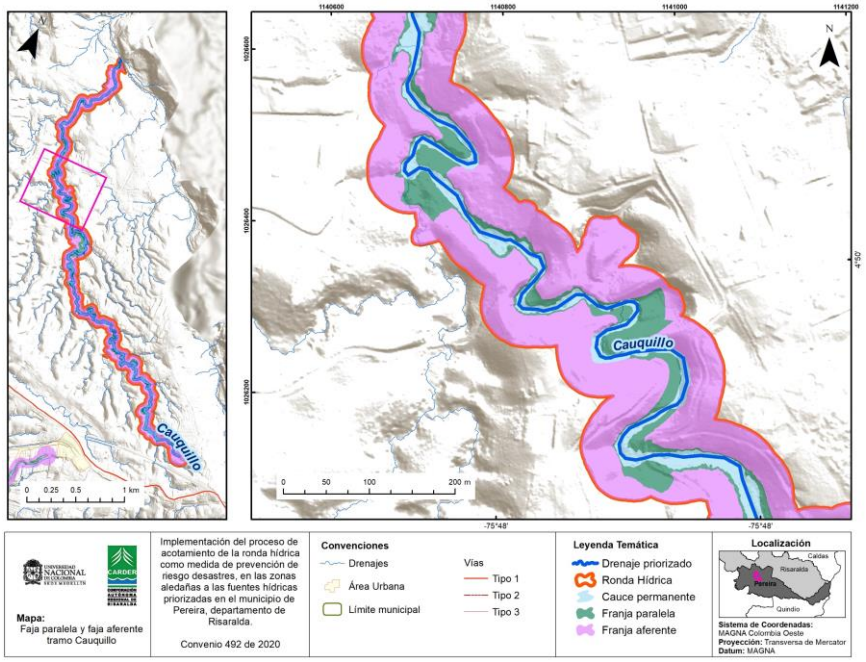


Figura 278. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada Cauquillo

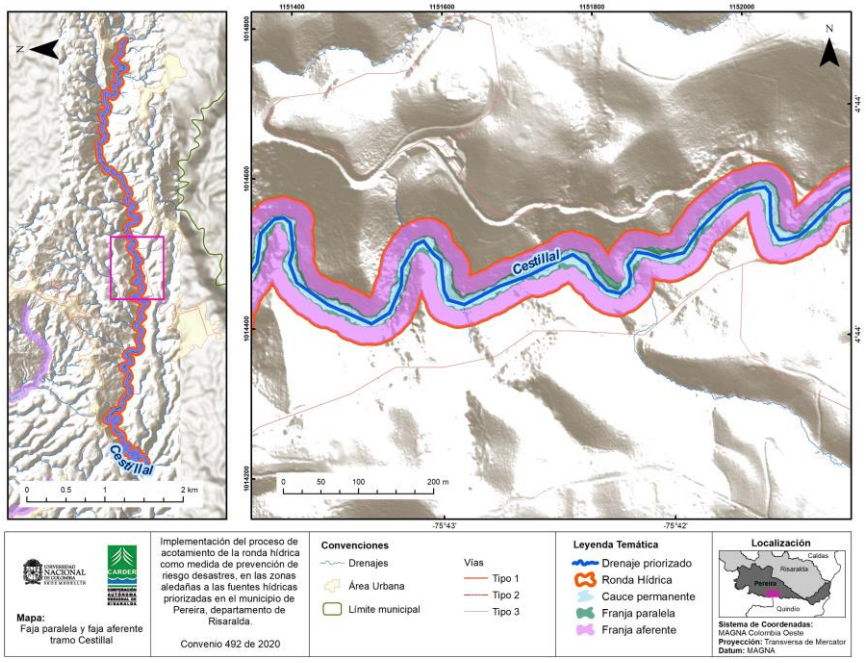


Figura 279. Elementos constituyentes de la ronda hídrica del río Cestillal

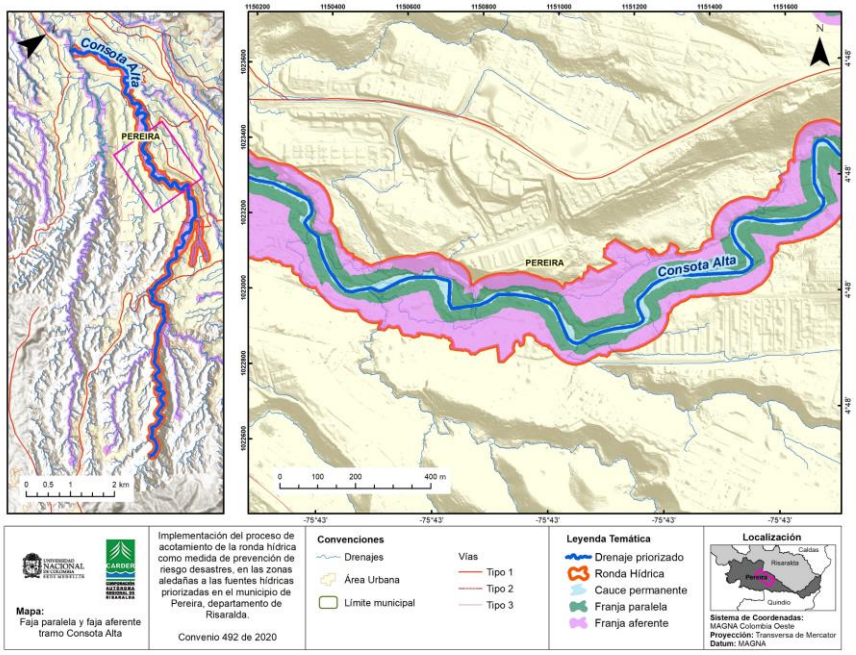


Figura 280. Elementos constituyentes de la ronda hídrica del río Consotá (cuenca alta)

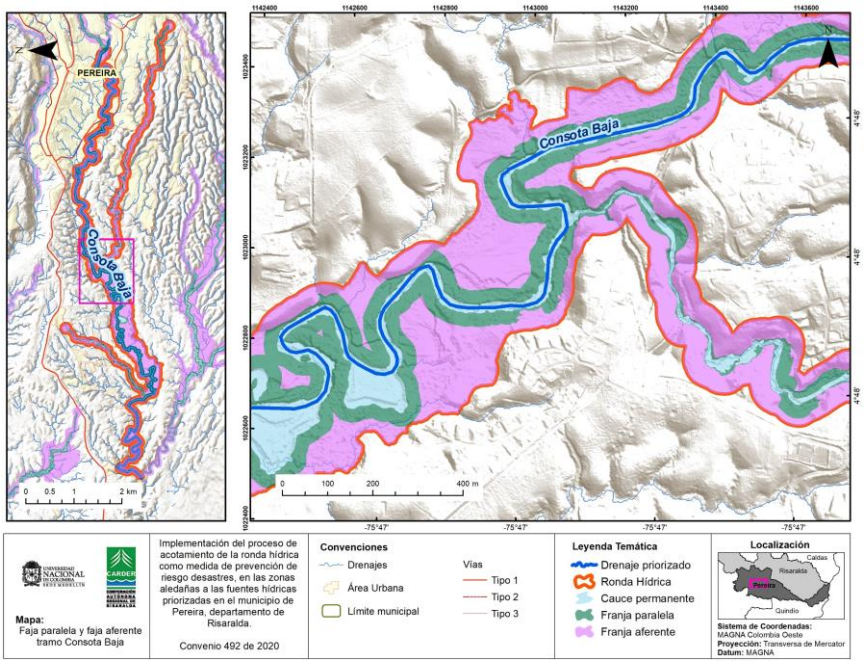


Figura 281. Elementos constituyentes de la ronda hídrica del río Consotá (cuenca baja)

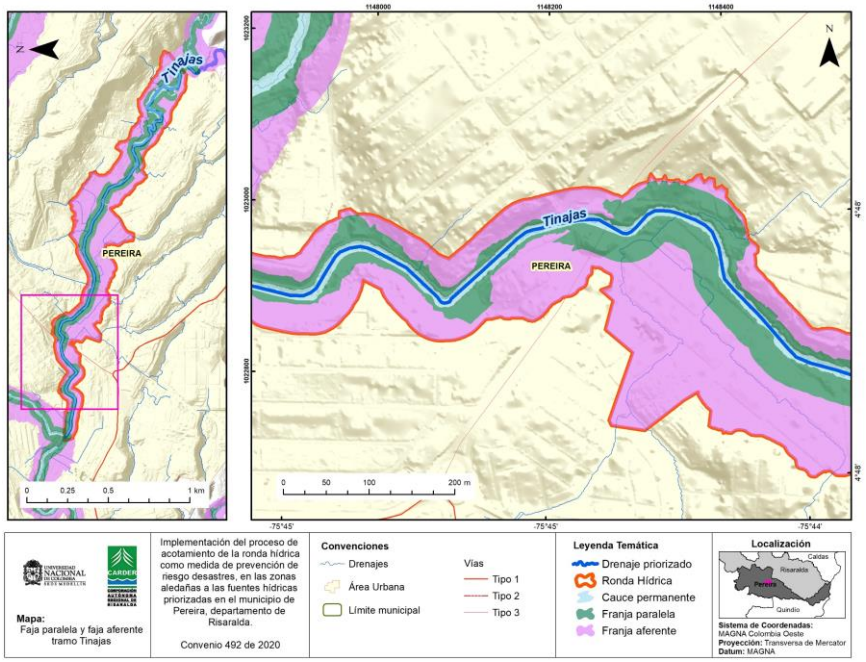


Figura 282. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada Tinajas

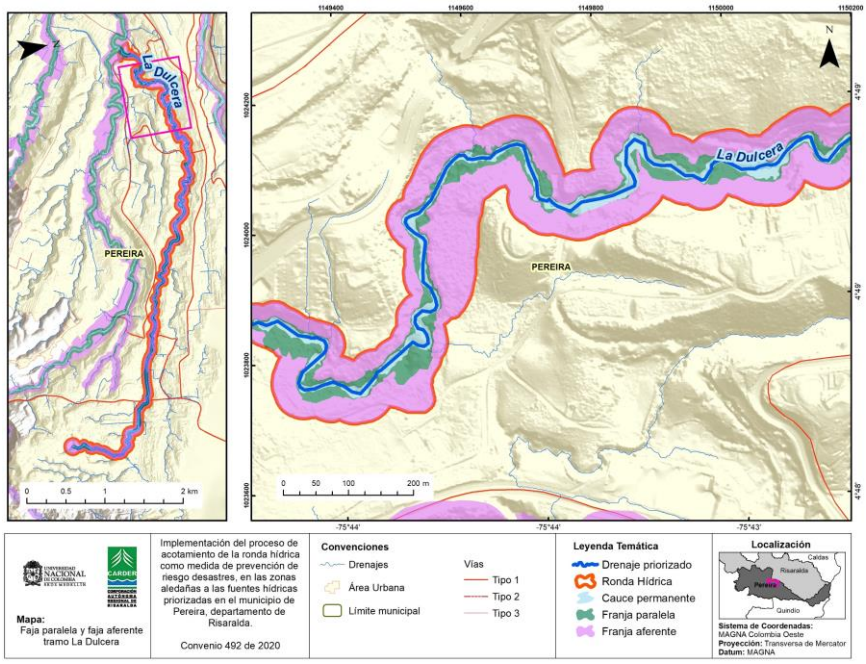


Figura 283. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada La Dulcera

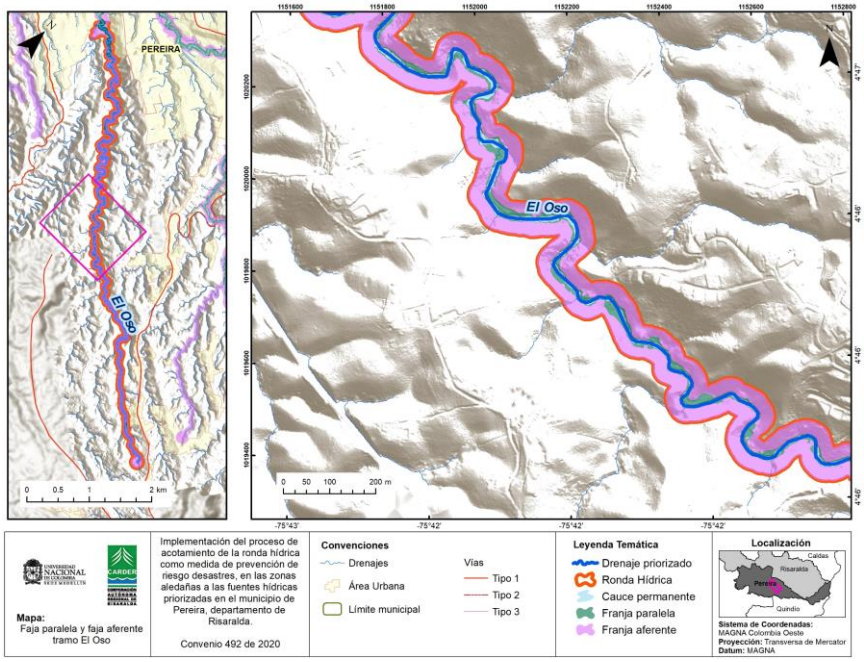


Figura 284. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Oso

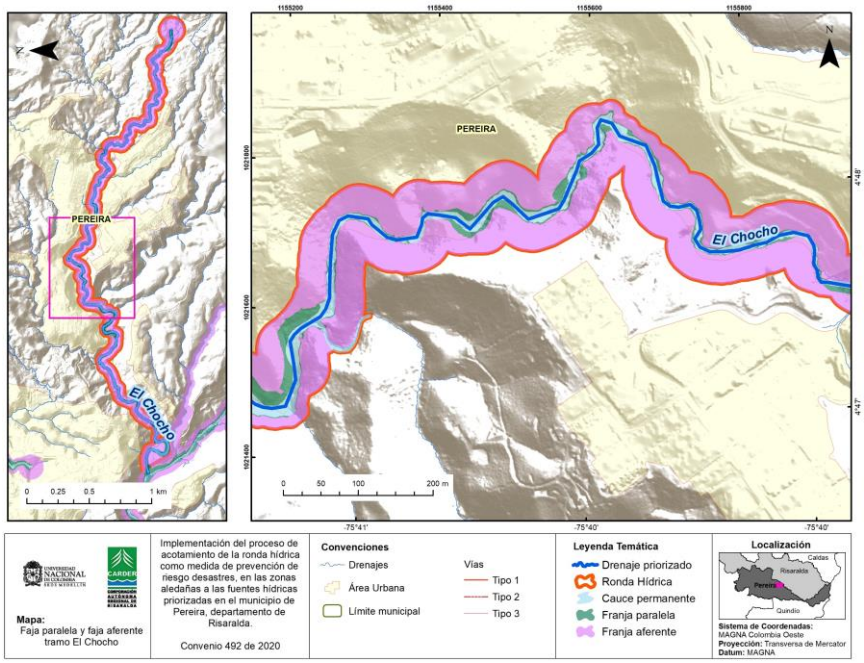


Figura 285. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Chocho

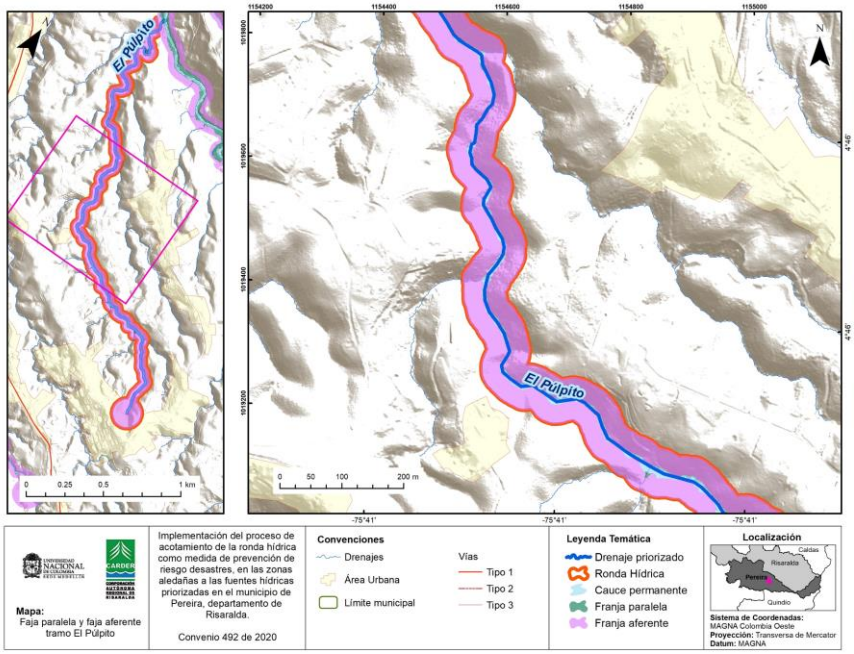


Figura 286. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada El Púlpito

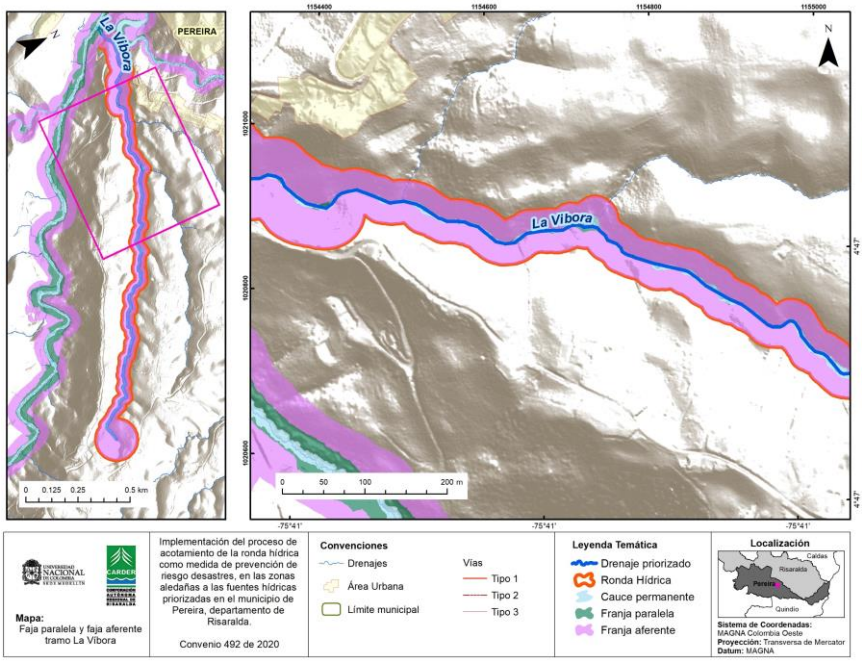


Figura 287. Elementos constituyentes de la ronda hídrica de la quebrada La Víbora

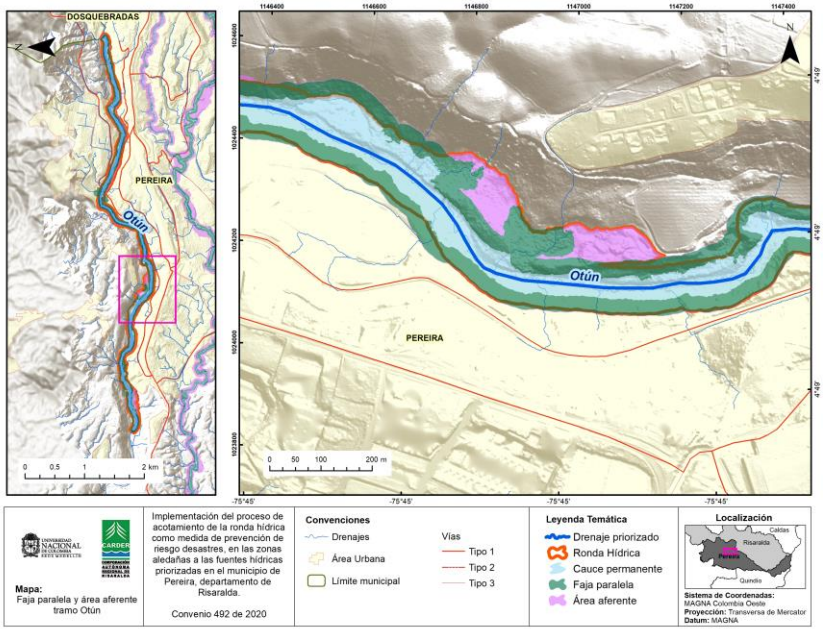


Figura 288. Elementos constituyentes de la ronda hídrica del río Otún

6.2 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES

Realizar una caracterización de actores sociales implica identificar ciudadanos, usuarios, en general individuos, grupos o instituciones que por sus acciones en un territorio específico son considerados importantes para el desarrollo de un proyecto de intervención o planeación. No obstante, ésta no supone la mera realización de un listado de actores intervinientes o stakeholders como posibles participantes de una iniciativa, sino que es necesario conocer los fines de su participación a partir de la identificación de sus roles, funciones, influencia e intereses sobre el objeto de estudio, definiéndose grupos o clusters de tipificación y redes de relacionamiento que es posible representar mediante mapas de actores o sociogramas.

Este tipo de ejercicio es importante en la medida que permite conocer la realidad social del contexto de implementación de un estudio o proyecto, identificar las relaciones entre los grupos de interés para el trabajo conjunto, definir actores con los cuales se debe tener mesura y detallar quienes pueden gestionar acciones y brindar información de calidad. además, al permitir identificar características, posiciones e intereses, contribuye en el diseño e implementación de adecuadas estrategias para el acercamiento y la interacción social en el marco del COVID 19.

Garantizar la funcionalidad de las rondas hídricas desde una perspectiva ecológica y sistémica, sólo es posible con el trabajo mancomunado de los actores sociales que intervienen de manera directa o indirecta en ellas. Es por esto que la caracterización de actores sociales y el diseño para la ejecución de estrategias de participación con los mismos es un valor capital para la ciudad de Pereira.

A continuación, se presenta el proceso realizado en la caracterización de actores sociales para la implementación del acotamiento de lar rondar hídrica de los priorizadas en el municipio de Pereira por parte de la CARDER incluyendo los instrumentos de recolección de información utilizados los resultados de la caracterización en el sociograma de actores sociales y la priorización de actores sociales para el proceso participativo.

6.2.1 Objetivos

6.2.1.1 General

Identificar, caracterizar y priorizar los actores clave del área de influencia de la ronda hídrica de las fuentes hídricas priorizadas en el municipio de Pereira, departamento de Risaralda, con el fin de garantizar su participación.

6.2.1.2 Específicos

- Identificar los actores sociales que tienen influencia en las rondas hídricas de las corrientes priorizadas.
- Caracterizar los actores que tienen influencia en las en las rondas hídricas de las corrientes priorizadas.
- Elaborar mapa de actores sociales clave y realizar la priorización.

6.2.2 Referente conceptual y metodológico

La Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia plantea la necesidad de articular de manera estructural la participación de los actores sociales en la implementación del acotamiento sugiriendo la metodología a seguir, pero dejando la definición de métodos precisos a quien realice la ejecución según cada contexto territorial en el que se encuentran inmersos los cuerpos de agua.

Como enfoque conceptual y metodológico para la caracterización y priorización de actores sociales en el presente proceso de implementación se cuenta con el Mapeo de Actores

Clave – MAC, que permite representar las posiciones de los actores y sus relaciones sociales respecto al proyecto de implementación del acotamiento de las rondas hídricas en el territorio de interés. A continuación, se da cuenta de sus elementos fundamentales.

6.2.2.1 Mapeo de Actores Clave – MAC

El MAC supone el uso de esquemas y grafos para representar la realidad social. Es una metodología ampliamente extendida y vinculada con la teoría de redes sociales. Descansa sobre el supuesto de que la realidad social se puede ver como si estuviera conformada por relaciones sociales donde participan actores sociales e instituciones sociales de diverso tipo. Los conjuntos de vínculos o de relaciones sociales forman redes y según sea la posición que los distintos actores ocupan en dichas redes, van a definir sus valores, creencias y comportamientos.

El énfasis de un mapa de actores está puesto en la comprensión de los diversos tipos de relaciones o agrupación entre sujetos, densidades o discontinuidades en las relaciones y también diferencias en los contenidos de las relaciones entre los actores. Permite dar cuenta de quien presiona y por qué, quién no es escuchado, quienes son afines, quienes son indiferentes, quien tiene capacidad de influencia etc.

Es importante resaltar que, cuando se analiza la realidad social o territorial a través de un MAC, no se está buscando realizar una cuantificación, sino un análisis cualitativo de la realidad observada (Tapella, 2007).

6.2.2.2 Actor Social

Siguiendo a Tapella (2007), un actor es toda unidad generadora de acción o relación social, sea un individuo o un todo colectivo (grupo, asociación, etc.) que enlaza a su acción un sentido subjetivamente mentado, consciente o inconscientemente. El actor social opera siempre con orientaciones, motivos, expectativas, fines, representaciones, valores, dentro de una situación determinada (Ibáñez y Brie, 2001, citado en Tapella, 2007). Se puede decir que es alguien que tiene algo que ganar o algo que perder a partir de los resultados de una determinada intervención o la acción de otros actores.

Los actores sociales como personas, grupos u organizaciones desarrollan planes programas, proyectos y actividades determinando afectaciones positivas o negativas en su contexto, los cuales son vistas como oportunidad para el desarrollo del territorio en dinámicas especificas; sin embargo las interacciones entre actores direccionan la

percepción positiva o negativa respecto a otros actores, lo que repercute en la forma de relacionamiento para que los fenómenos se manifiesten y sean abordados según su competencia y campo de acción.

Una de las características que configuran al actor social es el poder, que define las relaciones sociales y ambientales en el tiempo y espacio en la medida que se dan las transformaciones socio ambientales, cuando las relaciones de poder se prolongan en el tiempo y espacio permiten la configuración de estructuras de poder que se dan a partir de la apropiación de los elementos ambientales en las prácticas y los discursos de los actores sociales. El poder está directamente relacionado con la capacidad que tienen los actores sociales de incluir a otros actores en la creación de nuevas formas de organización y orden social, territorial y ambiental.

6.2.2.3 Dimensión espacio temporal

La dimensión espacio-temporal en la que se inscribe la acción humana, impone límites y potencializa la acción del actor, por lo que las prácticas sociales como entidades tiene una duración y localización lo que se convierte en un aspecto central pues las acciones humanas son vistas como emergencias espacio – temporales con grados diferenciados de intensidad, duración y continuidad.

Los elementos ambientales tienen una doble naturaleza, por un lado, la existencia objetiva y por el otro la construcción subjetiva que al ser apropiados en el marco de la práctica social adquieren un significado particular, diferenciado ambos tipos de apropiación no alteran las propiedades objetivas de dichos elementos, siempre serán los mismos.

El territorio (la zona ribereña) se encuentra afectado por la superposición de interacciones socio espaciales y socio ambientales generadas a partir de las prácticas de los actores sociales que constantemente lo definen y moldean (CVC et al., 2016).

6.2.3 Ruta metodológica para la caracterización de actores

Haciendo caso de la orientación metodológica de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia, la identificación, caracterización y mapeo de actores sociales ha sido adelantada con un enfoque cualitativo, desde la revisión de información secundaria contenida en los instrumentos de desarrollo y ordenamiento municipal, nutriéndose y redefiniéndose, al nivel de los tramos priorizados, con el desarrollo de las actividades de participación social y diálogo con actores sociales.

El contexto territorial en el que se enmarca la caracterización de actores corresponde a los sectores urbanos, rurales y suburbanos del municipio de Pereira donde vierten sus aguas las corrientes hídricas de Hato Viejo, Grande, Leticia, El Caucho (cuenca baja y alta), El Piñal, Cauquillo, río Cestillal (cuenca media), río Consotá, Tinajas, La Dulcera, El Oso, El Chocho, Púlpito, Víbora y el río Otún. Estas unidades de análisis priorizadas por la CARDER para el acotamiento de la ronda hídrica tienen características biofísicas y socioeconómicas que requieren ser comprendidas desde el punto de vista de las relaciones sociales en torno al agua y las zonas de ribera, pues comprenden tipos de asentamiento y organización social que configuran usos y usuarios, conflictos y alianzas en torno a los ecosistemas y servicios ecosistémicos asociados a dichas fuentes hídricas.

La caracterización de actores es el primer paso para la definición de directrices para el manejo ambiental de las rondas hídricas ya que permite el acercamiento a la tipología de actores sociales, sus relaciones con el entorno, sus medios de vida, y complejos económicos, por lo que, la revisión de información secundaria, la observación participante, la realización de entrevistas y conversaciones con personas clave de las comunidades, como la generación de espacios de participación se constituyeron en las herramientas metodológicas principales para identificar el manejo actual de los ecosistemas de ribera, las interacciones entre actores, factores socioeconómicos y afectaciones por eventos de inundación. Las herramientas utilizadas para tal fin fueron: revisión de información secundaria, observación participante y entrevistas semiestructuradas.

Dentro de la recisión de información secundaria se solicitó información a diferentes entidades con injerencia en el área de estudio, los oficios con dichas solicitudes al igual que las respuestas, se presentan en el Anexo 8.

El trabajo de campo para la caracterización de actores realizado para la aplicación de las entrevistas semiestructuradas sentó las bases para el relacionamiento con los usuarios de las fuentes hídricas priorizadas, permitió recoger percepciones y opiniones de los actores, así como la identificación de tendencias sobre los vínculos con el entorno inmediato. Además, se puede señalar que las conversaciones logradas permitieron sembrar interés por las rondas hídricas como espacios fundamentales para incidir de manera positiva en el bienestar de las comunidades y los ecosistemas. La transcripción de estas entrevistas, al igual que su sistematización se encuentra en el Anexo 9.

6.2.3.1 Identificación de actores sociales

Para la identificación preliminar de actores cualquier proyecto debe orientarse con preguntas clave, las realizadas para la implementación del acotamiento de las rondas hídricas en las fuentes priorizadas fueron:

- ¿Quiénes son los actores clave?
- ¿Qué características tienen?
- ¿Pueden interesarse en la implementación del proyecto?
- ¿Poseen influencia en otros actores, información, experiencia o recursos para la implementación del proyecto?
- ¿Son necesarios para el proyecto?

Las actividades adelantadas para la identificación de los actores sociales para la implementación del acotamiento de rondas hídricas en el municipio de Pereira se resumen en los siguientes puntos.

- La CARDER suministró las bases de datos de los actores sociales con los cuales se han establecido interacciones en el marco de los procesos participativos de la entidad, particularmente los asociados al ordenamiento del recurso hídrico como son los POMCA del río Otún y el río La Vieja, y el consolidado de peticiones, quejas y recursos – PQRs de los años 2020 y 2021 que se constituye en insumo para el análisis de las relaciones de conflicto.
- Acercamiento a entes territoriales, agencias gubernamentales de carácter nacional y organismos para la gestión del riesgo de desastres presentando el proyecto, solicitando información de base para abarcar los puntos sugeridos en la Guía técnica y bases de datos de actores sociales comunitarios.
- Revisión del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Pereira.
- Salida de reconocimiento del territorio de influencia implementando la observación participante para la identificación de actores sociales. En esta actividad de acercamiento preliminar a los actores sociales se pudo identificar que no hay poblaciones étnicas organizadas que posean intereses colectivos sobre la tierra como comunidades legalmente constituidas bajo la figura de resguardos o consejos comunitarios.

- Realización del primer listado de actores sociales para la Implementación del proceso de acotamiento de la ronda hídrica como medida de prevención de riesgo desastres, en las zonas aledañas a las fuentes hídricas priorizadas en el municipio de Pereira.

Se realizó la actualización de las bases de datos proporcionadas por CARDER y se complementó con los datos recopilados en las salidas de campo. Se encontraron dificultades en el acceso a las bases de datos de las Juntas de Acción Comunal.

6.2.4 Caracterización de actores sociales

Una vez se obtuvo el listado base de los actores de interés estos fueron tipificados según grupos de actores, como se describe a continuación:

6.2.4.1 Agencias gubernamentales

Son las instancias promovidas por el gobierno nacional para administrar un servicio público que resulta necesario para los ciudadanos, así como ejercer control y prevención según la orientación para la que fue diseñado. En el municipio de Pereira con relación a las Rondas Hídricas se encuentran la Agencia Nacional Minera, La Autoridad Nacional de licencias Ambientales, el IGAC, Biblioteca Banco de la República y Batallón San Mateo

6.2.4.2 Autoridad ambiental

Cumplen una función administrativa del medio ambiente y los recursos naturales del Estado en un área jurisdiccional. Con carácter público y autonomía administrativa y financiera se representa en la Corporación Autónoma Regional de Risaralda.

6.2.4.3 Entes territoriales

Se encargan de administrar el territorio y garantizar la regulación jurídica en defensa de los intereses comunes en su área de jurisdicción. Gobernación y Alcaldía.

La Alcaldía de Pereira es un ente territorial que se vincula en su Plan de Ordenamiento Territorial y su Plan de Desarrollo con programas y subprogramas. Dentro de sus funciones está la de presentar oportunamente al consejo los Proyectos de acuerdo sobre planes y programas de desarrollo ambiental y social del municipio.

6.2.4.4 Instancias de participación

Mecanismos a través de los cuales la ciudadanía puede incidir en las decisiones relacionadas con los asuntos públicos y hacer control sobre la gestión pública, congregan actores de carácter ciudadano o mixto (ciudadanos y administraciones) para la deliberación, la gobernabilidad, la atención a los problemas públicos y la garantía de los derechos (CVC et al., 2016).

6.2.4.5 Instituciones educativas

Son los lugares en los que se precisa el derecho al servicio educativo desde la infancia.

Promueven la formación intelectual, axiológica y física permanente de los educandos hasta la educación superior y ejercen intervención en los asuntos culturales y ambientales del municipio de Pereira. Su representación se encuentra en varias de las microcuencas priorizadas por la CARDER y sobresalen para los fines de este estudio sus acciones en el marco de los Proyectos Ambientales Escolares PRAES.

6.2.4.6 Organizaciones no gubernamentales ambientales y comunitarias

Se encuentran las organizaciones de la sociedad civil, de carácter voluntario y altruista, enmarcado en el ámbito privado. Tienen como objeto la conservación de los recursos naturales y el desarrollo social y comunitario con acciones enmarcadas en la ejecución de proyectos se sostenibilidad ambiental y desarrollo humano.

6.2.4.7 Organismos para la gestión del riesgo de desastres

La dinámica de los fenómenos amenazantes y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, configuran cotidianamente escenarios de riesgo, materializados históricamente en el territorio en emergencias y desastres. Los desastres son manifestaciones de problemáticas ambientales derivados del acceso inadecuado a los sistemas ecológicos naturales por parte de la sociedad, sociedad esta responsable de la construcción y deconstrucción de dichos escenarios. De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) es un proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes que tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Alcaldía de Pereira, 2019).

En consecuencia, los actores asociados a la GRD son las entidades privadas, organizaciones comunitarias y dependencias de carácter público orientadas al diseño e implementación de medidas y acciones para el conocimiento y la reducción del riesgo de desastres, y/o a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas que contribuyan a la seguridad territorial y al bienestar de la población de cara a los retos presentes impuestos por eventos naturales y antrópicos como la variabilidad climática y el cambio climático.

6.2.4.8 Servicios públicos

Se incluyen aquí las empresas prestadoras de servicios públicos - ESP como son Aguas y Aguas y Empresas Públicas de Pereira, las cuales son de carácter mixto. Así mismo los acueductos comunitarios se incluyeron en esta categoría, los cuales se definen por ejercer la gestión comunitaria del agua bajo personería jurídica propendiendo por garantizar el acceso y disminuir la vulnerabilidad que en torno al preciado recurso se tenga o se pueda tener en los territorios de las veredas. Son de carácter comunitario.

En total se identificaron 191 actores y 22 tipos de actores sociales intervinientes en los territorios de influencia de los tramos priorizados, los cuales se distribuyen, como se observa a continuación, con una amplia proporción de Juntas de Acción Comunal y de ONGs ambientales (Figura 289). También resaltan en frecuencia las instituciones educativas, las asociaciones de usuarios de acueductos y las empresas privadas y comunitarias de servicios públicos.

La caracterización de actores sociales permite reconocer también el ámbito de influencia de cada uno como se presenta en la Figura 290, la cual denota que los actores del ámbito local y municipal son los más representativos. El ámbito local refiere la incidencia en el plano más inmediato del territorio, la relación con los ecosistemas por parte de los actores que habitan o ejercen diferentes tipos de actividades cerca de los afluentes. Los actores con menor representatividad por ámbito de acción son los pertenecientes al nivel regional.

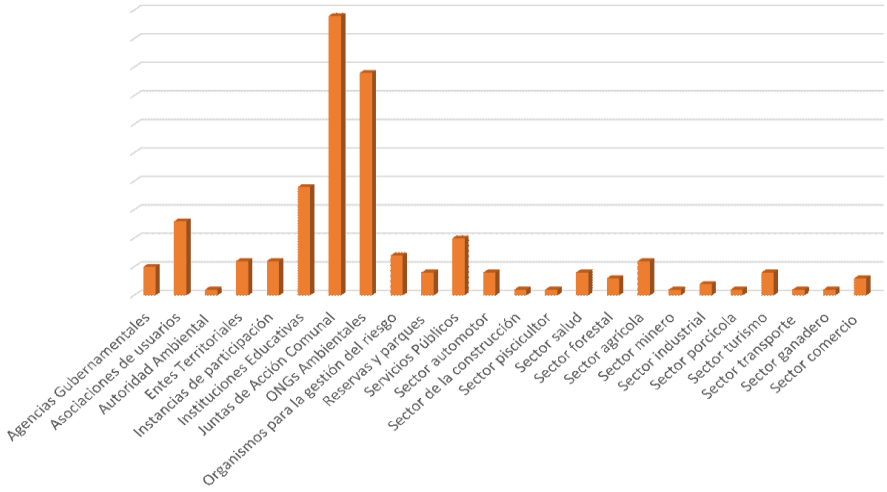


Figura 289. Actores sociales identificados según tipo

Para el caso de lo local se referencian las Juntas de Acción Comunal y las asociaciones de usuarios de los acueductos comunitarios. También resalta la participación de los actores clasificados como reservas y parques. A nivel municipal las ONGs, las instituciones educativas, los organismos para la gestión del riesgo, las instancias de participación y los entes territoriales.

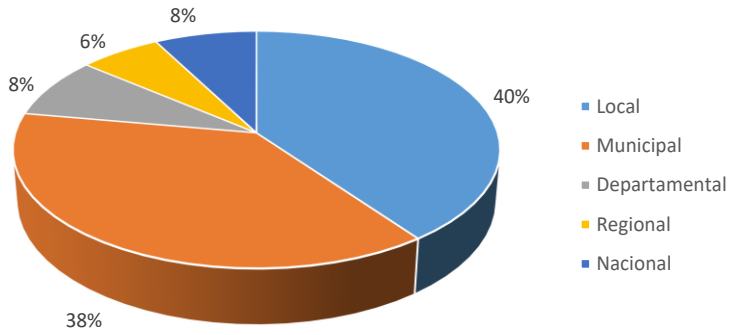


Figura 290. Actores identificados según ámbito de acción

Según el carácter de las entidades o actores sociales pudiendo ser éstos púbicos, privados o mixtos, se resalta la presencia mayoritaria de actores privados de los cuales los más representativos son las Juntas de Acción Comunal, ONGs ambientales asociaciones de usuarios y en menor medida se encuentran los sectores de la producción como son los

asociados a la agricultura, el turismo, la construcción, el sector salud y forestal, entre otros (Figura 291).

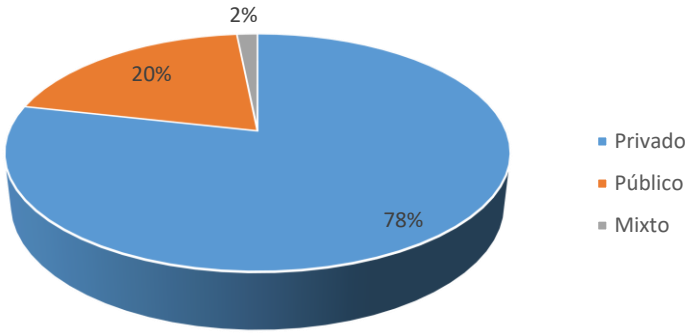


Figura 291. Actores identificados según carácter

Después de identificar y describir los actores sociales que desarrollan actividades en torno a las microcuencas priorizadas es de utilidad esquematizar el grado de poder e influencia que tienen los mismos en relación al interés que pueden tener frente al proyecto con el fin de dar cuenta, con mayores herramientas, de quienes son los actores clave para el proceso (Tabla 62).

Tabla 62. Matriz de valoración de actores sociales

ACTOR	INFLUENCIA O PODER	INTERÉS EN EL PROYECTO	PRIORIDAD
Agencias Gubernamentales	Alta	A favor	Alta
Asociaciones de usuarios	Media	A favor	Alta
Autoridad Ambiental	Alta	A favor	Alta
Entes Territoriales	Alta	A favor	Alta
Instancias de participación	Media	A favor	Alta
Instituciones Educativas	Baja	A favor	Media
Juntas de Acción Comunal	Baja	A favor	Alta
ONGs Ambientales y comunitarias	Alta	A favor	Alta
Organismos para la gestión del riesgo	Alta	A favor	Alta
Reservas y parques	Alta	A favor	Alta
Servicios Públicos	Alta	A favor	Alta
Sector automotor	Baja	Indiferente	Baja
Sector de la construcción	Alta	Indiferente	Media
Sector piscicultor	Baja	Indiferente	Baja
Sector salud	Media	Indiferente	Baja

ACTOR	INFLUENCIA O PODER	INTERÉS EN EL PROYECTO	PRIORIDAD
Sector forestal	Media	A favor	Media
Sector agrícola	Alta	Indiferente	Alta
Sector minero	Alta	Indiferente	Alta
Sector industrial	Baja	Indiferente	Baja
Sector porcícola	Baja	Indiferente	Baja
Sector comercio y turismo	Baja	Indiferente	Baja
Sector ganadero	Media	Indiferente	Baja

La representación de los actores sociales en el mapa de actores aportará a la definición de los actores clave en la medida que las variables que lo orientan posibilitan la valoración de cada actor en el sentido de establecer el mayor o menor grado de impacto o influencia de sus acciones en otros actores, así como en el territorio, conforme al interés o posición que pueda tener en relación al proyecto (ver Figura 292).

Dado que el proceso de caracterización se encuentra en fase inicial y no se han identificado las relaciones entre los actores, no se representan en el mapa las mismas. Se proyecta que a medida que se realice el proceso participativo se puedan determinar dichas relaciones.

De acuerdo con la matriz de doble entrada que orienta la metodología del Mapeo de Actores Clave, se consideran como prioritarios los actores que cuentan con poder o influencia altos y un interés o posición frente a la propuesta de implementación a favor. Adicionalmente se tienen en cuenta los actores con baja influencia pero que se pueden encontrar a favor del proyecto como son las Juntas de Acción Comuna. Por ahora no se priorizan las instituciones educativas dado que por pandemia el sistema actual es intermitente. En la Tabla 63 se presentan los actores priorizados.

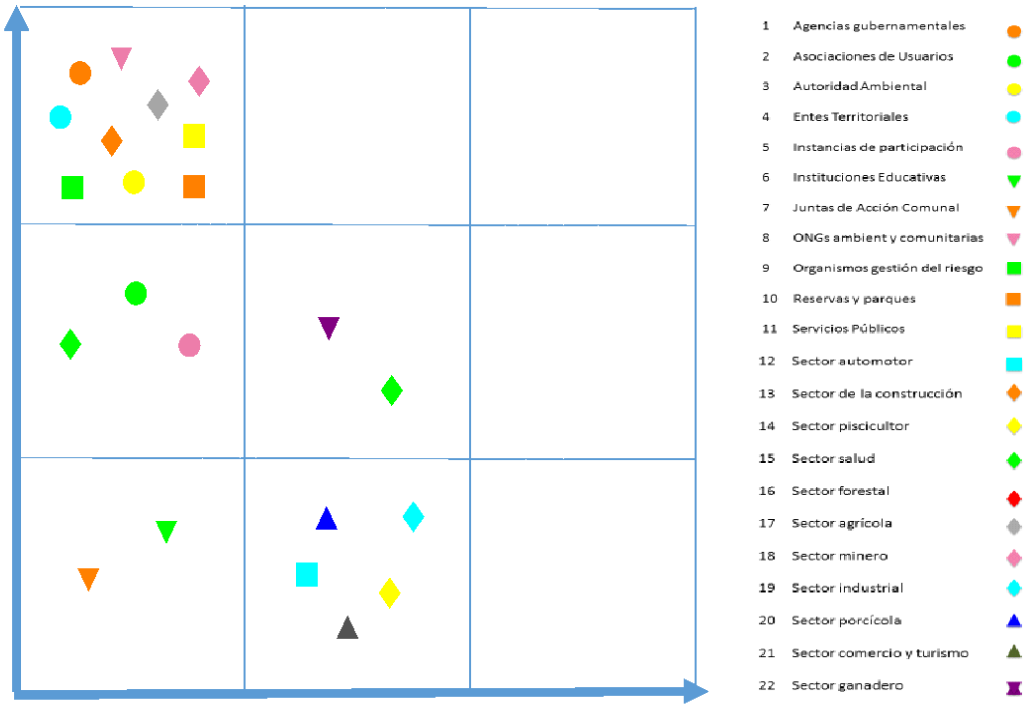


Figura 292. Mapa de actores sociales

Tabla 63. Actores sociales priorizados para la participación

Actores priorizados	
Agencias Gubernamentales	ONGs ambientales y comunitarias
Asociaciones de usuarios	Organismos para la gestión del riesgo
Autoridad Ambiental	Reservas y parques
Entes Territoriales	Servicios Públicos
Instancias de participación	Sector agrícola
Juntas de Acción Comunal	Sector minero

6.2.5 Estrategia de participación

La orientación hacia el desarrollo de mecanismos y espacios de participación se encuentra consagrada desde la Constitución Política de 1991, que asegura un marco jurídico hacia la garantía de un orden social justo. Siguiendo la carta magna es un deber del Estado organizar los sistemas de participación ciudadana para vigilar la gestión pública, garantizar la participación de las comunidades en las decisiones que puedan afectar el derecho a

gozar de un ambiente sano, así como disponer todos los mecanismos y procedimientos apropiados conforme a los cuales se hará efectiva la participación ciudadana.

La normativa para el acotamiento de rondas hídricas en el país es relativamente nueva y, siguiendo los objetivos de gobernanza de las políticas nacionales sobre recurso hídrico y biodiversidad se ha vinculado de manera estructural el componente social, como en cada uno de los planes de ordenamiento, reconociendo los ecotonos en relación intrínseca con las dinámicas antrópicas, que en general han devenido en su deterioro progresivo pero que a través de procesos de reconocimiento y formación para la acción dichas dinámicas son la única alternativa para garantizar la sostenibilidad ambiental de los territorios.

Adicionalmente a la caracterización de los actores sociales y como soporte para el desarrollo del componente de participación, se desarrolla una propuesta de participación a partir de los lineamientos dados en la Guía técnica para el acotamiento de Rondas Hídricas la cual se soporta en las directrices de la PNGIRH que promueve la gestión del agua bajo un enfoque participativo y multisectorial, y se propone garantizar la incidencia efectiva de la ciudadanía y los actores sociales priorizados en la caracterización de actores sociales, brindando los espacios y herramientas para la expresión de sus opiniones y propuestas en el marco de esta implementación. Igualmente se retoma como referente el estudio piloto los estudios realizados por la CARDER en las microcuencas La Fría y Frailes del municipio de Dosquebradas. La estrategia de participación propuesta en el presente estudio se presenta en forma detallada en el Anexo 10.

En esta estrategia se desarrollaron tres espacios de participación, con los cuales se buscó integrar los aportes, inquietudes y aspiraciones de los actores participantes con relación a la identificación de las relaciones cultura-naturaleza en el marco de las rondas hídricas de las corrientes priorizadas, es decir, la definición de los servicios ecosistémicos de los cuales la población se beneficia.

La definición del número de espacios obedece a los objetivos de participación que plantea la guía técnica cuando señala que “los actores podrán involucrarse en el proceso brindando información para el análisis técnico, como por ejemplo la ocurrencia y magnitud de eventos de inundación históricos” y “en lo relacionado con las actividades para el desarrollo de las directrices para el manejo ambiental de la ronda hídrica (Minambiente, 2018), así como al proceso de reconocimiento del territorio y la caracterización de los actores sociales. De acuerdo con estos criterios se realizaron tres talleres, que se describen a continuación:

- **Taller 1: Historia ambiental, recuperación colectiva de la memoria y servicios ecosistémicos:** se realizaron tres encuentros por núcleos de participación como se describe en la Tabla 64. En estos primeros encuentros se realizó a partir de cartografía social los siguientes ejercicios: i) Historia ambiental y recuperación colectiva de la memoria (línea de tiempo), y ii) los servicios ecosistémicos. Percepciones y manejo. Las evidencias, metodología y memorias de estos talleres se encuentran en el anexo 11.

Tabla 64. Núcleos de participación taller historia ambiental y servicios ecosistémicos

Núcleo	Sector de influencia
Núcleo 1	Sectores urbanos asociados a las fuentes hídricas priorizadas: Otún tramo urbano 2, La Dulcera y Cestillal.
Núcleo 2	Sectores urbanos y suburbanos asociados a las fuentes hídricas: Consotá cuenca media baja, Pulpito, El Oso y Tinajas cuenca baja.
Núcleo 3	Sectores rurales y en suelo de expansión asociados a las fuentes hídricas: El Chocho, La Víbora, Hato Viejo, Piñal cuenca alta, Cauquillo, Grande, El Caucho cuenca baja y alta y La Leticia.

- **Taller 2. Los servicios ecosistémicos y medidas de manejo. Percepciones y manejo:** tuvo como objetivo realizar el mapeo los servicios ecosistémicos y definir los usos, valores y percepciones de estos orientados al establecimiento de sus estrategias de manejo. En este encuentro las herramientas utilizadas fueron la cartografía social y el world café. En este caso se realizaron dos encuentros por núcleos de participación como se describe en la Tabla 65. Las evidencias, metodología y memorias de estos talleres se encuentran en el anexo 12.

Tabla 65. Núcleos de participación taller historia ambiental y servicios ecosistémicos

Núcleo	Sector de influencia
Núcleo 1	Sectores urbanos asociados a las fuentes hídricas: Otún tramo urbano 2, La Dulcera, , Tinajas cuenca baja, El Oso y Cestillal.
Núcleo 2	Sectores urbanos y suburbanos asociados a las fuentes hídricas: Consotá cuenca media baja, El Caucho cuenca baja, El caucho cuenca alta, Hato Viejo, Piñal cuenca alta y Cauquillo, La Leticia, Grande, Víbora, Pulpito El Chocho y Consotá.

- **Taller: Socialización de resultados.** Su objetivo fue la realización de la socialización de los resultados de la implementación del acotamiento de la ronda hídrica de los tramos priorizados priorizada. La técnica fue la exposición didáctica y se realizó solo un encuentro donde participaron todos los actores sociales que estuvieron en el proceso.

6.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los tramos priorizados al aplicar la metodología descrita en el numeral 6.2.5 del presente documento. En lo que respecta a las herramientas propuestas se realizaron 12 entrevistas a diferentes líderes sociales y habitantes de las zonas aledañas a la ronda hídrica de la mayoría de los tramos priorizados. Las transcripciones y sistematización de las entrevistas se presentan en el anexo 9. Por su parte, el mapeo participativo se hizo en dos talleres: un primero que tenía como objetivo la socialización del proceso de acotamiento de la ronda hídrica, la identificación de los servicios ecosistémicos y eventos de inundación, realizado los días 26, 27 y 28 de agosto de 2021, cuyas memorias se presentan en el Anexo 11; y un segundo taller donde además de la definición de medidas de manejo, se trabajó de nuevo los servicios ecosistémicos haciendo énfasis en su estado y el cómo recuperarlos o consérvalos. Este último taller se realizó el 01 de octubre de 2020, en dos reuniones cuyas memorias se encuentran en el Anexo 12.

El valor de la diversidad biológica de las zonas de ribera no es reconocido, no ha sido tomado lo suficientemente en cuenta por las instituciones que administran los recursos comunes ni por la sociedad en general. Por el contrario, muchas acciones y proyectos de intervención y planificación en los territorios han contribuido al deterioro y degradación de los ecosistemas asociados y sus servicios.

El ejercicio de acotamiento de rondas hídricas en los tramos priorizados del municipio de Pereira visibiliza la importancia la ronda hídrica en términos de los beneficios que conlleva para la conservación y protección de los ecosistemas riparios, y propicia la implementación de medidas de manejo ambiental para ser acatadas por todos los actores involucrados contribuyendo a la gestión del riesgo de desastres.

La identificación de los servicios ecosistémicos por fuente hídrica priorizada por la CARDER desde el componente de participación social, se fundamentó en la información primaria alcanzada por los métodos descritos en la estrategia de participación (Anexo 10), como son la observación participante, la entrevista semiestructurada y los espacios de participación promovidos en el marco del convenio. Adicionalmente, la información obtenida con las herramientas antes descritas se complementó con información secundaria y el conocimiento del territorio adquirido por el equipo técnico en los recorridos de campo.

Una de las herramientas pedagógicas promovidas en los talleres para la construcción de conocimiento colectivo en torno a los servicios ecosistémicos fue la línea de tiempo, bajo el

enfoque de historia ambiental a través de la cual los participantes pudieron conversar en grupos de trabajo por tramo priorizado acerca del modo en el cual fue construida la relación naturaleza-cultura. Otra herramienta utilizada fue la cartografía social a través de la cual los actores pudieron representar sus percepciones del territorio y localizar actividades. Igualmente, las técnicas implementadas como la exposición didáctica que promueve el interés y la formación en el tema, así como la metodología World café que propicia conversaciones informales en la construcción de relaciones de confianza han sido el medio para integrar las opiniones e intereses de los pobladores.

Los servicios ecosistémicos sólo son en la medida que existe una proporción cultural que les otorgue ese sentido. En esta medida, hablar de ellos es hablar también de los conglomerados sociales y político administrativos que se han consolidado en su entorno, por lo que la expresión de los actores consultados toma como referentes, además de la fuente hídrica, el corregimiento y la vereda. Sin embargo, se notaron dificultades al momento de otorgarle un carácter espacial a los servicios ecosistémicos asociados a la ronda hídrica.

Por otra parte, el contexto territorial de los tramos priorizados se compone de un collage de condiciones socioeconómicas y culturales en las que la corriente y la ronda de la fuente hídrica se constituyen en testigos y víctimas de un paso urbanizador regido por modelos foráneos, a veces improvisado y grandemente impactado por asentamientos no formales (llamados invasiones), que a la fecha integran una variedad de personas de diferentes regiones del país, así como de población proveniente del más reciente éxodo migratorio de Venezuela. Como contraste, siguiendo el contexto de los tramos priorizados que se encuentran clasificados en el POT como de suelo suburbano y de expansión urbana como son Hato Viejo, Grande, La Leticia, El Caucho, Cauquillo, parte del Consotá y parte del Oso, congregan personas interesadas en una segunda vivienda o en una vivienda nueva que incluya otras comodidades, bienestar y recreación aledaños a un paisaje natural pero también a los servicios del corredor industrial, comercial y logístico de la ciudad, configurándose territorios de expansión de actividades humanas y constante transformación de ecosistemas.

En este sentido, las quebradas Hato Viejo, Grande, El Caucho y Cauquillo hacen parte de la zona suburbana y de expansión urbana del corregimiento Cerritos que actualmente se encuentra con un importante crecimiento demográfico especialmente de población con capacidad adquisitiva alta y media, lo que merecería un análisis a profundidad con relación a la población rural por un posible escenario de gentrificación.

6.3.1 Quebrada Hato Viejo

Los servicios ecosistémicos en la quebrada Hato Viejo se identifican asociados a las coberturas bosques y guadua, siendo un tramo de difícil observación dada su localización en uno de los sectores suburbanos más representativos de la ciudad de Pereira con notoria proyección al crecimiento. Se reconoce por las comunidades en bosque de vegetación natural y guadua, el servicio ecosistémico de regulación local del clima y de soporte asociada formación de suelo, el cual es utilizado en las actividades económicas de ganadería y agricultura.

La Ley 388 de 1997 señala como suelo suburbano “las áreas ubicadas dentro del suelo rural, en las que se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, diferentes a las clasificadas como áreas de expansión urbana, que pueden ser objeto de desarrollo con restricciones de uso, de intensidad y de densidad, garantizando el autoabastecimiento en servicios públicos domiciliarios, de conformidad con lo establecido en la Ley 99 de 1993 y en la Ley 142 de 1994. Podrán formar parte de esta categoría los suelos correspondientes a los corredores urbanos interregionales. Los municipios y distritos deberán establecer las regulaciones complementarias tendientes a impedir el desarrollo de actividades y usos urbanos en estas áreas, sin que previamente se surta el proceso de incorporación al suelo urbano, para lo cual deberán contar con la infraestructura de espacio público, de infraestructura vial y redes de energía, acueducto y alcantarillado requerida para este tipo de suelo.

El corredor vial Cerritos Galicia se encuentra perpendicular a este tramo priorizado, por lo que es común encontrar condominios y un sector industrial y logístico que conecta con sectores de importancia comercial del país como Valle del Cauca, el Eje Cafetero y Antioquia. Esta área de influencia se sitúa como de relevancia para la conectividad de la región y el país en particular lo que tiene que ver con el Eje Cafetero y Buenaventura, y potencializa sectores económicos como el industrial, de comercio y de vivienda campestre, denotando un crecimiento que requiere atención de las autoridades ambientales con relación a la permanencia de los ecosistemas y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos del área de influencia de este tramo.



Figura 293. Sector industrial y logístico aledaño a la quebrada Hato Viejo.

Los servicios ecosistémicos identificados para la quebrada Hato Viejo se describen en la Tabla 66 y se espacializan en la Figura 294.

Tabla 66. Servicios ecosistémicos identificados en la quebrada Hato Viejo

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 51,8% del total de la RH. Tendencia al deterioro por avance de las parcelaciones y la frontera agropecuaria.	En la parte alta del tramo priorizado, por fuera de la ronda hídrica, se presenta presión sobre la misma debido al desarrollo urbanístico y parcelaciones que se da principalmente en los corredores suburbanos de Cerritos y Cerritos Galicia. Este proceso está avanzando hacia la ronda hídrica. En la parte media y baja del tramo priorizado, la presión antrópica sobre la ronda hídrica se presenta principalmente por avance de la frontera pecuaria; también se presentan algunas áreas en cultivos.
Soporte	Formación de suelo	Alto	Parte media y baja del tramo priorizado donde el suelo es aprovechado en la actividad pecuaria y agricultura	Uso pecuario y agrícola	La ganadería extensiva y la agricultura intensiva

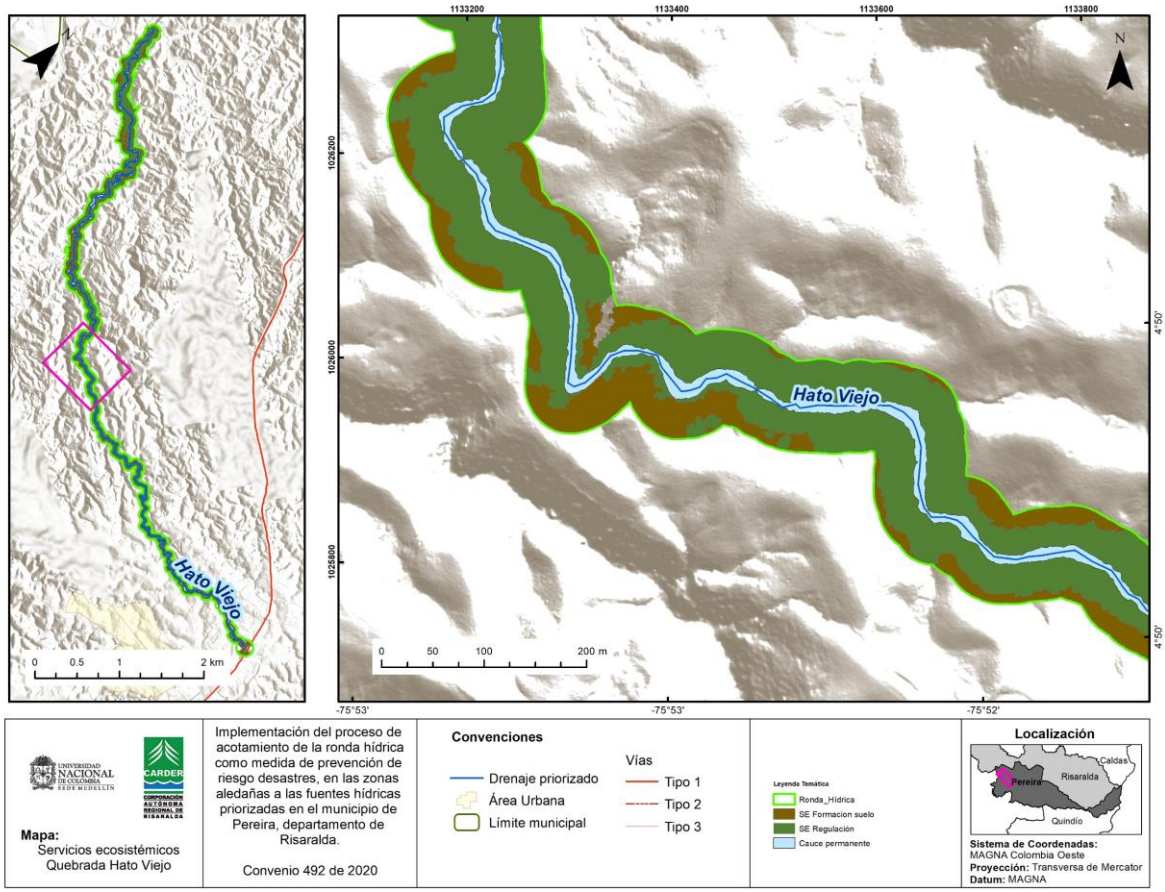


Figura 294. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Hato Viejo

6.3.2 Quebrada Grande

Según el POT del municipio de Pereira de 2016, a ronda hídrica a lo largo del tramo priorizado se localiza en suelo rural, excepto en la parte alta, donde ésta se encuentra en suelo de expansión urbana de la cabecera municipal de Pereira (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b). En el suelo rural parte de la misma está en suelo suburbano, correspondiente corredor vial Cerritos – La Virginia.

El potencial suburbano otorgado a la zona aledaña relaciona la quebrada Grande con el desarrollo del comercio, la recreación y la vivienda campestre. Se presentan restaurantes, condóminos y centros recreacionales, como también estaciones de servicio, ventas de prefabricados, ventas de productos a base de madera, ferreterías, entre otros como un

control de tránsito del terminal de transportes de Pereira. Se encuentra influenciada por la industria de motopartes de tubería de acero.

Dentro de los servicios ecosistémicos identificados el más importante se encuentra asociado al abastecimiento de agua dulce. El aprovisionamiento de agua para consumo humano que otorga esta quebrada la configura como de gran importancia para la población del corregimiento Caimalito, pero también le implica valoración en cuanto a los aportes que otorga al sistema natural por medio de la regulación y purificación del agua dado su amplio recorrido y los altos que debe pasar hasta llegar al usuario final en Caimalito. En la revisión de información secundaria se ha encontrado una captación para servicio doméstico y las zonas aferentes de las bocatomas de los acueductos Caimalito 1 y Caimalito 2.

Otros servicios ecosistémicos identificados están asociados principalmente a las coberturas de la tierra de boque y guadua, las cuales ocupan dentro de la ronda hídrica un 47,7% (106,70 ha). Adicionalmente a los servicios de regulación y soporte que ofertan las coberturas de bosques, se reconoce por parte de los asistentes a los espacios participativos la importancia de los suelos para las actividades agrícolas y pecuarias. Sin embargo, una parte de la actividad pecuaria se encuentra cerca del nacimiento de la quebrada, por lo que el suministro que brinda al comercio de alimentos puede estar en tensión con la conservación del agua por los efectos asociados al pastoreo.

También se identifica en los servicios ecosistémicos culturales, los de recreación y ecoturismo, específicamente en la parte de la cuenca donde se localiza las canchas de fútbol y el Parque Ukumarí.

Estos servicios ecosistémicos presentan una tendencia a su deterioro debido a la presión antrópica que se da principalmente por el desarrollo urbano en suelo de expansión de Pereira y en la vereda Cerritos, en los corredores suburbanos de Cerritos y Cerritos Galicia, dado el crecimiento de parcelaciones. Parte de ellas se encuentran dentro de la ronda hídrica. También, se presenta presión por ampliación de la frontera agrícola. Por su parte, en la parte media y baja del tramo priorizado, la presión sobre la ronda hídrica se da por la ampliación de la frontera agropecuaria. En la parte baja del tramo priorizado, dentro de la ronda hídrica se encuentra parte de la cabecera urbana del corregimiento de Caimalito, sector La Carbonera, quedando parte de este asentamiento dentro del componente hidrológico, que indica que es una zona de amenaza por inundación donde se da un fuerte deterioro de los ecosistemas que soportan la oferta de los servicios ecosistémicos.

Con respecto a los problemas ambientales referenciados por los actores consultados, además de la ganadería que se encuentra cerca al nacimiento, se muestra una preocupación por la creciente urbanización del sector, se considera que el principal servicio ecosistémico que puede verse afectado por vía del potencial suburbano en torno a la quebrada Grande es el agua para consumo humano.

La construcción de condominios, viviendas campestres y por lo tanto el sinnúmero de servicios que se desprenden para dar vida a estas actividades, puede ejercer una presión importante sobre los ecosistemas de soporte asociados a la ronda hídrica, así como sobre los de regulación relacionados particularmente con el suelo y el agua. Retomando a Giraldo, Osorio, & Tobón-Zapata (2015), la definición y el modelo de ocupación del suelo suburbano en el municipio de Pereira “genera impactos ambientales negativos y un deterioro progresivo de los Servicios Ecosistémicos (SE), lo que conlleva una pérdida de las capacidades territoriales para el mantenimiento del bienestar de la población”.

En la Tabla 67, se describen los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Figura 295 su espacialización.

Tabla 67. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada Grande

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima Purificación del agua	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 47,7% (106,70 ha) del total de la RH. Tendencia al deterioro por avance de las parcelaciones, la frontera agropecuaria y el desarrollo urbano.	Parte alta del tramo en estudio se presenta construcción de viviendas e infraestructura de servicios al interior de la ronda hídrica. En los corredores suburbanos de Cerritos y Cerritos Galicia, presión por el crecimiento de parcelaciones. En la parte media la presión se da por la ampliación de la frontera agropecuaria. En la parte baja del tramo priorizado, dentro de la ronda hídrica se encuentra parte de la cabecera urbana del corregimiento de Caimalito, sector La Carbonera.
Soporte	Formación de suelo	Alto	Parte media y baja del tramo priorizado donde el suelo es aprovechado en la actividad pecuaria y agricultura	Uso pecuario y agrícola ocupan una extensión del 31,8% (71,87 ha)	La ganadería extensiva y la agricultura intensiva
Suministro	Agua	Alto	Bocatomas acueductos Caimalito 1 y Caimalito 2.	Calidad del agua buena (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016a)	Deforestación
Culturales	Recreación y ecoturismo	Media	Parte alta tramo priorizado		

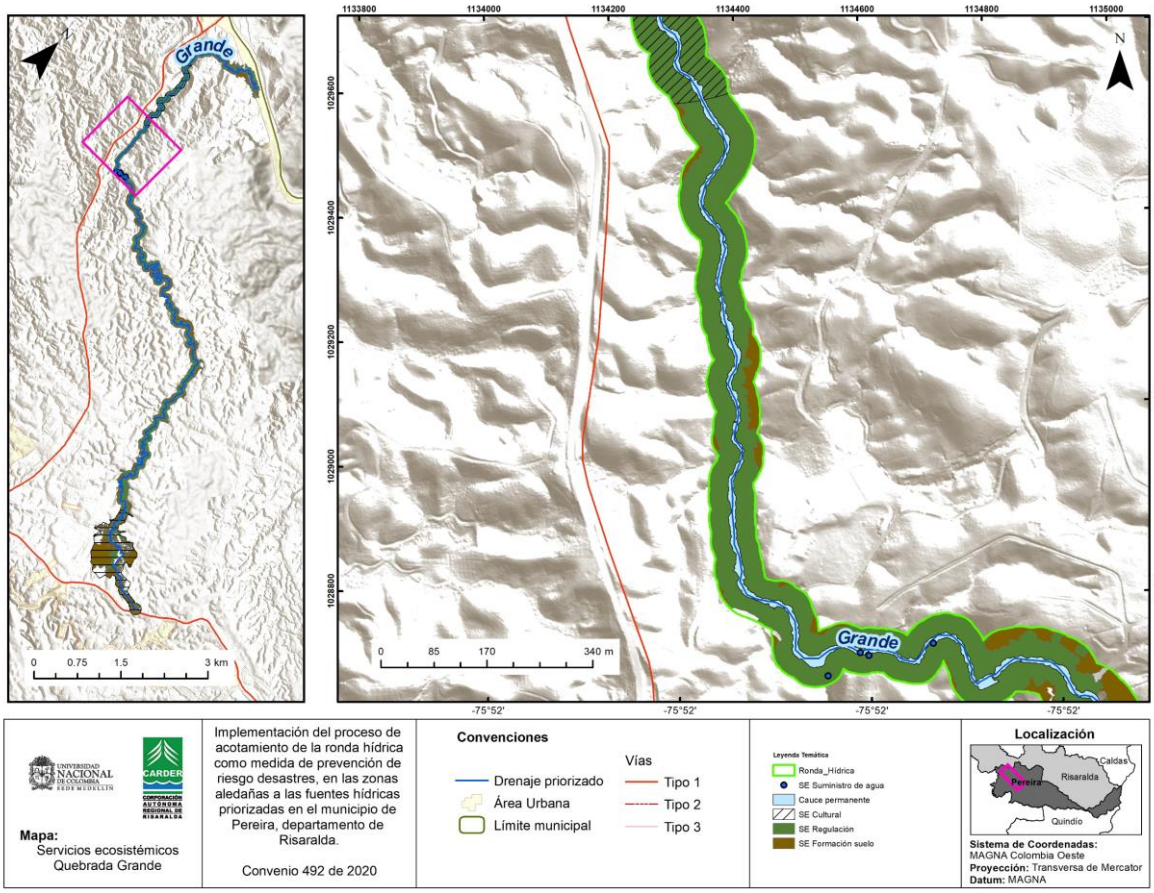


Figura 295. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Grande

6.3.3 Quebrada La Leticia (Caimalito)

Según el POT del municipio de Pereira de 2016, la ronda hídrica a lo largo del tramo priorizado se localiza en suelo rural excepto en la parte baja del mismo, donde se localiza la cabecera urbana del corregimiento de Caimalito, que pasa a suelo urbano y de expansión urbana (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b).

La quebrada La Leticia de acuerdo con el saber local nace entre las haciendas Bohemia y Buenos Aires. Comienza a ser usada como fuente de servicios ecosistémicos al momento que la zona hoy conocida como corregimiento Caimalito empieza a poblarse a causa del proyecto de ferrocarriles nacionales en Risaralda. Desde la Felisa (Antioquia) estaba el campamento oficial, la carrilera venía de Medellín hacia Buenaventura, por lo que diferentes

personas comenzaron a trasladarse al sector que en ese entonces se llamaba Portobelo. Se inicio su proceso de poblamiento con 14 familias que trabajaban en el ferrocarril, las cuales construyeron sus casas a lado y lado de la carrilera, y empezaron a promover construcciones con otros habitantes de La Virginia, pero su acceso era difícil, no había puente y era por carretera destapada. La población fue aumentando, hasta 30 familias y utilizaban materias de la naturaleza en sus hogares como la hoja de iraca y el aceite de higuerilla para alumbrar. La población se incrementó a partir de 1928 cuando se terminó la construcción del puente Bernardo Arango facilitando el traslado Caimalito - La Virginia – Caimalito, y comienza la llegada masiva de habitantes. Entre 1968 y 1978 se presentó otra oleada migratoria de obreros y campesinos que invadieron los terrenos de Ferrocarriles Nacionales, construyendo cambuches y viviendas rústicas, todos con la esperanza de un enganche en la naciente industria azucarera del Ingenio Risaralda o en las obras viales hacia Medellín, en esta década nace propiamente el caserío de nombre Caimalito.

La llegada de diferentes culturas, empezó a incidir en las prácticas económicas, sociales, culturales y ambientales de los pobladores, pues los campesinos rompieron su esquema de producción agrícola, y aprovechando la ubicación geográfica aledaña al río Cauca, comenzaron a extraer material de arrastre y a pescar, y fueron estructurando una ocupación e identidad territorial para uno de los centros poblados más grandes de Pereira. Se cuenta que ha llegado población desplazada de los departamentos del Chocó, Caquetá, Meta, el Valle y Risaralda. Anteriormente había poblaciones indígenas en los sectores La Carbonera y Barrio Nuevo.

Dentro de las actividades económicas más representativas de la población de influencia de la quebrada La Leticia se encuentran las asociadas a la agricultura y la recolección del café en las fincas del sector y municipios cercanos como La Virginia o Belalcazar, la operación de población masculina como corteros de caña en el Ingenio Risaralda y al trabajo de oficios varios en los condominios del sector Cerritos en el caso de algunas mujeres; esto sin contar con la importante cantidad de población que se desempeña en la extracción de arena para la mina San Miguel o de manera artesanal, el paleo, y los pocos pescadores del río Cauca, así como en las actividades informales en establecimientos de comercio. Anteriormente, las personas se desempeñaban en el cultivo de fríjol, maíz y soya y se usaba la madera y la guadua para el mantenimiento de viviendas, vías y cercos; la pesca era una actividad de interés que arrojaba mayor cantidad de las especies mojarra y guabina.

Es de interés dar cuenta que el corregimiento Caimalito como principal sector de influencia de la quebrada La Leticia es un territorio de borde o frontera, lo que influye en las relaciones

sociales que se generan en él. Limita al norte con el río Cauca y el municipio de La Virginia, al occidente con el río Cauca y el municipio de Balboa, al sur con el corregimiento de Puerto Caldas y el sector de Cerritos y al oriente limitado por el río Otún y el corregimiento de Combia. Las quebradas con las que se relaciona mayormente la población, además de la Leticia, son Santa Juana, La Carbonera – La Trinidad y Sanjón del Muerto.

El establecimiento del Ingenio Risaralda en el año de 1974 en el municipio de Balboa generó cambios asociados al crecimiento poblacional, a los usos del suelo y a las costumbres de los pobladores. Caimalito creció con la llegada de mano de obra para los cultivos de caña, en este sentido las posibilidades de economía de pequeña escala se disminuyeron. Actualmente por su ubicación estratégica se ha proyectado como eje de desarrollo industrial y comercial complementario a la Zona Franca Internacional de Pereira.

Con relación a los servicios ecosistémicos de la ronda hídrica de la quebrada La Leticia la Hacienda Bohemia es un punto de referencia para los habitantes de Caimalito, allí se efectúan procesos de regulación pues se encuentra un reconocido humedal que se integra con la quebrada La Leticia, allí mismo se encuentra un extenso cultivo de soya y un hato ganadero.

Por otra parte, en la vía que va paralela al cerco que limita la Zona Franca respecto de Caimalito se puede visualizar como las personas promueven mecanismos que aportan a su alimentación. Se visualiza por ejemplo la tenencia de gallinas, pequeñas huertas y plataneras en la ribera del caño que también hace de límite. Este mismo sector es altamente inundable por la quebrada La Leticia.

Todo este proceso de poblamiento y modelo de ocupación de la ronda hídrica en el tramo en estudio de la quebrada La Leticia, hace que actualmente se encuentra muy intervenida, es así, que solo el 13,5% de la misma se encuentra en cobertura de la tierra de vegetación natural y guadua, lo cual indica una pérdida de los servicios ecosistémicos de soporte y regulación asociados a estas coberturas.

Como se describió en los párrafos anteriores, son diferentes intervenciones antrópicas las que han llevado al deterior progresivo de los servicios ecosistémicos, en especial en la parte baja del tramo, donde la presión se ha dado principalmente por los grandes proyectos de desarrollo que se han construido en esta zona, entre los cuales se destaca: Ingenio Risaralda con sus grandes cultivos de caña, la Zona Franca Internacional de Pereira y la línea férrea de Ferrocarriles Nacionales. Estos megaproyectos han afectado la funcionalidad de la quebrada La Leticia, impidiendo el flujo el agua y sedimentos de manera

natural. Adicionalmente, crecimiento urbano del corregimiento de Caimalito es otro de las intervenciones que contribuyen a la perdida sistemática de los servicios ecosistémicos.

En relación a los servicios ecosistémicos se identificaron por parte de los participantes a los espacios de participación diferentes servicios, entre los que se destacan los de suministro: pesca, caza, plantas medicinales y agua para consumo humano.

En la Tabla 68 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo y en la Figura 296, los SE que se tiene la información para su espacialización.

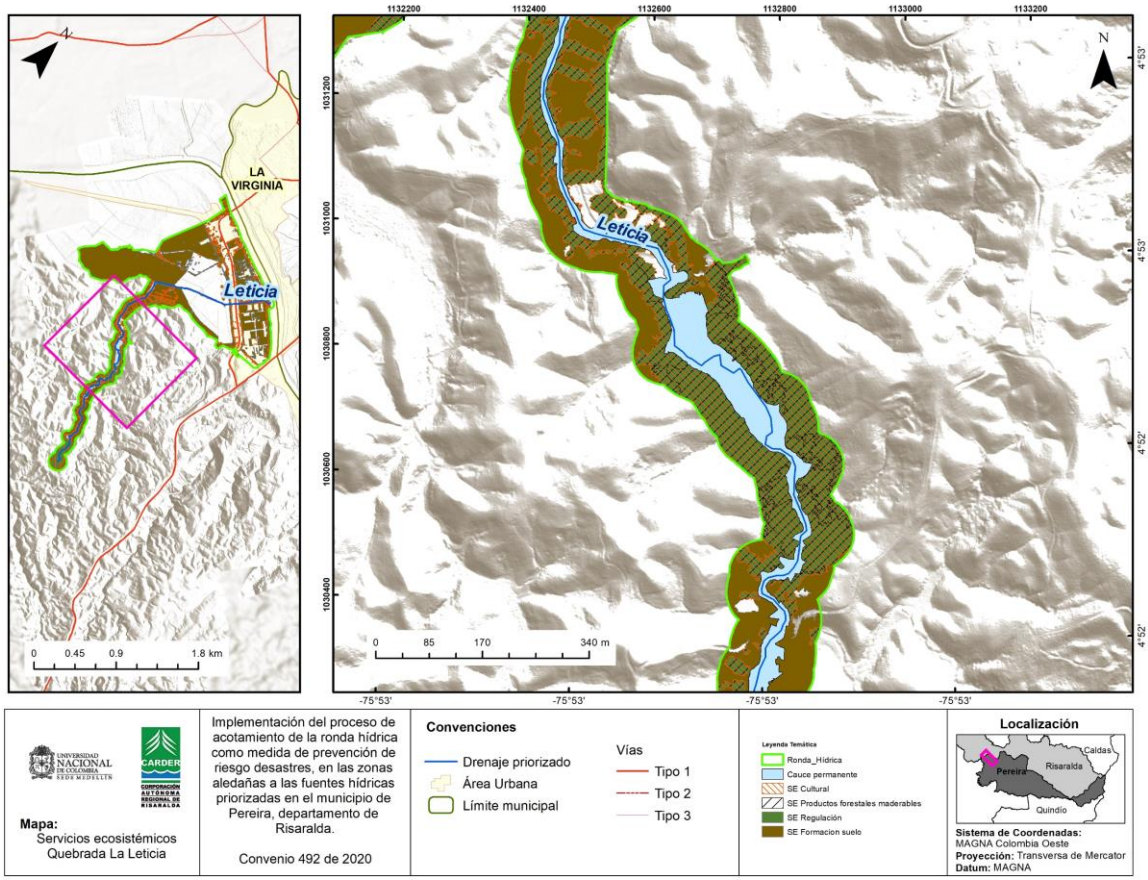


Figura 296. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada La Leticia

Tabla 68. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada La Leticia

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima Purificación del agua	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 13,5% (27 ha) del total de la RH. Tendencia al deterioro por avance de la frontera agropecuaria, el desarrollo urbano y megaproyectos.	A lo largo del tramo en estudio se presenta actividad agropecuaria con grandes cultivos en la parte baja. En la parte baja se presentan intervenciones antrópicas por el desarrollo urbano del corregimiento de Caimalito y construcción de grandes proyectos.
Soporte	Formación de suelo	Medio	Hacienda La Bohemia, fincas agrícolas y ganaderas aledañas a la quebrada La Leticia	Cultivos de soya en grandes extensiones	La agricultura intensiva
Suministro	Pesca de mojarra y guabina.	Bajo	En sectores privados de la quebrada La Leticia y en el humedal de la Hacienda La Bohemia	Se ha disminuido	Privatización de los sitios de pesca
	Plantas medicinales como albahaca, anamú, sanguinaria, verdolaga, palo de la cruz, verbena negra y blanca. Huertas caseras.	Bajo	Sector La Carbonera y aledaños a las quebradas La Leticia y La Carbonera – La Trinidad		Deforestación

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Suministro	Productos forestales maderables: extracción de guadua y cañabrava.	Baja	En los sitios donde se localiza coberturas de guadua	La guadua dentro de la RH ocupa una extensión de 6,78 ha (3,4%).	Tala de la guadua
	Agua para consumo humano	Alta	Quebrada La Leticia	Malos olores sector la carbonera	Mal manejo de las aguas residuales.
Culturales	Valores estéticos, recreación y ecoturismo. (caminatas ecológicas y paisajismo)	Media	Ribera de la quebrada La Leticia.	Pérdida de sendero de guadua muy transitado	Tala de la guadua

6.3.4 Quebrada El Caucho (parte alta y baja)

La quebrada el Caucho es un tributario del río Consotá lo que de entrada le otorga un grado de relevancia que se amplifica al ser reconocido como corredor ambiental. Nace en el corregimiento Altagracia llamándose La Cristalina, y cuando pasa por la vereda la Cadena se le comienza a llamar el Caucho.

La mayor parte de la ronda hídrica de la quebrada El Caucho se encuentra, según el POT del municipio de Pereira 2016, en suelo rural exceptuado sectores de las veredas de Cañaveral y El Cóngolo donde la ronda hídrica se localiza en suelo de expansión urbana (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b).

En la microcuenca de la quebrada El Caucho, los sectores de mayor influencia los corregimientos Morelia y Altagracia sobre cuyo suelo preponderan las relaciones de dependencia del sistema social respecto del sistema natural, con prácticas como la agricultura, presente en las fincas de influencia con variedad de cultivos como café y plátano, piña, guanábana, caña entre otros. Es por ello, que se reconoce la el suelo como un servicio ecosistémico que sirve de soporte a estas actividades, al igual que a la actividad ganadera, la cual en los sectores cercanos a la ronda hídrica se concentra sobre todo en los lácteos, sin embargo, hacia la parte baja se puede observar ganadería de casta.



Figura 297. Cultivos de plátano y papaya, quebrada El Caucho

Históricamente se realizado el aprovechamiento de la guadua, actualmente se hace en la vereda El Tigre, y se vende como material para la construcción de cercos, gallineros entre otros usos.

En los servicios ecosistémicos de suministro además del aprovechamiento de la guadua, se identifica el agua, la pesca y plantas medicinales.

No obstante, a pesar del reconocimiento de una gama de servicios ecosistémicos, también se identifica una serie de procesos asociados con la ocupación del suelo y al desarrollo de actividades económicas que han disminuido la oferta de estos servicios. Es así que, en la parte alta de la microcuenca, en el corregimiento de Morelia se encuentra un sector definido como de expansión urbana que presenta paisajes ya híbridos como construcción de propiedades horizontales contiguo a fincas de cítricos, caña entre otros cultivos. Los conjuntos habitacionales y las ventas de lotes para vivienda también se vienen ampliando en área de influencia de la quebrada El Caucho replegando cada vez más los diversos servicios ecosistémicos ofertados y transformando los paisajes naturales y culturales.

Esta microcuenca se conjugan diferentes condiciones sociales. Perviven entornos rurales con población jornalera y su transporte interveredal en jeep; grandes fincas cafeteras con cultivos asociados de aguacate, plátano y frutales, fincas ganaderas, grandes cultivos de caña y piña, así como algunos trapiches. Se traslapan con habitantes de la zona rural que trabajan en condominios realizando oficios varios como son limpieza de jardines y prados o en el centro de Pereira encargados de la vigilancia y el aseo.

En resumen, las presiones antrópicas que se presentan en la ronda hídrica se dan principalmente por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, la construcción de viviendas nucleadas y no nucleadas.

En la Tabla 69, se describen los servicios ecosistémicos identificados para el tramo priorizado y en la Figura 298 se hace la espacialización de los SE con los que se cuenta con información.

Tabla 69. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada El Caucho (parte alta y baja)

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (sombra). Purificación y protección del agua. Hábitat de especies de Flora (nogal, cafetero, cedro, carbonero, balso, botón de oro, yarumo, heliconia) y fauna	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 31,2% (215,68 ha) del total de la RH. Tendencia al deterioro por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, la construcción de viviendas nucleadas y no nucleadas.	A lo largo del tramo en estudio se presenta actividad agropecuaria. El 52% de la ronda hídrica presenta este uso del suelo. Construcción de viviendas e infraestructura de servicios asociada a la misma, principalmente en las zonas cercanas a las cabeceras de los corregimientos Morelia y Altagracia
Soporte	Formación de suelo	Alta	Cultivos de caña, piña, plátano, aguacate, cítricos principalmente en las veredas del corregimiento de Morelia. Ganadería principalmente en la vereda El Tigre	Tendencia al deterioro por el uso intensivo del suelo en cultivos comerciales. El uso agropecuario en la RH ocupa una extensión de 362 ha (52,4%).	La agricultura intensiva y ganadería extensiva.
Suministro	Agua para abastecimiento	Alto	Parte alta del tramo		Contaminación por vertimientos de aguas residuales
	Plantas medicinales.	Bajo	Vereda El Retiro		
	Productos forestales maderables:	Baja	En los sitios donde se localiza coberturas de guadua. Especialmente en la vereda El tigre	La guadua ocupa dentro de la RH una extensión de 164,69 ha (23,8%).	Tala de la guadua

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
	extracción de guadua.				
	Pesca	Media	A lo largo de la quebrada El Caucho		
Culturales	Valores estéticos, recreación, paisaje y avistamiento de aves.	Media	Quebrada El Caucho, vereda El Tigre. Entrada de Alcalá. Lago de pesca recreativa en sector Piedras Negras. Cerro Filo Bonito, parte alta de la cuenca.		

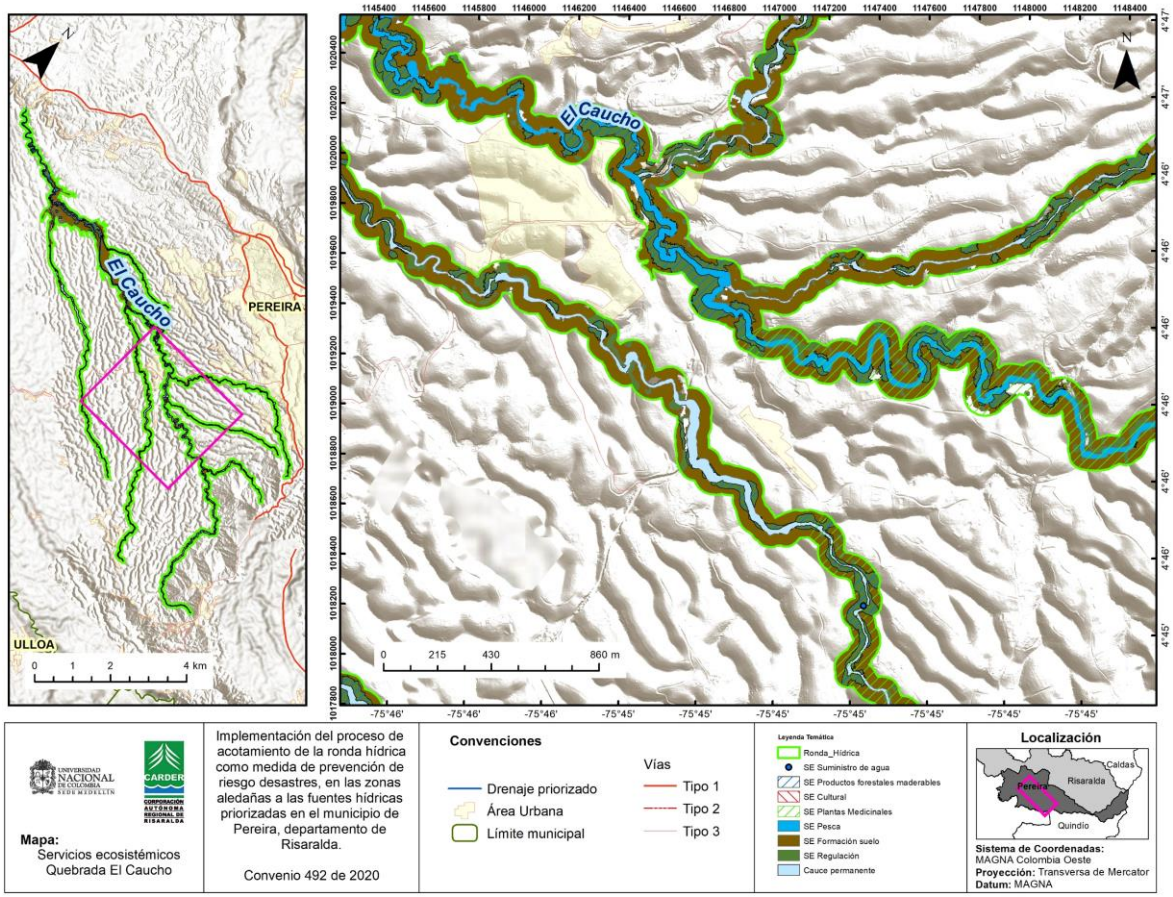


Figura 298. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Caucho (parte alta y media)

6.3.5 Quebrada El Piñal (cuenca alta)

La ronda hídrica del tramo de la quebrada El Piñal en estudio se localiza en suelo rural en las veredas: Puerto Caldas y Cerritos (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b).

Esta corriente ha sido intervenida desde su nacimiento lo cual ha afectado el funcionamiento de la misma; es así, que en el nacimiento de la quebrada El Piñal se puede observar al interior del condominio campestre Maracay en el corregimiento Cerritos, cuya extensión es de más de 80 hectáreas que actualmente concentran más de 300 lotes. Igualmente, se han represado corrientes superficiales para hacer lagos, afectando el funcionamiento de las mismas.

Como el condominio Maracay se encuentran otros aledaños a la parte alta de la quebrada como es Condominio Macadamia y Foresta Casas Camestres cuyo terreno ha sido adecuado al disfrute de servicios ecosistémicos culturales, como son los asociados a los valores estéticos y la recreación ya que cuentan con canchas de tenis, piscinas, senderos ecológicos, lagos entre otros.

Por otro lado, esta corriente influencia medianamente una parte de uno de los centros poblados de mayor importancia para el municipio de Pereira, Puerto Caldas. Este es atravesado por la antigua línea del ferrocarril sobre la cual surgieron asentamientos irregulares que se han beneficiado de diferentes maneras de los servicios ecosistémicos propios de la biodiversidad de la zona, y donde se ha emplazado la empresa Papeles Nacionales S.A.

El área de influencia de esta quebrada presenta un elevado comercio de ganado que se promociona fuertemente por medio de vallas instaladas en lugares estratégicos.

En conclusión, las presiones antrópicas que afectan los servicios ecosistémicos de la ronda hídrica en el tramo priorizado de la quebrada El Piñal, se dan principalmente por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera a lo largo de la misma y las parcelaciones en la vereda Cerritos, las cuales quedan por fuera de la ronda hídrica, pero hacen presión sobre la misma.

En la Figura 299 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Tabla 70, se describen los mismos.

Tabla 70. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Piñal (cuenca alta)

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (sombra). Purificación y protección del agua.	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 61,4% (79,25 ha) del total de la RH. Tendencia al deterioro por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera y crecimiento de las parcelaciones.	Ampliación de la frontera agropecuaria. Construcción de condominios e infraestructura de servicios asociada a los mismos en la vereda Cerritos.
Soporte	Formación de suelo	Alta	Uso del suelo en actividad agropecuaria a lo largo del RH.	A lo largo del tramo en estudio se presenta actividad agropecuaria. El 24% (30,97 ha) de la ronda hídrica presenta este uso del suelo.	Practicas insostenibles en la actividad agropecuaria.
Culturales	Recreación y esparcimiento	Media	En los condominios Maracay e condominio Campestre Caña Verde.	Se han construido elementos de espacio público para la recreación y esparcimiento como senderos, lagos y canchas.	

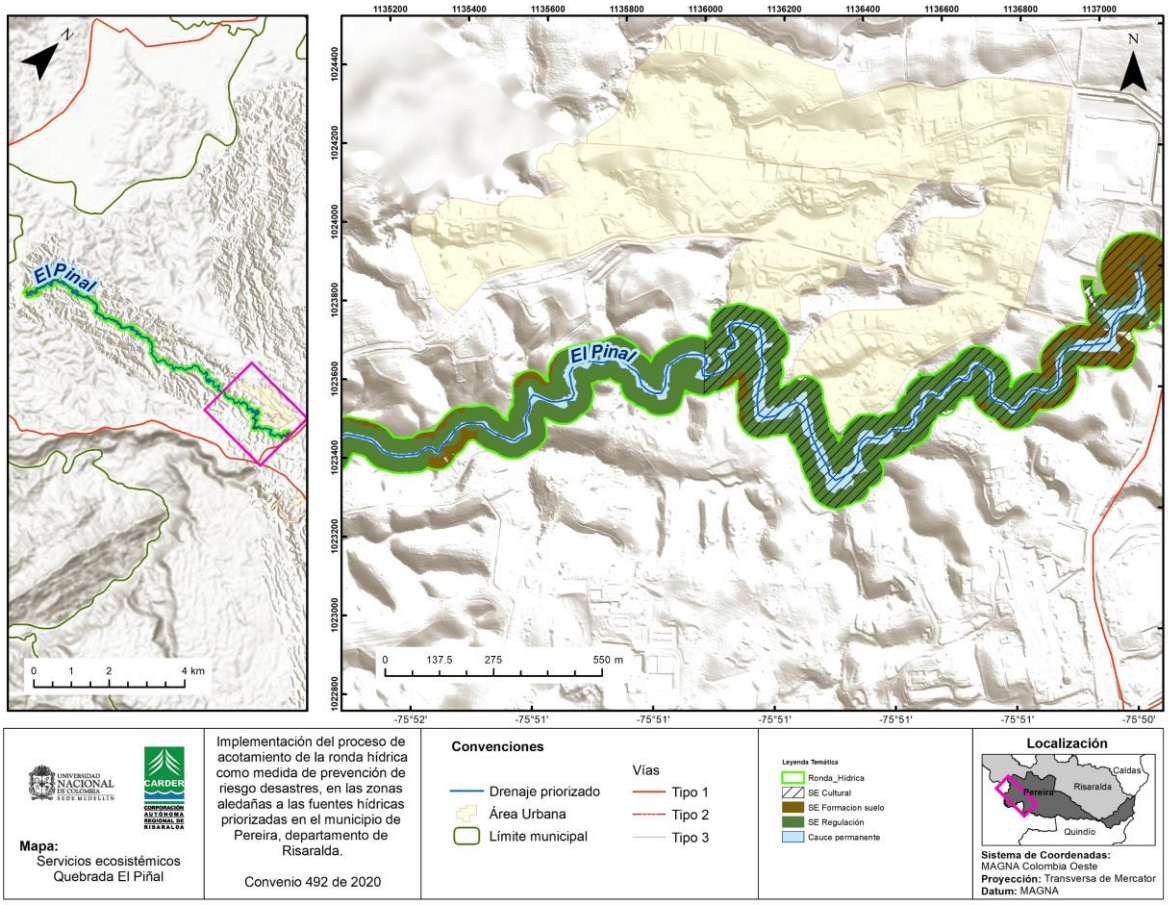


Figura 299. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Piñal (cuenca alta)

6.3.6 Quebrada Cauquillo

La parte alta de la ronda hídrica de la quebrada Cauquillo se localiza en suelo de expansión urbana, la parte media y baja en suelo rural (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b). Como varios de los anteriores tramos priorizados la quebrada Cauquillo hace parte del denominado suelo de expansión urbana en el corregimiento Cerritos. Además de contener fincas ganaderas, cafeteras y con cultivos de piña, el sector de influencia de esta quebrada se compone de un importante número de unidades residenciales que gozan de importantes extensiones de terreno y se benefician de ambientes generados como son piscinas y canchas.

En las zonas aledañas a la quebrada prevalecen los usos de residencia campestre bajo la figura de unidad residencial, y en complemento se desarrollan la industria, el comercio y los servicios. Es importante el número de unidades residenciales, las cuales gozan de importantes extensiones de terreno y se benefician de ambientes generados y artificializados como son piscinas y canchas. Parte de estas construcciones se localizan al interior de la ronda hídrica. También se localizan, en las zonas aledañas y al interior de la ronda hídrica, fincas ganaderas, cafeteras y con cultivos de piña.

Ahora bien, en zona rural y aledaña al crecimiento residencial, es predominante el cultivo de piña variedad oro miel, cuyo valor comercial está altamente reconocido en el departamento de Risaralda ya que es su principal mercado, constituyendo parte del servicio ecosistémico de aprovisionamiento. Igualmente se encuentran los viveros que además de proporcionar servicios de ornamentación para el sector aledaño permiten la formación de suelo y la complementación del ciclo de nutrientes del mismo.

Dada las actividades económicas que se desarrollan en la microcuenca de la quebrada Cauquillo y modelo de ocupación del suelo, las cuales también se encuentran al interior de la ronda hídrica, las principales presiones sobre los servicios ecosistémicos son:

- Modificación de cauces para conformación de lagos privados (meandros abandonados). Esta problemática se presenta en la vereda Quimbayita, suelo suburbano Cerritos.
- Crecimiento de fincas de recreo y unidades residenciales campestres en la parte alta y media del tramo priorizado.
- Avance de la frontera agrícola, principalmente para producción agrícola comercial, como son los cultivos de piña. Estos se localizan sobre la ronda hídrica.

Los servicios ecosistémicos identificados son los de soporte y regulación que ofertan los relictos de coberturas vegetales naturales y los bosques de guadua. También, se tiene suministro de agua para uso agrícola.

En la Figura 300 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Tabla 71, se describen los mismos.

Tabla 71. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada Cauquillo

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (sombra). Purificación y protección del agua.	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 39,4% (26,01 ha) del total de la RH. Tendencia al deterioro por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera y crecimiento de las parcelaciones.	Ampliación de la frontera agropecuaria. Construcción de condominios e infraestructura de servicios asociada a los mismos en la vereda Cerritos.
Soporte	Formación de suelo	Alta	Uso del suelo en actividad agropecuaria a lo largo del RH.	A lo largo del tramo en estudio se presenta actividad agropecuaria. El 32,2% (21,22 ha) de la ronda hídrica presenta este uso del suelo.	Uso intensivo del suelo en cultivos comerciales
Suministro	Agua	Media	Vereda Quimbayita		

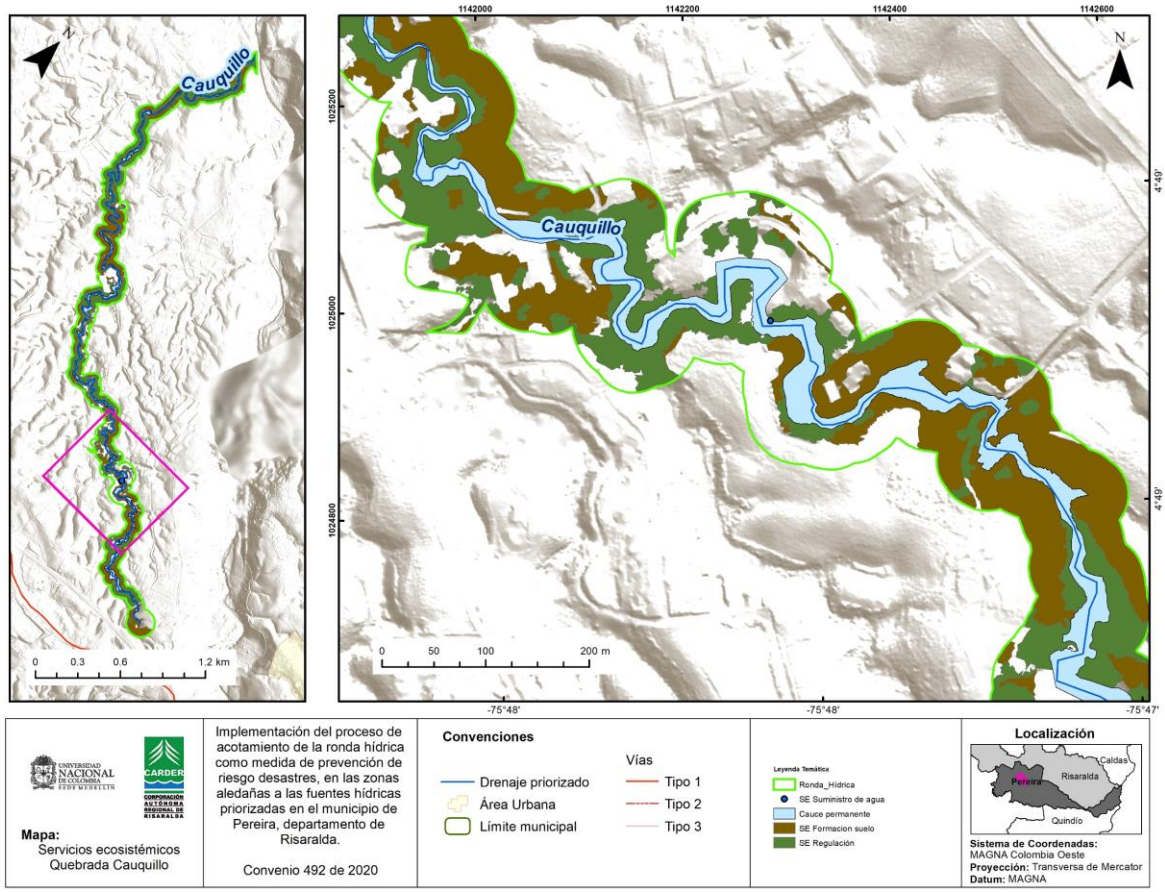


Figura 300. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Cauquillo

6.3.7 Río Cestillal (cuenca media)

A diferencia de otros tramos priorizados, el tramo Cestillal no presenta una alta presión de vías o viviendas. Su suelo rural se mantiene con actividades agropecuarias y el agua, tanto en cantidad como calidad, es el servicio ecosistémico identificado como de mayor importancia ya que permite la provisión a cinco acueductos comunitarios, de los cuales sobresale Cestillal - El Diamante, que fue promovido en el año de 1932 por la Federación Nacional de Cafeteros. La mayor extensión de la ronda hídrica se encuentra en cobertura de la tierra de bosque de guadua y otros tipos de vegetación natural, las cuales representan el 70,8% (37,65 ha) del total de la misma.

A pesar de su distancia del sector urbano cuenta con el transporte público Megabus, y dentro de los valores más celebrados se encuentra un imponente paisaje que llama a propios y extraños a recorrer sus riberas, en particular en las zonas cercanas a la finca Damasco, muy referenciada por los consultados.

En la vereda Altagracia es común ver casas construidas en bahareque, de las cuales algunas integran símbolos religiosos como son la cruz, la virgen y el niño Jesús. Estos mismos símbolos son representados en diferentes sectores de la vía principal de la vereda Altagracia.

Dada la extensión de cobertura en boque se resalta la importancia de los servicios ecosistémicos de regulación y soporte. En los de regulación se identificaron en los espacios participativos: regulación local de clima (sombra y temperatura fresca), hábitat de fauna y flora y regulación del agua. En los de soporte esta la importación de la formación del suelo para los diferentes cultivos (plátano, caña, cítricos, café, curuba, cítricos). También se incluyen estos productos como parte de los servicios ecosistémicos de suministro, entre los cuales también está el agua para el abastecimiento de acueductos y los productos maderables provenientes principalmente de la guadua.

La presión antrópica sobre los servicios ecosistémicos se da principalmente por la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, que algunas zonas se hacen dentro de la ronda hídrica.

En la Figura 301 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Tabla 72, se describen los mismos.

Tabla 72. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado del río Cestillal (cuenca media)

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (sombra y temperatura fresca). Purificación y protección del agua. Hábitat de fauna (monos aulladores) y flora.	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 70,8% (37,65 ha) del total de la RH. Tendencia al deterioro por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera.	Ampliación de la frontera agropecuaria.
Soporte	Formación de suelo	Media	Uso del suelo en actividad agropecuaria a lo largo del RH (plátano, ca.	A lo largo del tramo en estudio se presenta actividad agropecuaria. Solo el 6,3% (3,34 ha) de la ronda hídrica presenta este uso del suelo.	Practicas insostenible de producción.
Suministro	Agua	Muy alta	Acueducto Cestillal El Diamante, veredas Alegrías y Pérez Alto	Calidad del agua buena según POT 2016.	
	Alimentos	Media	Áreas de cultivos dentro de la RH, vereda Pérez Alto y Altagracia.		
	Productos forestales maderables	Media	A lo largo de la RH, donde se presentan coberturas de guadua.	La guadua dentro de la RH ocupa una extensión de 10,85 ha (24,4%).	Tala de la guadua
Culturales	Avistamiento de aves.	Media	Bosque vereda Pérez Alto. Cerca al acueducto		

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
	Recreación, ecoturismo, Baños y caminatas	Media	A lo largo del río Cestillal		

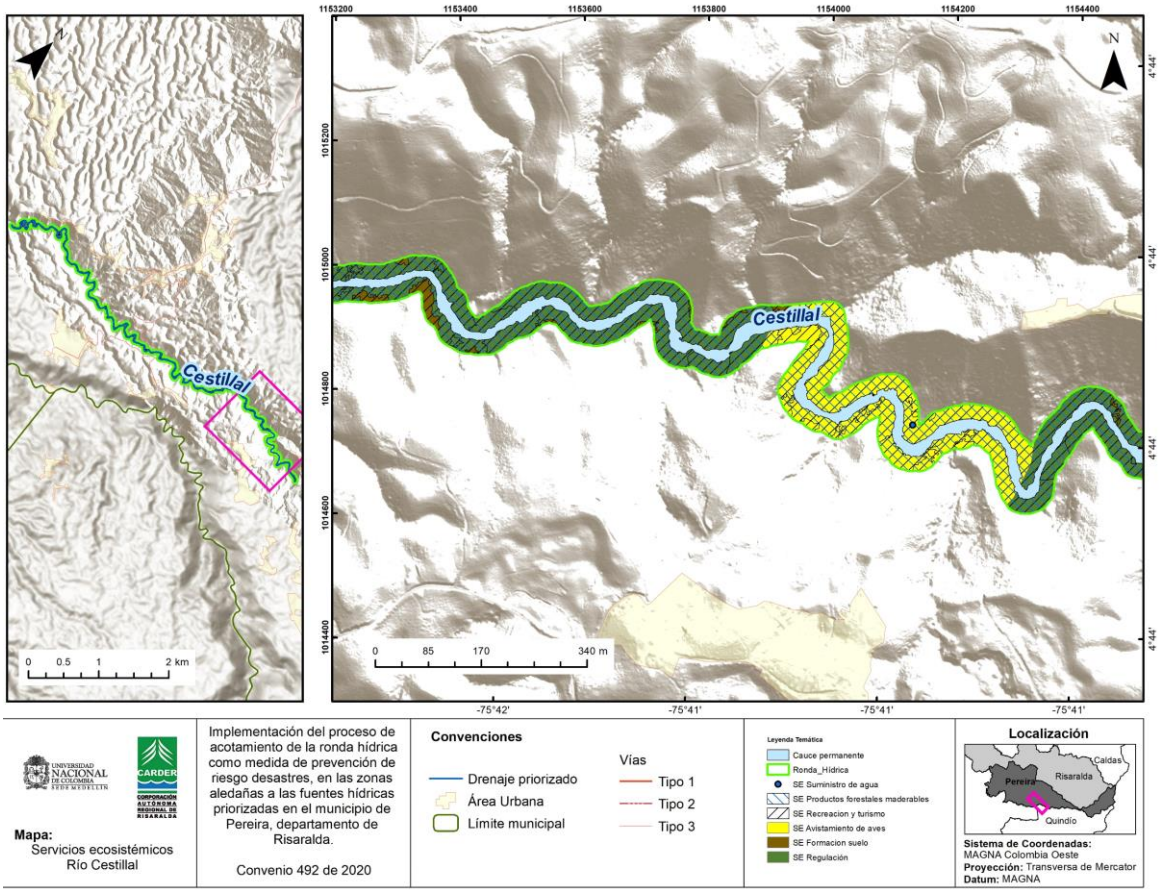


Figura 301. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Cestillal

6.3.8 Río Consotá

El tramo priorizado del río Consotá, cuenca media y baja, recorre suelo urbano, de expansión urbano y rural (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b). El río Consotá emerge en la vereda el Manzano y cruza de oriente a occidente la ciudad de Pereira hasta su confluencia con el río La Vieja. Por su estratégica localización geográfica y el poblamiento histórico de sus riberas este río alcanza relevancia en los procesos de gestión ambiental y territorial.

En los espacios participativos para la ronda hídrica del río Consotá se identifican una variedad de servicios ecosistémicos. Dentro de los servicios ecosistémicos de regulación que se asocian a las coberturas boscosas se encuentran: amarre del terreno (se evita

deslizamientos), purificación del aire y del agua, regulación local del clima (sombra), hábitat para diferentes especies de fauna (iguanas, guatines, aves, ardillas, serpientes, conejos, loros, iguanas, camaleones, patos de invierno, guatines, guayacanes, barranquillos, aves de muchas especies) y flora. Por su parte, dentro de los servicios ecosistémicos de suministro están: agua, plantas medicinales (matarratón, pronto alivio, albaca, flor de muerto (rosa amarilla), moringa, eucalipto, sauco, romero, ajo, aguardiente. anamú, insulina, entre otras), y el persistente uso de materias como la madera (guadua y roble) y la piedra usados sobre todos en la industria de la construcción. Dentro de estos últimos servicios también se encuentra la ganadería. Es también importante la formación de suelo como soporte de la actividad agropecuaria.

Finalmente, los servicios ecosistémicos culturales dentro de los que sobresale el manejo humano de los mismos como el Parque Consotá o Comfamiliar, el sendero ecológico del barrio El Poblado y el Bien de Interés Cultural El Salado. A diferencia de los anteriores tramos éste presenta la contribución del hombre a la riqueza estética y espiritual que por sí tienen ciertos lugares de la naturaleza. En este caso, dichos espacios han sido promovidos como complemento turístico que se orienta a la formación ambiental de los ciudadanos de Pereira, habitantes aledaños al río y población foránea en general.

En Pereira se ha dado un desarrollo urbano acelerado con un componente importante de informalidad, invasiones que se han construido invadiendo la ronda hídrica y desecando humedales como es el caso del barrio Isla de Cuba. Esta transformación no planificada del entorno, viene disminuyendo la oferta de los servicios ecosistémicos, lo cual se agrava por la contaminación del agua por el mal manejo de las aguas residuales y los residuos sólidos que hacen las comunidades que habitan los asentamientos informales. Por su parte, en el suelo rural, la presión se presenta por las parcelaciones y actividad ganadera.

En la Tabla 73, se describen los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, y en la Figura 302 y la Figura 303 se presenta los SE que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta.

Tabla 73. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado del río Consotá

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (sombra). Purificación y protección del agua. Hábitat de fauna y flora Purificación del aire Protección del suelo evitando procesos erosivos.	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 43,2% (89,04 ha) del total de la RH, en la parte alta del tramo, y 44,7% (149,79 ha) en la parte baja. Tendencia al deterioro por el crecimiento urbanístico.	El desarrollo urbano no planificado e informal invade la RH. Tala del bosque
Soporte	Formación de suelo	Media	Uso del suelo en actividad agropecuaria a lo largo del RH.	A lo largo del tramo en estudio se presenta actividad agropecuaria en el 33,2% (110,9 ha) de la parte baja y en el 22,9% (46,61 ha) de la parte alta.	Practicas inapropiadas de producción agrícola y pecuaria.
Suministro	Agua: uso industrial, recreativo y doméstico	Muy alta	Captación quebrada Morenita (Confamiliar).		
	Alimentos	Media	Áreas de cultivos dentro de la ronda hídrica		Practicas inapropiadas de producción agrícola y pecuaria
	Productos forestales maderables	Baja	Parque Consotá hace aprovechamiento interno y educación ambiental entorno a la guadua.	La guadua dentro de la ronda hídrica ocupa una extensión de 35,44 ha (17,4%) en la parte alta y de 96,15 ha (28,75%).	Tala de la guadua

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
			Cuenca Alta: desde la vereda Caracol La Curva hasta el barrio Dorado. Guadua para construcción en los barrios El Dorado y La Laguna.		
	Plantas medicinales	Media	Cuenca Alta: Normandía, Villa Andrea, El Dorado, Cortes y Rocío Bajo		
	Material de playa	Baja	Cuenca Alta: Normandía – La Unidad		
	Pesca (con arpón y atarraya).	Baja	Barrio Cortes y Rocío Bajo Lagos artificiales de pesca. Después del colegio barrio el Dorado y barrio Rocío Bajo.		Contaminación del agua
Culturales	Paisajismo, recreación y ecoturismo.	Alta	Sendero Ecológico, barrio El Poblado. Parque el Vergel Cuenca Alta: Parte baja de Tribunas, barrio La Laguna. Desembocadura de la quebrada Púlpito Sector La Unidad Desde la confluencia con la quebrada El Púlpito hasta moteles. Parque Las Iguanas Comfamiliar.		Los escombros son arrojados al río.

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
	Pesca deportiva.		Sector La Unidad Desde la confluencia con la quebrada El Púlpito hasta moteles.		Contaminación del río por vertimientos de aguas residuales.
	Educación		Granja educativa Comfamiliar.		
	Charcos		Barrios Cortes y Rocío Bajo		Contaminación del río por vertimientos de aguas residuales.
	Patrimonio cultural	Media	Parque Arqueológico Salado Consotá		

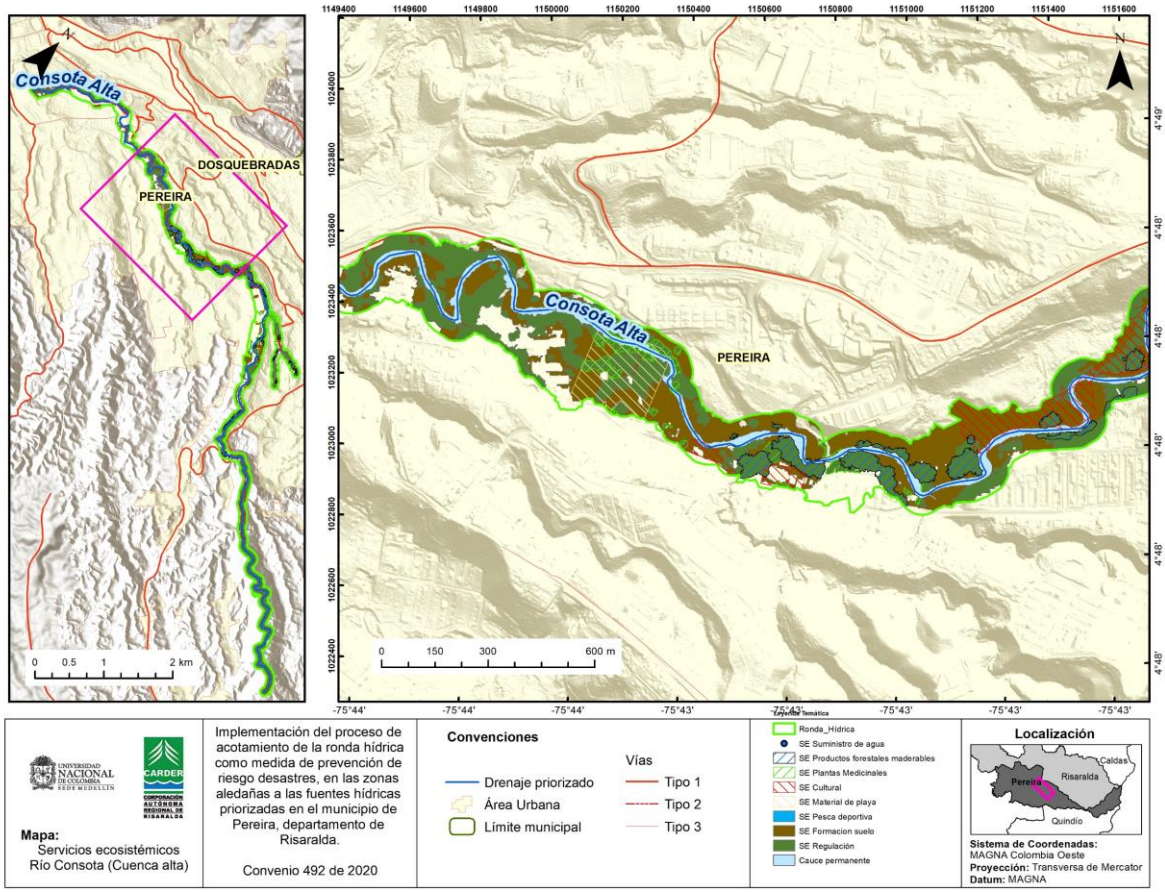


Figura 302. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado del río Consotá (cuenca alta)

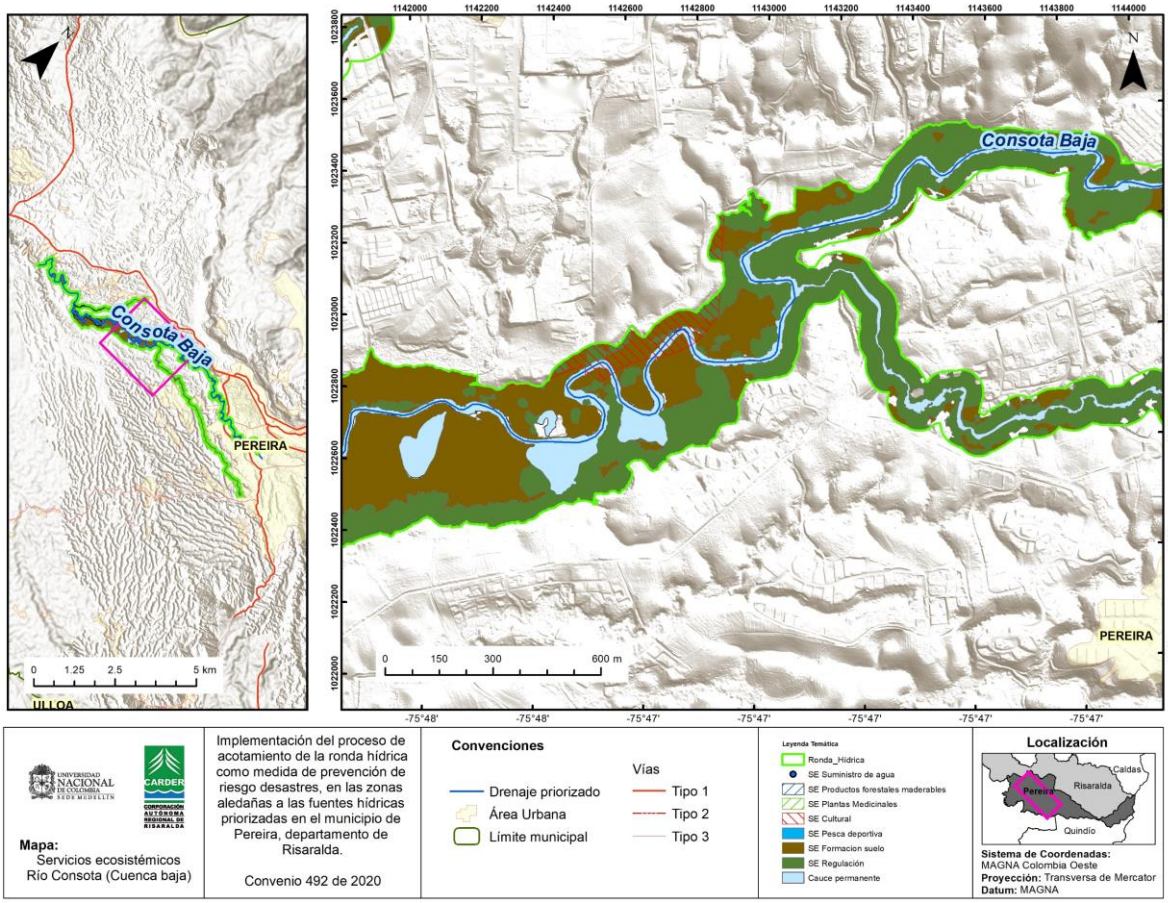


Figura 303. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado del río Consotá (cuenca baja)

6.3.9 Quebrada Tinajas

La ronda hídrica de esta quebrada se encuentra en suelo urbano del municipio de Pereira (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b). Por ello, la presión antrópica sobre la ronda hídrica y con ello sobre sus servicios ecosistémicos, se da principalmente por el desarrollo urbano y la infraestructura asociada al mismo.

De acuerdo con la información primaria recuperada la quebrada Tinajas es conocida también como la quebrada el Oso, haciéndose la claridad que nace en el sector denominado Tinajas – Condina y llega al barrio 2500 lotes donde se distribuye por el resto del territorio de influencia, a partir de allí el suelo es urbano. La reflexión en torno a este tramo priorizado se realizó en conjunto con el tramo El Oso. Sin embargo, a continuación, se describen los

servicios ecosistémicos identificados en la ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada Tinajas.

Dada las condiciones actuales de la ronda hídrica donde aún se presentan áreas con coberturas de bosque y guadua, 5,2 ha (11,8%) y 2,2 ha (5%) respectivamente, se infiere que los servicios ecosistémicos de regulación y soporte asociados a estas coberturas aún se conservan. Por otra parte, aunque el tramo en estudio está localizado en suelo urbano, se presenta una extensión de 8,5 ha (19,4%) en uso agropecuario que, según la información obtenida en los espacios de participación, en su mayoría corresponde a cultivos de plátano, mazorca, yuca, hortalizas y aguacate, que se realizan principalmente en los sectores de Tres Canchas, parque El Oso y El Acuario. Esto hace que se identifique el suelo como un servicio de soporte de estas actividades que, a su vez, también se reconoce como servicio ecosistémico de suministro de alimentos. Dentro de los servicios de suministro también se identifica la guadua que es utilizada construcción y mantenimiento de viviendas en barrios informales y la pesca de sabaleta.

Resalta en cuanto a estos beneficios percibidos por la población la parte alta del barrio Terranova, donde pervive parte del bosque nativo y abundancia de guadua en la ribera. Se visualiza fauna nativa como zorros, armadillos y guatines y permanece la práctica de la pesca, que a pesar de no ser como en los tiempos de la fundación del barrio Terranova, hay personas que la realizan por recreación y alimentación con fines no comerciales.

En lo que respecta a los servicios ecosistémicos culturales se identifica diferentes sitios de para la recreación, el ecoturismo y paisajismo, entre los que se encuentran senderos ecológicos, corredores ambientales, parques y sitios de charcos.

Se identifican como presiones sobre los servicios ecosistémicos la creciente deforestación de la vegetación existente en las riberas de la quebrada y los vertimientos de aguas residuales, problemáticas asociadas a los asentamientos informales o invasiones. También, se identifica como problemática, la quema de icopor y caucho.

En la Tabla 74, se describen los servicios ecosistémicos identificados para este tramo y en la Figura 304 se presenta, los que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta.

Tabla 74. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada Tinajas

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (sombra). Purificación y protección del agua. Purificación del aire Hábitat de fauna (zorros, armadillos, iguanas, barranquillos, loros y guatines, especies de aves).	Muy alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 16,8% (7,44 ha) del total de la RH. Tendencia al deterioro por el crecimiento urbanístico.	El desarrollo urbano no planificado e informal invade la RH. Tala de la guadua
Soporte	Formación de suelo	Media	Uso del suelo en agricultura en los barrios: El Acuario, Tres Canchas, parque El Oso.	En toda la ronda hídrica se presenta 8,5 ha (19,4%) en uso agropecuario.	.
Suministro	Alimentos (plátano, mazorca, yuca, hortalizas, aguacate).	Media	Barrios: El Acuario, Tres Canchas y parque El Oso.	Producción agrícola en suelo urbano	Practicas inapropiadas de producción agrícola y pecuaria
	Productos forestales maderables (guadua para construcción y mantenimiento de viviendas).	Media	Barrio Terranova Al frente de Tres Canchas, Terranova, Acuarela, Villa del Bosque y Villamaría	Dentro de la ronda hídrica la cobertura de la guadua tiene una extensión de 2,2 ha (5%).	Disminución de la cobertura por la tala de la misma.
	Pesca de Sabaleta	Baja	Barrio Terranova		Contaminación del agua por mal manejo de residuos sólidos.

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Culturales	Paisajismo, recreación y ecoturismo.	Alta	Tres Canchas (cancha múltiple), Sendero ecológico de la Acuarela. Parque El Oso Canchas de los barrios Terranova, La Acuarela, Villa Elisa Corredores ambientales Terranova, Acuario, La Isla Parque Villa del Bosque. Parque Santa Inés.		
	Pozos y charcos	Media	Desde el Barrio Terranova hasta el parque El Oso.	Contaminación del agua por mal manejo de residuos sólidos.	

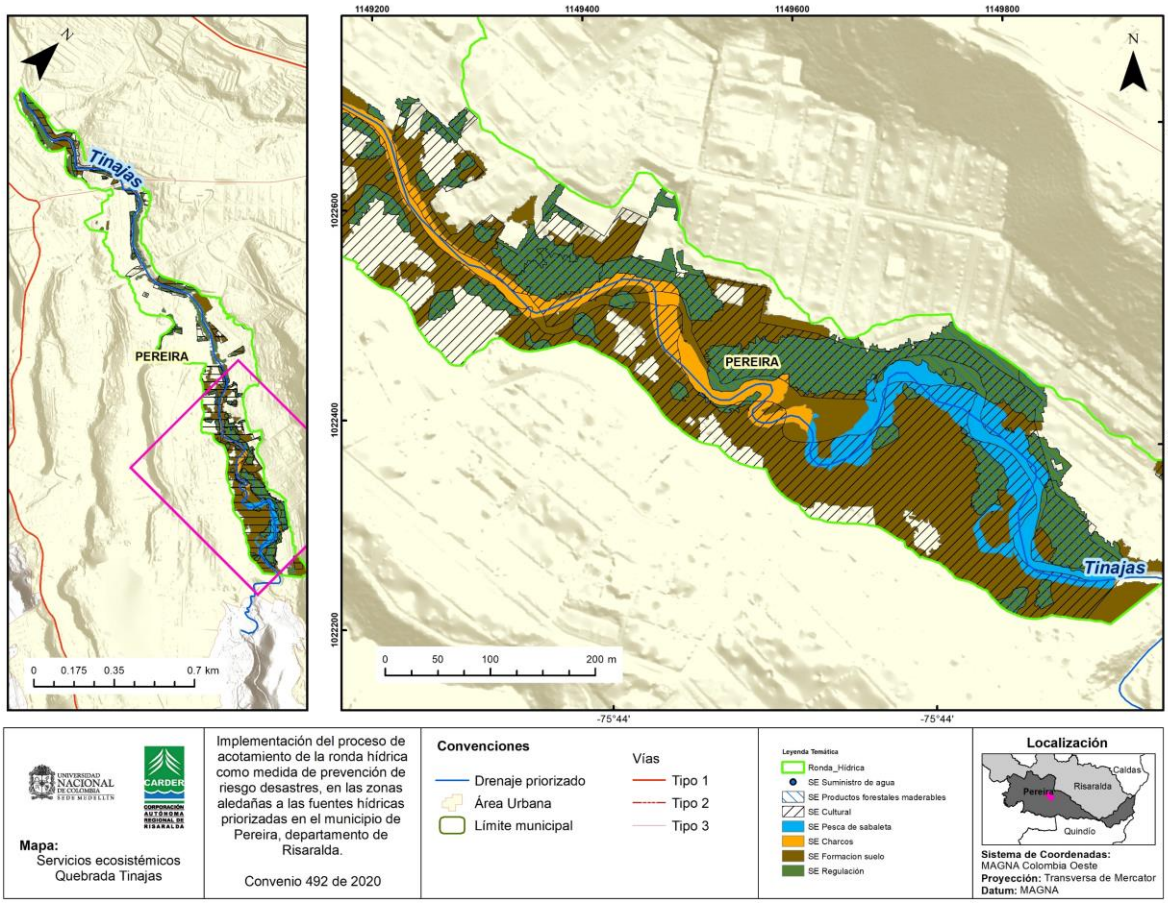


Figura 304. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Tinajas

6.3.10 Quebrada La Dulcera

La ronda hídrica de esta quebrada se encuentra en suelo urbano del municipio de Pereira (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b). El nacimiento de la quebrada La Dulcera se encuentra en predios de la Universidad Tecnológica de Pereira. Es un tramo hídrico urbano que refleja la diferenciación y el fraccionamiento social, así como la permanencia de especies de fauna y flora junto con escenarios públicos de valor estético y recreacional en el marco de la definición de suelo de protección otorgado por el POT de Pereira.

La diversidad biológica que se presenta desde el Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira, la posiciona como un corredor biológico de importancia para la ciudad que se interrumpe por la urbanización de una zona central como es la aledaña al Terminal de Transportes de Pereira donde la quebrada es de difícil visualización en su llegada al barrio Tavesuras, donde ya se encuentra altamente contaminada. A la altura del Colegio Deogracias Cardona el corredor vuelve a ser representativo de una cobertura boscosa.

A pesar del desarrollo urbano, la ronda hídrica aún presenta una importante extensión en coberturas de la tierra en bosque con 24,78 ha (34,9%) y guadua con 7,8 ha (11,1%), se infiere que los servicios ecosistémicos de regulación y soporte asociados a estas coberturas aún se conservan. Entre los servicios de regulación se identifican: regulación local del clima, purificación y protección del agua, purificación del aire, hábitat de fauna y protección del suelo evitando procesos erosivos.

Por otra parte, aunque el tramo en estudio está localizado en suelo urbano, se presenta una extensión de 8,5 ha (19,4%) en uso agropecuario que, según la información obtenida en los espacios de participación, se dan cultivos de plátano y café en el barrio Travesuras – La Churria. Esto hace que se identifique el suelo como un servicio de soporte de estas actividades que, a su vez, también se reconoce como servicio ecosistémico de suministro de alimentos. Dentro de los servicios de suministro también se identifica la guadua que es utilizada construcción y mantenimiento de viviendas. En lo que respecta a los servicios ecosistémicos culturales se identifica el servicio de paisajismo, recreación y ecoturismo en el corredor boscoso de la parte alta de la quebrada.

Dada la configuración urbana que rodea y se localiza sobre la ronda hídrica, la presión antrópica sobre la misma se da principalmente por el desarrollo urbano y la infraestructura asociada al mismo. Es así, que asociado a este crecimiento urbano se identifican como presiones sobre los servicios ecosistémicos la contaminación del agua debido a los vertimientos de las aguas residuales y los asentamientos informales. Debido a estos asentamientos se ha tumbado el bosque aledaño a la cancha del barrio Villa Mery, el cual también recepciona una gran parte de la contaminación que proviene de la canalización de las aguas residuales realizado por Aguas y Aguas E.S.P., en el marco del proyecto denominado “Ríos de agua pura”.

En la Figura 305 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Tabla 74, se describen los mismos.

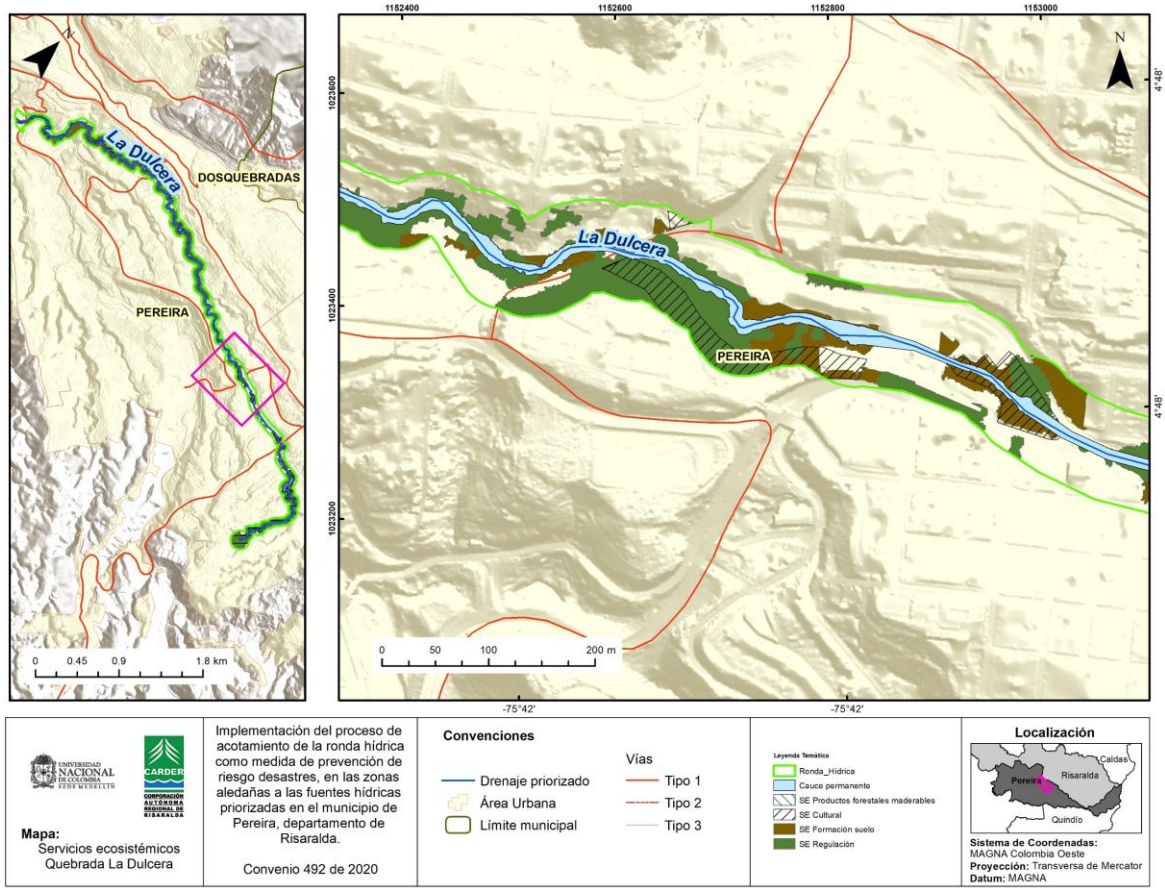


Figura 305. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada La Dulcera

Tabla 75. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada La Dulcera

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (sombra). Purificación y protección del agua. Purificación del aire Hábitat de fauna (aves, ardillas, serpientes, conejos, loros). Protección del suelo evitando procesos erosivos.	Muy alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH, que se localizan principalmente en: La parte alta de la quebrada La Dulcera hasta el barrio San Nicolas. Barrios Villa Mery y San Martín Conjunto Residencial Tusi	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 46% (32,64 ha) del total de la RH. Tendencia al deterioro por el avance por el crecimiento urbanístico.	Crecimiento urbano que avanza hacia las coberturas que soportan estos servicios.
Suministro	Alimentos (plátano y café).	Media	Barrio Travesuras – La Churria	Entremezclan usos típicos del suelo rural con usos urbanos.	Tiene a desaparecer estos usos por avance del desarrollo urbano hacia estas zonas.
	Productos forestales maderables (guadua para mantenimiento de viviendas en el barrio Travesuras – La Churria).	Media	Barrio Travesuras – La Churria	La cobertura de guadua ocupa una extensión de 7,86 ha (11,1%) dentro de la RH.	Tala guadua Aprovechamiento de la guadua sin cumplir con la norma establecida en la Resolución número 944 de 2008.
Culturales	Paisajismo, recreación y ecoturismo.	Alta	Corredor boscoso de la parte alta de la quebrada.		Tala del bosque por el avance del desarrollo urbano.

6.3.11 Quebrada El Oso

La ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Oso se localiza principalmente en suelo rural, en veredas del corregimiento de Tribunas Córcega. Parte de la ronda hídrica se encuentra en suelos de expansión urbana y urbano de cabecera del corregimiento de Tribunas Córcega. Igualmente, cerca de la confluencia con la quebrada Tinajas, la cual es reconocida por la comunidad como El Oso, la ronda hídrica ocupa suelo urbano del municipio de Pereira dentro de la comuna El Oso (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b).

Dada las condiciones actuales de la ronda hídrica donde aún predomina coberturas de la tierra de guadua con el 36,6% (30,54 ha) y en menor proporción la cobertura de la tierra de bosque con 15,23 ha (18,3%), se infiere que los servicios ecosistémicos de soporte asociados a estas coberturas aún se conservan. Estos servicios presentan una tendencia a su deterioro dada la presión antrópica sobre la ronda hídrica que se da principalmente por las parcelaciones y la ampliación de la actividad ganadera en la parte alta del tramo priorizado; en la parte media y baja, la presión se presentan principalmente agricultura y ganadería. Lo anterior en el suelo rural. Cuando la quebrada recorre el suelo urbano del municipio de Pereira, la presión de da principalmente por el desarrollo urbanístico.

Otros servicios ecosistémicos identificados son: agua para uso pecuario, alimentos (plátano), plantas medicinales, productos forestales maderables (guadua para mantenimiento de viviendas), estos dentro de la categoría de servicios ecosistémicos de suministro. En los culturales se identificaron: deporte y recreación, turismo ecológico, caminatas, avistamiento de aves, pesca deportiva, charcos y paisajismo (belleza paisajística).

Algunas de las problemáticas más referenciadas tienen que ver con la deforestación y las nuevas viviendas que toman la guadua y madera como materia prima. Anteriormente, se realizaba extracción de piedra y arena como mecanismo para los ingresos económicos, también se veía la cacería y la pesca en sus zonas aledañas.

La población manifestó preocupación por las afectaciones que pueden traer las plantaciones forestales de Smurfith Cartón de Colombia.

En la Figura 306 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Tabla 76, se describen los mismos.

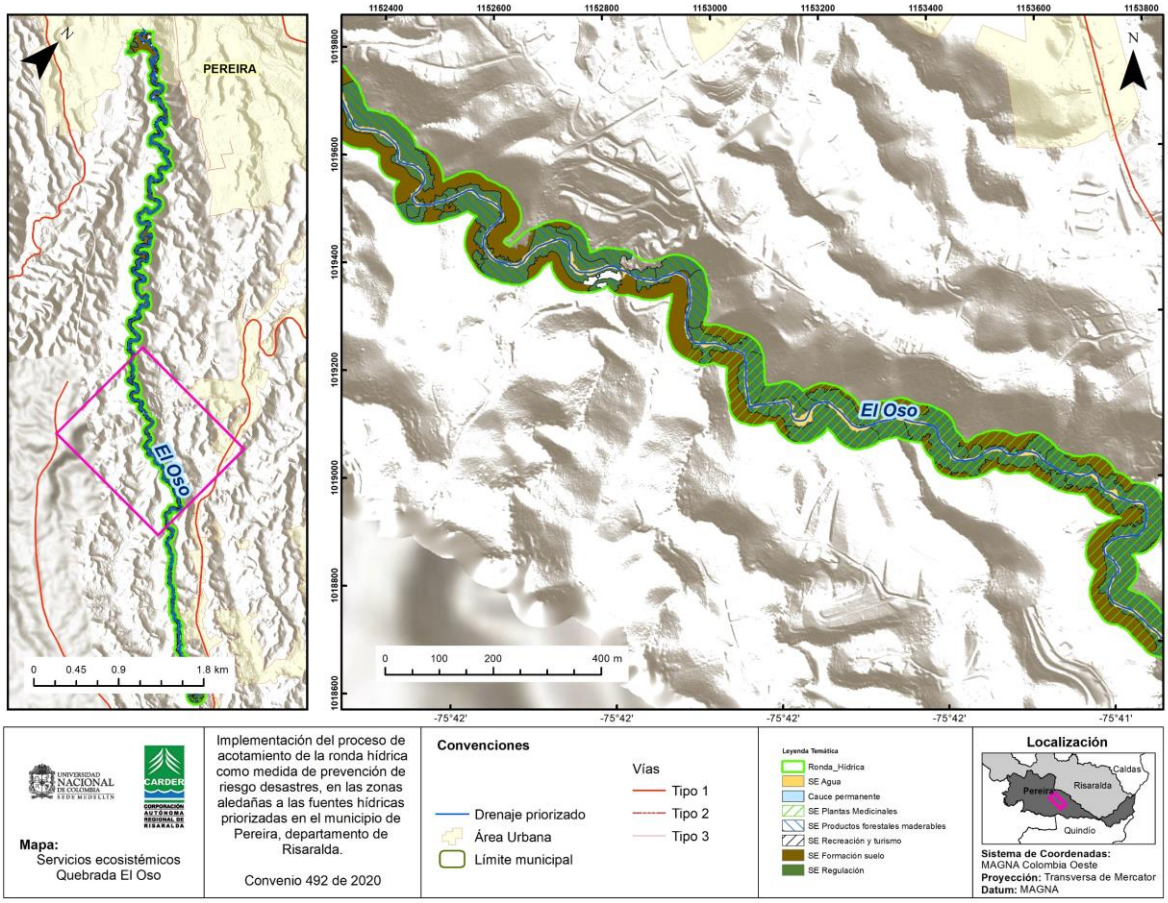


Figura 306. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Oso

Tabla 76. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada El Oso

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (temperatura fresca). Purificación y protección del agua. Purificación del aire Protección del suelo evitando procesos erosivos.	Alta	Bosques riparios y de guadua a lo largo de toda la RH	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 54,9% (45 ha) del total de la RH. .	Avance de la frontera agropecuaria
Soporte	Formación de suelo	Media	A lo largo de la ronda hídrica.	El 31,4% (26,2 ha) de la ronda hídrica se encuentra en uso del suelo agropecuario.	Practicas insostenibles de producción agropecuaria.
Suministro	Agua (uso pecuario)	Alta	A lo largo de la quebrada		
	Alimentos (plátano).	Media	Vereda el Guayabo sector La Playita		
	Plantas medicinales	Baja	Vereda El Oso		
	Productos forestales maderables (guadua para mantenimiento de viviendas).	Muy alta	A lo largo de la quebrada	La cobertura de bosque de guadua corresponde al 36,6% (30,5 ha) del total de la extensión de la ronda hídrica.	Tala de la guadua
Culturales	Deporte y recreación, turismo ecológico, caminatas, avistamiento de aves, pesca deportiva	Alta	Corredor boscoso de la parte alta de la quebrada.		Avance del desarrollo urbano.

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
	Charcos	Media	Parte alta de la quebrada, vereda El Oso		
	Paisajismo (belleza paisajística).	Media	Parte alta de la quebrada, vereda El Oso		Tala del bosque

6.3.12 Quebrada El Chocho

La ronda hídrica se localiza tanto en suelo rural, urbano y de expansión urbano según la cartografía del POT de Pereira de 2016 (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b).

Dada las condiciones actuales de la ronda hídrica donde aún se presenta una importante extensión en coberturas de la tierra en bosque con 17,61 ha (38,2%) y guadua con 8,2 ha (17,9%), se infiere que los servicios ecosistémicos de regulación y soporte asociados a estas coberturas aún se conservan. En los espacios de participación, entre los servicios de regulación, se identificaron: regulación local del clima y hábitat para especies de fauna. En lo que respecta a los de suministro se reconocieron: agua, extracción de oro, alimentos y productos forestales maderables (guadua para construcción de viviendas). En lo que respecta a los servicios ecosistémicos culturales se identificaron: deporte, recreación y Charcos.

En la parte alta, suelo rural, vereda El Chocho, la presión antrópica sobre los servicios ecosistémicos se da principalmente por la actividad agrícola, con cultivos dentro de la ronda hídrica, hacia la parte baja, en la vereda Mundo Nuevo, la presión disminuye. En la zona urbana, presión se da principalmente por el desarrollo urbano. También se reporta afectaciones debido a la tala de guaduales y la ocupación del área de nacimiento por viviendas y cultivos.

En la Figura 307 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Tabla 77, se describen los mismos.

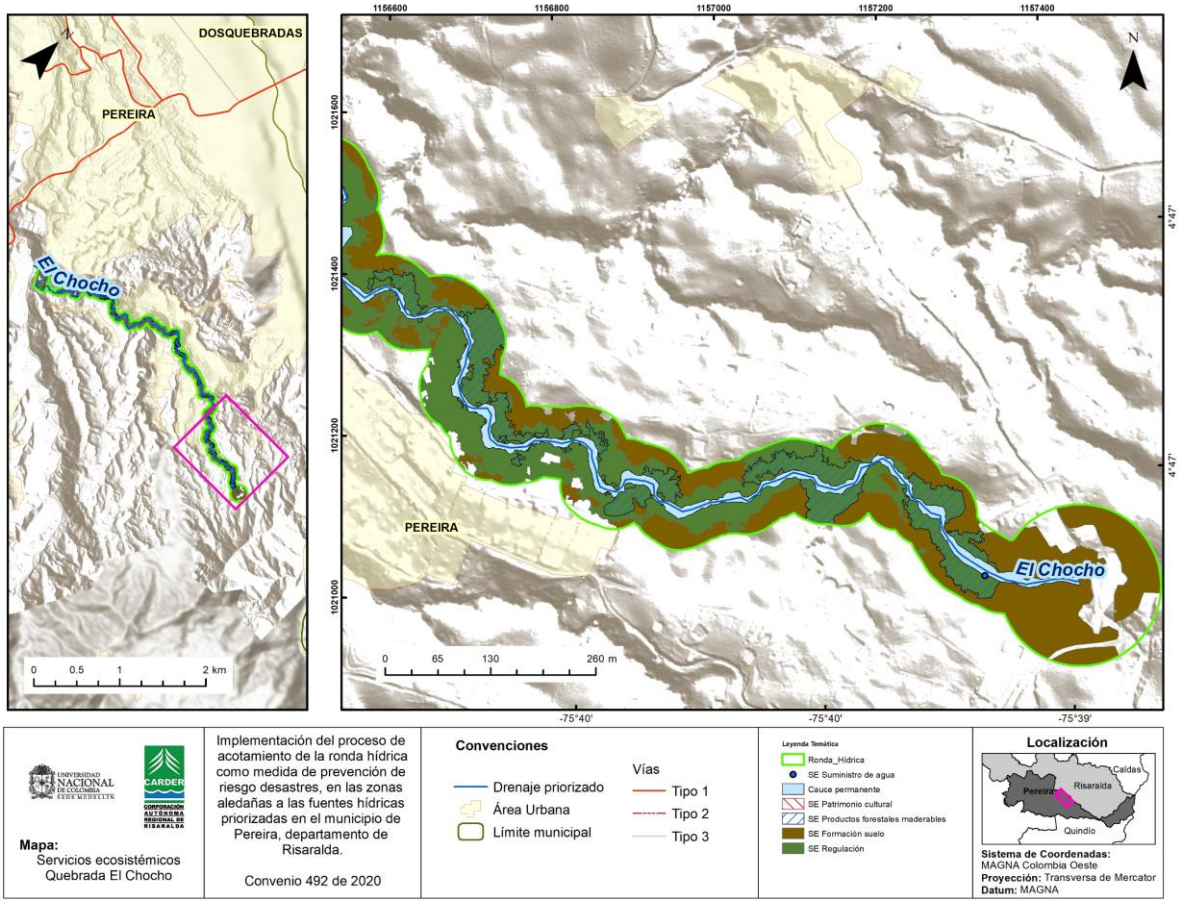


Figura 307. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Chocho

Tabla 77. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada El Chocho

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (temperatura fresca). Hábitat para especies de fauna (zarigüeyas, zorros, armadillos, osos perezosos, osos hormigueros, tigrillos, micos) y flora.	Alta	Cobertura de bosque y guadua a lo largo de la ronda hídrica, principalmente en la parte alta de la quebrada y en la vereda Mundo Nuevo.	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 56,1% (25 ha) del total de la RH.	Avance de la frontera agropecuaria y desarrollo urbano.
Soporte	Formación de suelo	Media	Se da principalmente en fincas aledañas a la quebrada, en la vereda El Chocho.	El 25,3% (11,70 ha) del territorio de la ronda hídrica se encuentra en uso del suelo agropecuario.	Prácticas agropecuarias insostenibles
Suministro	Agua	Alta	Captaciones de agua en la parte alta de la quebrada El Chocho.	Se encuentra una captación	Deforestación en el nacimiento y cerca a la bocatoma.
	Extracción de oro	Baja	Barrio Tokio		
	Alimentos (naranja, limón, café, mandarina, plátano, yuca, aromáticas, semillas).	Media	Se da principalmente en fincas aledañas a la quebrada, en la vereda El Chocho.		
	Productos forestales maderables (guadua para construcción de viviendas).	Media	Veredas Mundo Nuevo y El Chocho.	La cobertura de la tierra en guadua ocupa una extensión de 8,2 ha (17,9%) dentro de la ronda hídrica.	Tala de la guadua

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Culturales	Deporte y recreación	Alta	Veredas Mundo Nuevo y El Chocho.		
	Charcos	Media	Veredas Mundo Nuevo y El Chocho.		

6.3.13 Quebrada El Púlpito

La ronda hídrica del tramo priorizado de la quebrada El Púlpito se localiza en suelo rural en las veredas: Tribunas de Consotá, Yarumito y Huertas (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b). Las presiones antrópicas sobre los servicios ecosistémicos que se presentan en la ronda hídrica se dan principalmente por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera. En la parte alta se presentan parcelaciones y actualmente se vienen promocionando Condominios.

Dada las condiciones actuales de la ronda hídrica donde aún se presenta una importante extensión en coberturas de la tierra en bosque con 8,6 ha (34,9%) y guadua con 5,2 ha (21,2%), se infiere que los servicios ecosistémicos de regulación y soporte asociados a estas coberturas aún se conservan. Por su parte, en los espacios de participación se identificaron los siguientes servicios ecosistémicos de regulación: regulación local del clima (temperatura fresca), protección ante deslizamientos (protección contra los efectos del agua escorrentía), purificación del aire y hábitat de especies de fauna. En relación a los servicios ecosistémicos de suministro solo se identificó los productos maderables provenientes de la guadua. En los culturales está los petroglifos quebrada Púlpito.

En la Tabla 78 se describen los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, y en la Figura 308 se presentan los que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta.

Tabla 78. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Púlpito

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (temperatura fresca). Protección ante deslizamientos (protección contra los efectos del agua escorrentía). Purificación del aire Hábitat de especies de fauna	Alta	Coberturas de vegetación natural y guadua a lo largo de la ronda hídrica.	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 56,1% (13,8 ha) del total de la RH.	Avance de la frontera agropecuaria y parcelaciones.
Soporte	Formación de suelo (suelo como soporte de la producción de alimentos y actividad pecuaria):	Media	Uso agropecuario a lo largo de la ronda hídrica, principalmente en la vereda Tribunas Consotá	El 33,3% (8,2 ha) de la extensión de la ronda hídrica se encuentra en uso del suelo agropecuario.	Prácticas agropecuarias insostenibles
Suministro	Productos forestales maderables (guadua para construcción de viviendas).	Media	Bosque aledaño a la quebrada Púlpito	En guadua se presenta una cobertura del 21,2% (5,2 ha) del total de la RH.	Tala de la guadua
Culturales	Patrimonio cultural: petroglifos quebrada Púlpito	Media	Quebrada Púlpito. Parque arqueológico Salado Consotá		

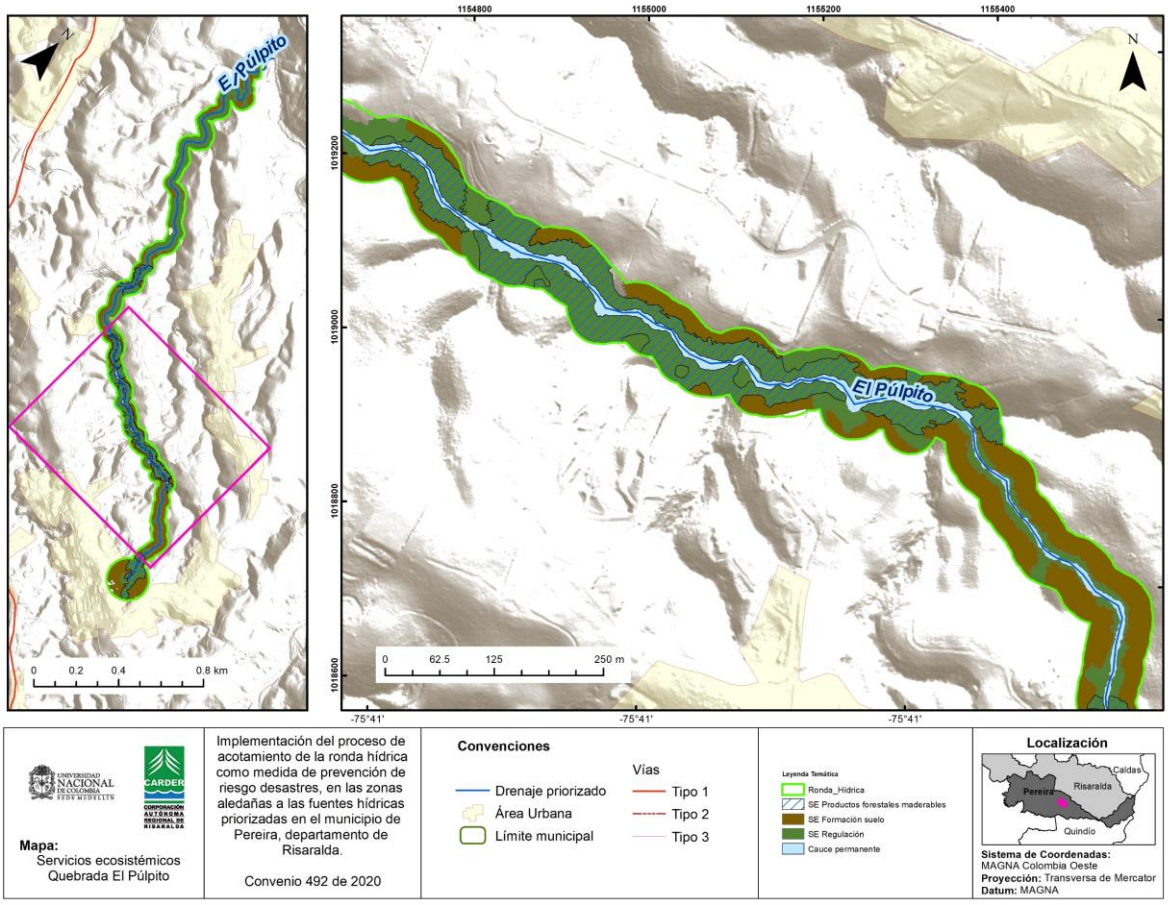


Figura 308. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Púlpito

6.3.14 Quebrada La Víbora

La ronda hídrica la quebrada Víbora se localiza en suelo rural, según POT de Pereira 2016 (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b).

Las presiones antrópicas sobre los servicios ecosistémicos que se presentan en la ronda hídrica se dan principalmente por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, la construcción de viviendas no nucleadas.

Dada las condiciones actuales de la ronda hídrica donde aún se presenta una importante extensión en coberturas de la tierra en bosque con 17,97 ha (21,2%) y guadua con 18,91 ha (22,3%), se infiere que los servicios ecosistémicos de regulación y soporte asociados a

estas coberturas aún se conservan. Por su parte, en los espacios de participación se identificaron los siguientes servicios ecosistémicos de regulación: regulación local del clima (temperatura fresca) y hábitat de especies de fauna. En relación a los servicios ecosistémicos de suministro se identificaron: los productos maderables provenientes de la guadua y alimentos. En los culturales están deporte, recreación y patrimonio cultural.

En la Figura 309 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Tabla 79, se describen los mismos.

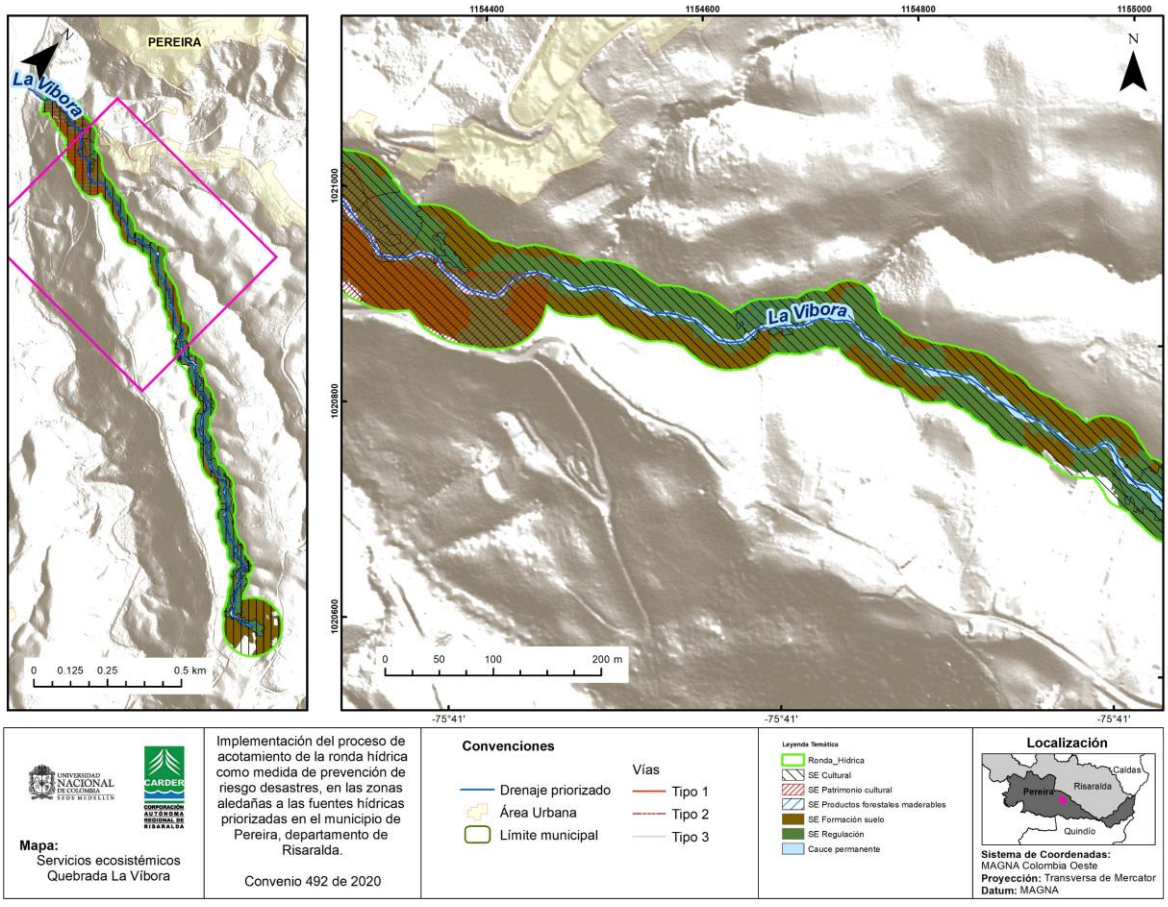


Figura 309. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado de la quebrada Víbora

Tabla 79. Servicios ecosistémicos identificados en el tramo priorizado de la quebrada Víbora

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Regulación local del clima (temperatura fresca). Hábitat para especies de fauna (zarigüeyas, zorros, armadillos, osos perezosos, osos hormigueros, tigrillos, micos) y flora.	Alta	Cobertura de bosque y guadua a lo largo de la ronda hídrica, principalmente en la parte alta de la quebrada y en la vereda Mundo Nuevo.	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 52,3% (8,3 ha) del total de la RH.	Avance de la frontera agropecuaria. Tala de arboles Viviendas junto a la quebrada
Soporte	Formación de suelo	Alta	Se da en fincas aledañas a la quebrada Víbora, donde se usa el suelo en actividades agropecuarias	El 34,6% (5,5 ha) de la ronda hídrica se encuentra en uso del suelo agropecuario.	Prácticas agropecuarias insostenibles
Suministro	Alimentos (naranja, limón, café, mandarina, plátano, yuca, aromáticas, semillas).	Media	Se da en fincas aledañas a la quebrada Víbora.		
	Productos forestales maderables (guadua para construcción de viviendas).	Media	Vereda Mundo Nuevo	La guadua dentro de la ronda hídrica ocupa una extensión de 3,9 ha, equivalente al 24,6% del total de la misma.	Tala de la guadua
Culturales	Deporte y recreación	Alta	Vereda Mundo Nuevo		
	Patrimonio cultural	Media	Parque Arqueológico Salado Consotá		

6.3.15 Río Otún

El tramo priorizado del río Otún priorizado se localiza en suelos urbano, de expansión urbana y rural (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016b). En el suelo urbano, la presión antrópica sobre los servicios ecosistémicos de la ronda hídrica se da principalmente por el desarrollo urbano y la infraestructura asociada al mismo, principalmente en el barrio El Triunfo donde las viviendas se localizan dentro de la ronda hídrica, en el borde del cauce del río.

El río Otún por sus cualidades hídricas en el marco de la localización del departamento de Risaralda juega un rol central para el abastecimiento de agua de una importante proporción de población de los municipios de Pereira y Dosquebradas, por lo que el servicio de aprovisionamiento de agua dulce es de los más relevantes.

Con influencia en suelo rural, urbano y de expansión urbana el tramo priorizado del río Otún presenta, de acuerdo a los actores que lo viven, servicios ecosistémicos de regulación, aprovisionamiento y culturales. Además, de sus coberturas en guadua y el bosque, históricamente se encontraron condiciones propias para la habitabilidad humana, proveyendo a las poblaciones de materias primas para la construcción y la posibilidad de establecimiento de actividades agropecuarias que a la fecha se mantienen y que manifiesta un poblamiento prolongado desde sus primeros asentamientos, lo que a la larga acarreó las deficiencias ambientales de las que adolece actualmente el río, lo cual afecta la permanencia de los servicios ecosistémicos que oferta el río y su ronda hídrica.

Además, los valores estéticos que el río ofrece, sus senderos y espacios propicios para actividades humanas asociadas al disfrute lo han constituido en un referente por proporcionar beneficios culturales como ecoturismo y deportes de intemperie. Por esta razón la CARDER adelantó el proyecto Parque Lineal Río Otún.

Actualmente la ronda hídrica aún presenta coberturas de la tierra en bosque con 18,63 ha (18,7%) y guadua con 15,59 ha (15,6%), por lo que se infiere que los servicios ecosistémicos de regulación y soporte asociados a estas coberturas aún se conservan. Por su parte, en los espacios de participación se identificaron los siguientes servicios ecosistémicos de regulación: regulación local del clima (temperatura fresca) y hábitat de especies de fauna. En relación a los servicios ecosistémicos de suministro solo se identificó los productos maderables provenientes de la guadua.

En la Figura 310 se presenta los servicios ecosistémicos identificados para este tramo, que se pueden espacializar dada la información con la que se cuenta, y en la Tabla 80, se describen los mismos.

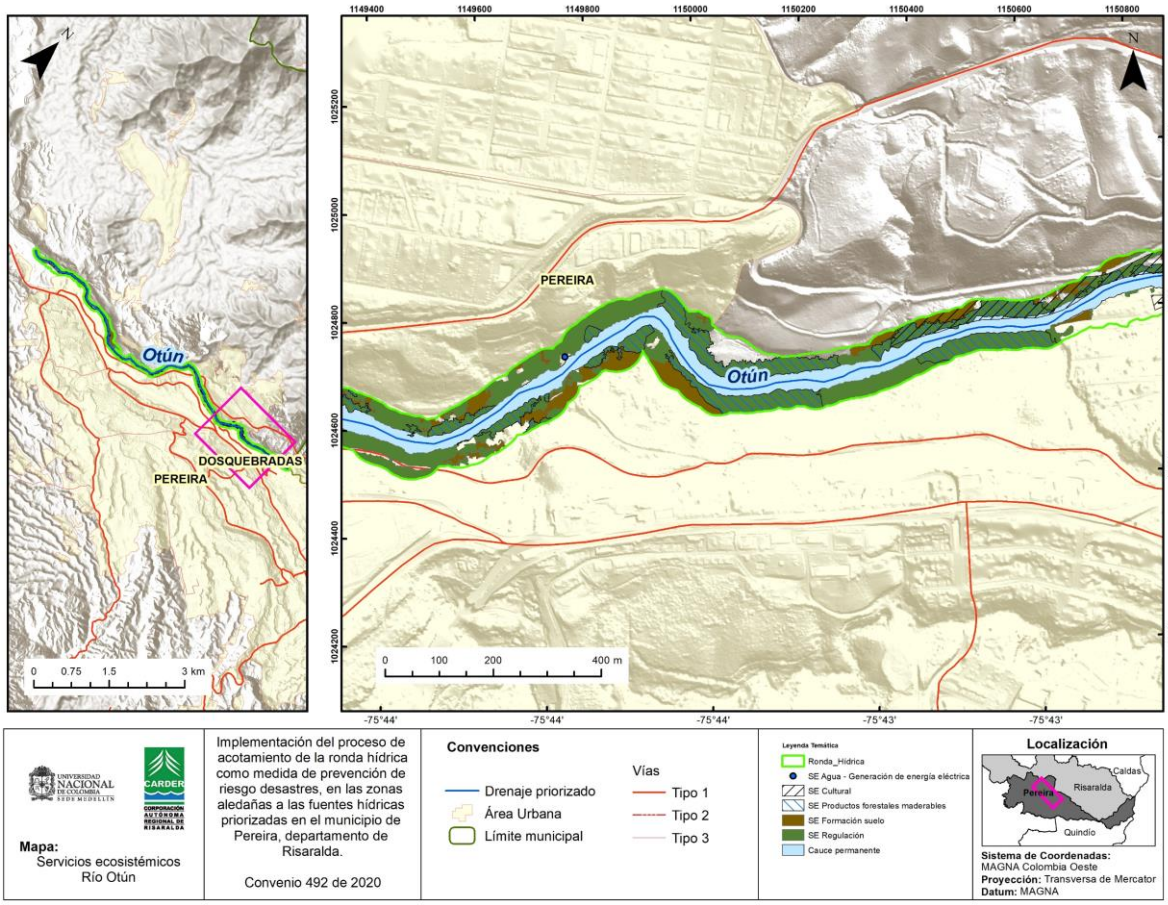


Figura 310. Servicios ecosistémicos identificados en tramo priorizado en el río Otún

Tabla 80. Servicios ecosistémicos identificados tramo priorizado del río Otún

Categoría de los servicios identificados	Servicios ecosistémicos	Grado de Importancia	Localización	Estado actual de los servicios ecosistémicos	Presión sobre los SE
Regulación	Purificación del aire Protección ante deslizamientos (sostenibilidad del terreno).	Alta	Cobertura de bosque y guadua a lo largo de la ronda hídrica.	Los ecosistemas que soportan los SE de regulación y soporte representan el 34,3% (34,22 ha) del total del territorio de la RH.	Avance de la frontera agropecuaria
Soporte	Formación de suelo (soporte de actividades agropecuarias)	Media	A lo largo del tramo en estudio se presentan varios sectores con uso agropecuario	El 19,8% (19,81 ha) de la ronda hídrica se encuentra en uso del suelo agropecuario.	Prácticas agropecuarias insostenibles
Suministro	Agua para la generación de energía eléctrica.	Baja	Central hidroeléctrica de Empresas de Energía de Pereira.		Deforestación cuenca alta
	Alimentos (lulo, plátano y café).	Media	A lo largo de la ronda hídrica, principalmente en la parte alta y baja del tramo en estudio.		
	Productos forestales maderables (madera y leña).	Media	Ribera del río donde se da cobertura de guadua y bosque	La cobertura de guadua ocupa una extensión de 15,59 ha de la ronda hídrica (15,6%).	Tala de la guadua
Culturales	Deporte, recreación y ecoturismo.	Alta	Zonas propuestas como espacio público: Ecoparque río Otún El Triunfo y Parque Metropolitano Entrerríos 1		

6.4 ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LAS RONDAS HÍDRICAS

Se define primero las zonas homogéneas y partir de estas, se determinan las estrategias de manejo ambiental y las medidas de manejo para el logro de estas.

6.4.1 Zonas Homogéneas

Una vez identificados y espacializados los servicios ecosistémicos se procedió a definir las zonas homogéneas a partir de: las coberturas de la tierra, las unidades geomorfológicas y los componentes de la ronda hídrica.

Es de anotar que el mapa de cobertura de la tierra utilizado como insumo para las zonas homogéneas fue construido en el marco del presente convenio a partir de la información entregada por Aeroestudios y procesada a partir de la LiDAR, utilizando un algoritmo que se llama Random Forest. Con esta herramienta se definieron los siguientes tipos de coberturas de la tierra: bosques, cuerpos de agua, guadua, pastos y áreas agrícolas heterogéneas, urbano construcción y zonas urbanizadas. Una vez definida las coberturas se procede a construir los mapas de coberturas de la tierra para cada uno de los tramos priorizados utilizando la herramienta SIG.

En general se definieron las siguientes zonas homogéneas, las cuales se espacializan para cada uno de los tramos de la Figura 311 a la Figura 326:

- Zona Homogénea 1 (ZH1). Corresponde a zonas con coberturas de la tierra en bosque, donde los servicios ecosistémicos están asociados al recurso bosque, soporte y regulación principalmente; geomorfológicamente la corriente corresponde a un cauce encañonado, generalmente enmarcados en gran parte por laderas de altas pendientes, que hace que se presente un predominio del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica.
- Zona Homogénea 2 (ZH2). Corresponde a zonas con coberturas de la tierra en guadua, donde los servicios ecosistémicos están asociados a este tipo de cobertura, regulación y suministro de productos maderables; geomorfológicamente la corriente corresponde a un cauce encañonado, generalmente enmarcados en gran parte por laderas de altas pendientes, que hace que se presente un predominio del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica.
- Zona Homogénea 3 (ZH3). Corresponde a zonas con coberturas de la tierra en pastos y áreas agrícolas heterogéneas, áreas abiertas, sin o con poca vegetación, donde los

servicios ecosistémicos presentan un alto deterioro por el uso agropecuario del suelo; geomorfológicamente la corriente corresponde a un cauce encañonado, generalmente enmarcados en gran parte por laderas de altas pendientes, que hace que se presente un predominio del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica.

- Zona Homogénea 4 (ZH4). Son zonas donde las coberturas de la tierra corresponde a territorios artificializados (asentamientos urbanos e infraestructura de servicios asociada), localizadas en su mayoría en el suelo urbano, donde los servicios ecosistémicos se han desaparecido por el crecimiento urbano; geomorfológicamente la corriente corresponde a un cauce encañonado, generalmente enmarcados en gran parte por laderas de altas pendientes, que hace que se presente un predominio del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica.

- Zona Homogénea 5 (ZH5). Corresponde a zonas con coberturas de la tierra en bosque, donde los servicios ecosistémicos están asociados al recurso bosque, soporte y regulación principalmente; geomorfológicamente corresponde a cauces donde se combina llanuras aluviales amplias con tramos encañonados. Se presente tramos donde predomina del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica y otros, donde los componentes geomorfológico e hidrológico son los dominantes. Los servicios ecosistémicos se ven amenazados principalmente por el crecimiento urbano, ya que una parte importante de estos tramos se localizan en suelo urbano.

- Zona Homogénea 6 (ZH6). Corresponde a zonas con coberturas de la tierra guadua, donde los servicios ecosistémicos están asociados a esta cobertura, regulación y suministro de productos maderables, principalmente; geomorfológicamente corresponde a cauces donde se combina llanuras aluviales amplias con tramos encañonados. Esto hace que se presente tramos donde predomina del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica y otros, donde los componentes geomorfológico e hidrológico son los dominantes.

- Zona Homogénea 7 (ZH7). Zonas con coberturas de la tierra en pastos y áreas agrícolas heterogéneas, áreas abiertas, sin o con poca vegetación, donde los servicios ecosistémicos de regulación y soporte presentan una tendencia al deterioro por el uso agropecuario. Geomorfológicamente corresponde a cauces donde se combina llanuras aluviales amplias con tramos encañonados. Esto hace que se presente tramos donde predomina del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica y otros, donde los componentes geomorfológico e hidrológico son los dominantes.

- Zona Homogénea 8 (ZH8). Son zonas donde las coberturas de la tierra corresponden a territorios artificializados (asentamientos urbanos e infraestructura de servicios

asociada), localizadas en su mayoría en el suelo urbano. Geomorfológicamente corresponde a cauces donde se combina llanuras aluviales amplias con tramos encañonados. Esto hace que se presente tramos donde predomina del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica y otros, donde los componentes geomorfológico e hidrológico son los dominantes. También es característico de estos tramos las intervenciones antrópicas realizadas sobre sus cauces, como coberturas, canalizaciones

- Zona Homogénea 9 (ZH9). Corresponde a zonas con coberturas de la tierra en bosque, donde los servicios ecosistémicos están asociados al recurso bosque, soporte y regulación principalmente; con cauces enmarcados en relieves relativos bajos. Se presente un predominio del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica. Los servicios ecosistémicos se ven amenazados por el avance de la frontera agropecuaria y el incremento de parcelaciones en los corredores suburbanos.
- Zona Homogénea 10 (ZH10). Áreas con coberturas de la tierra en guadua, donde los servicios ecosistémicos están asociados a esta cobertura, soporte y regulación principalmente; con cauces enmarcados en relieves relativos bajos. Se presente un predominio del componente ecosistémico en la definición de la ronda hídrica.
- Zona Homogénea 11 (ZH11). Zonas con coberturas de la tierra en pastos y áreas agrícolas heterogéneas, áreas abiertas, sin o con poca vegetación, donde los servicios ecosistémicos de regulación y soporte presentan una tendencia al deterioro por el uso pecuario extensivo y cultivos intensivos. Geomorfológicamente se caracteriza por cauces enmarcados en relieves relativos bajos.
- Zona Homogénea 12 (ZH12). Zonas urbanizadas donde los servicios ecosistémicos de regulación y soporte presentan una tendencia al deterioro por el proceso de desarrollo urbano y parcelaciones. Geomorfológicamente se caracteriza por cauces enmarcados en relieves relativos bajos.

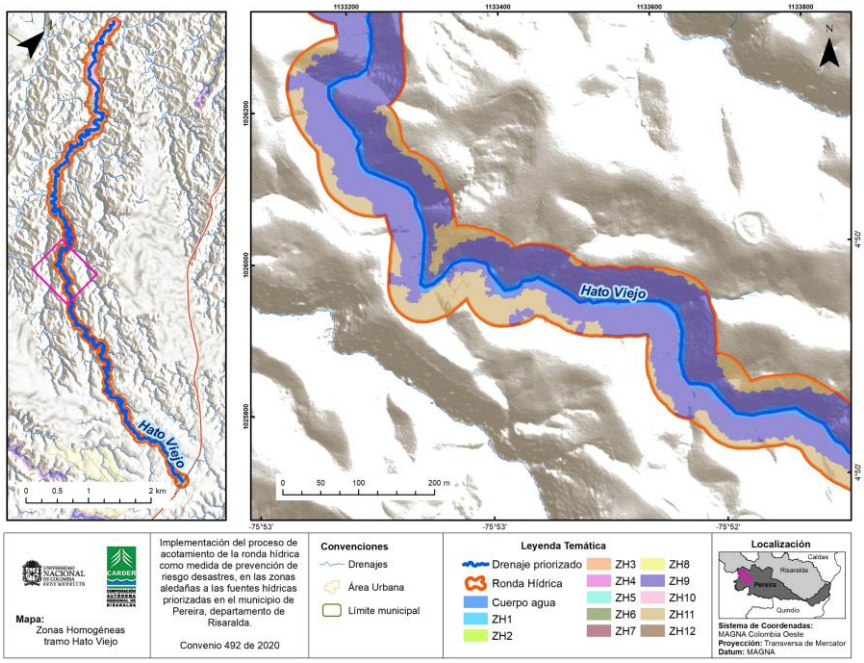


Figura 311. Zonas homogéneas de la quebrada Hato Viejo

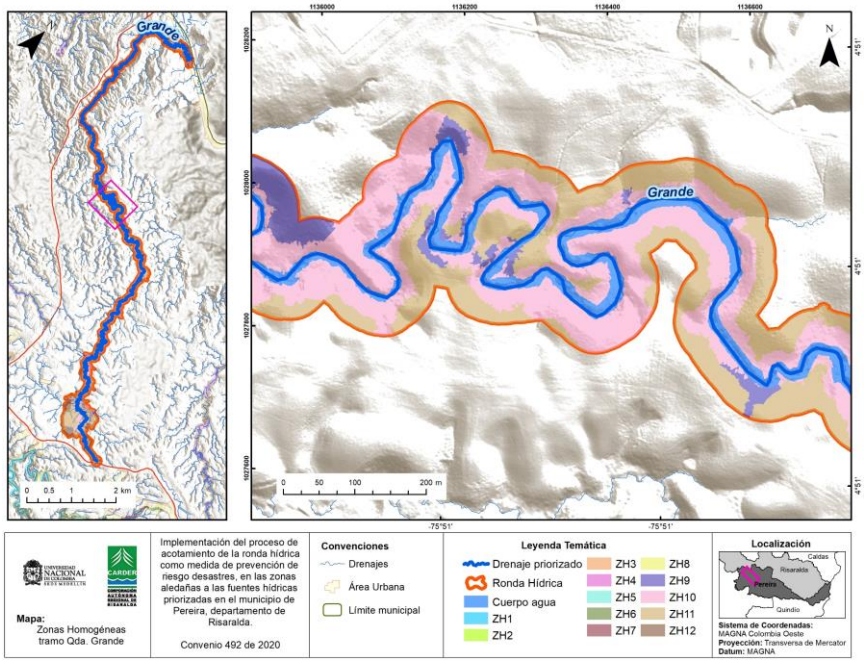


Figura 312. Zonas homogéneas de la quebrada Grande

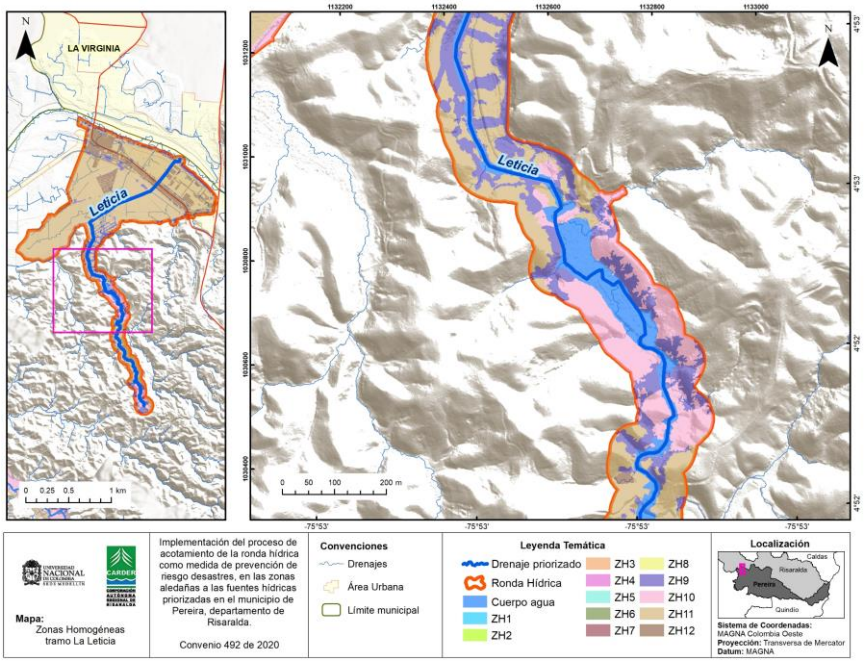


Figura 313. Zonas homogéneas de la quebrada La Leticia (sector Caimalito)

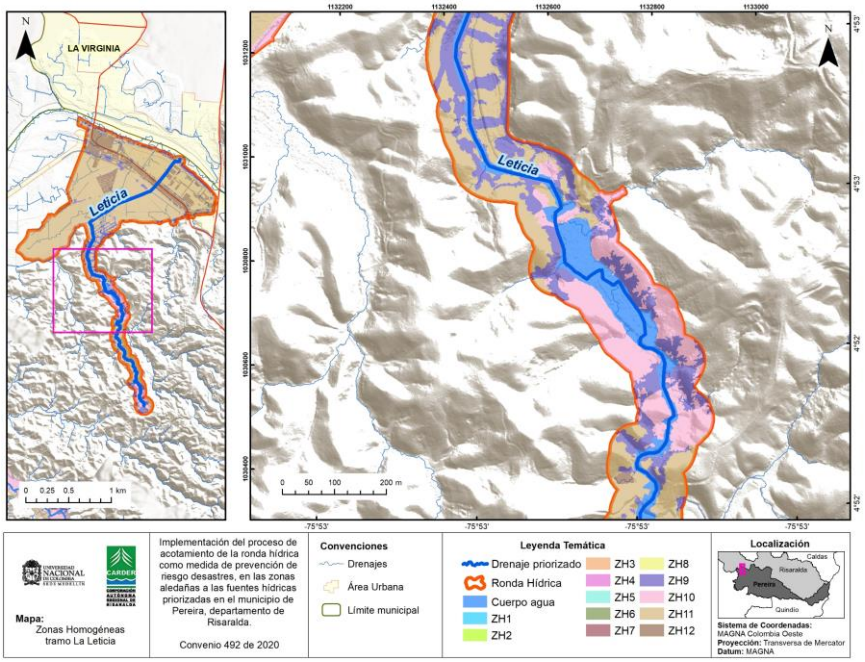


Figura 314. Zonas homogéneas de la quebrada El Caucho

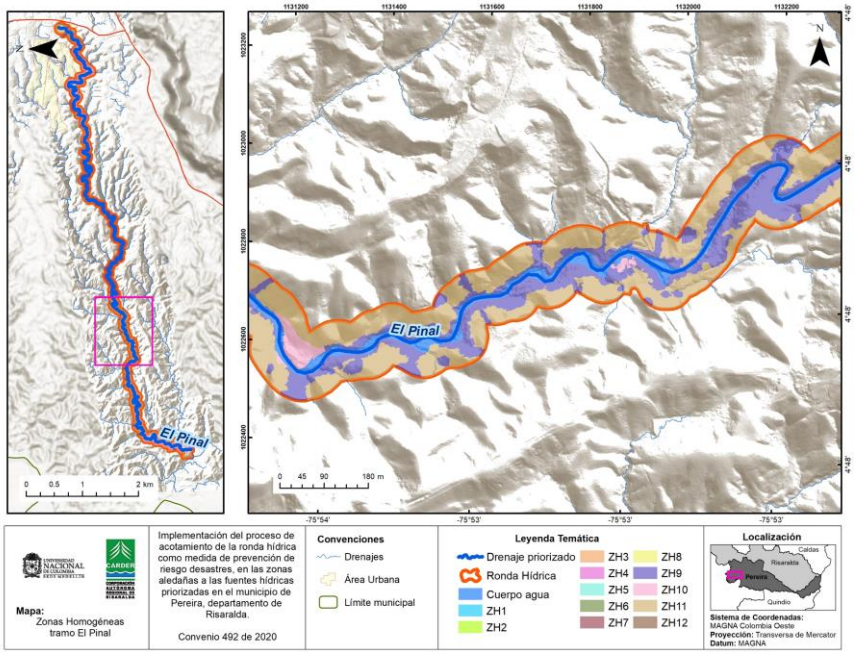


Figura 315. Zonas homogéneas de la quebrada El Piñal (cuenca alta)

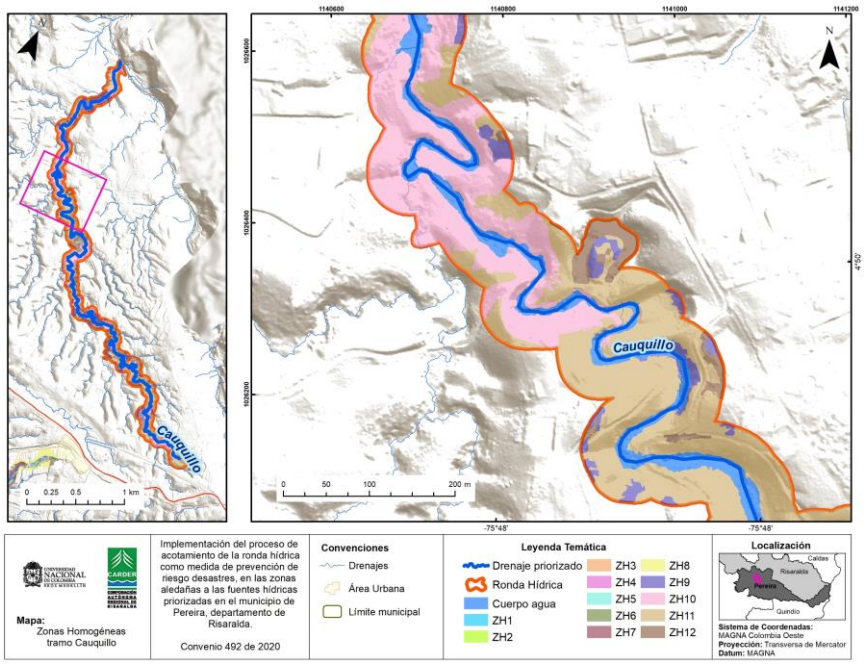


Figura 316. Zonas homogéneas de la quebrada Cauquillo

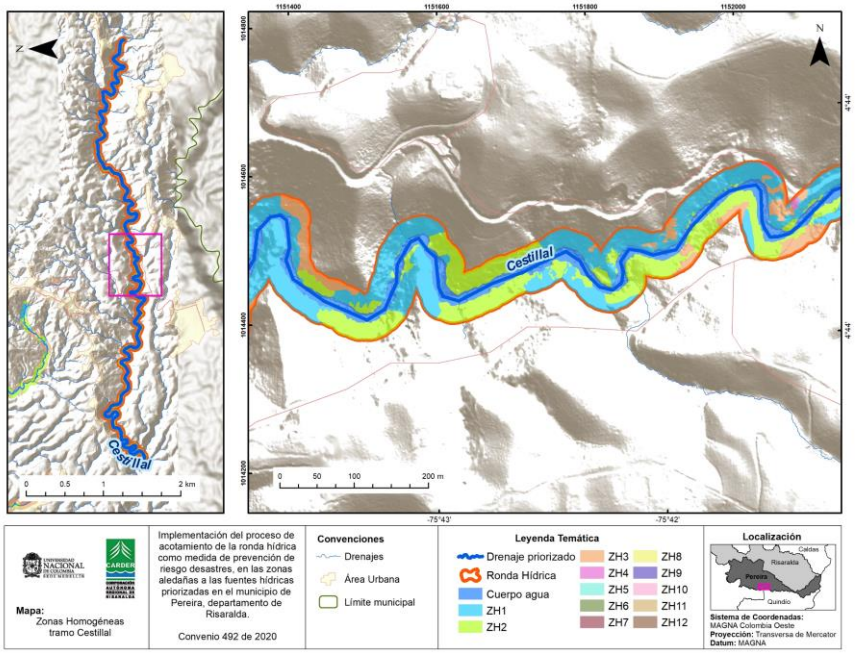


Figura 317. Zonas homogéneas del río Cestillal

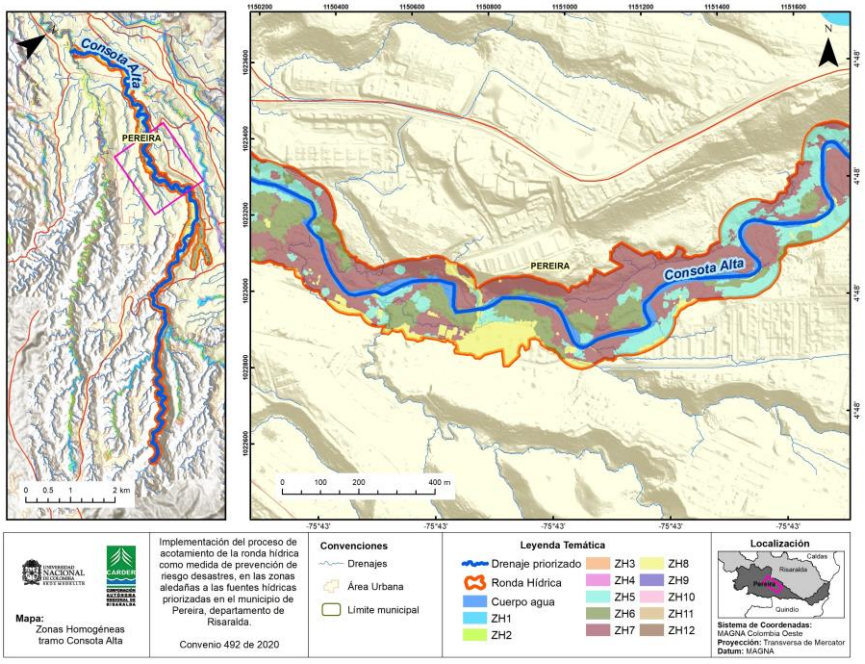


Figura 318. Zonas homogéneas del río Consotá (parte alta)

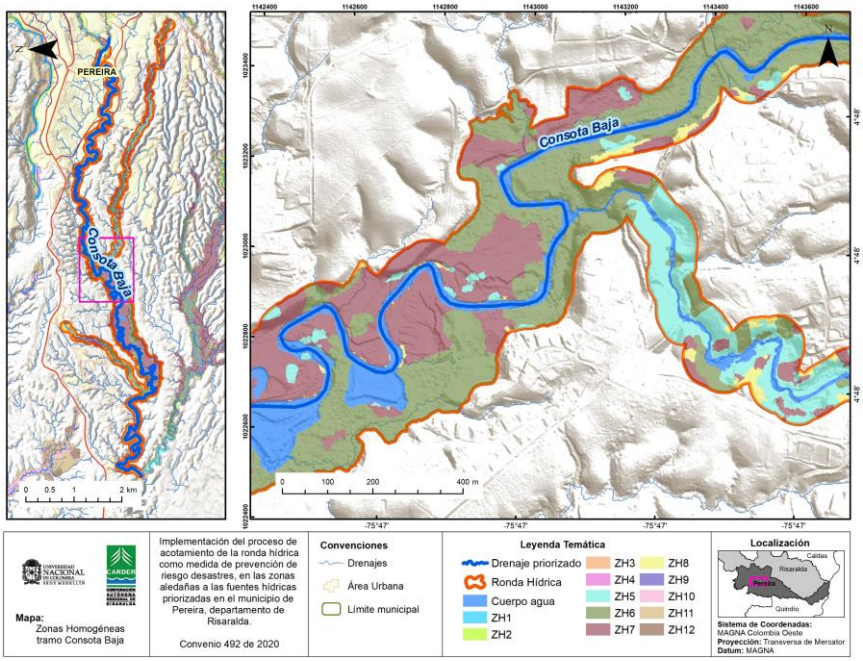


Figura 319. Zonas homogéneas del río Consotá (parte baja)

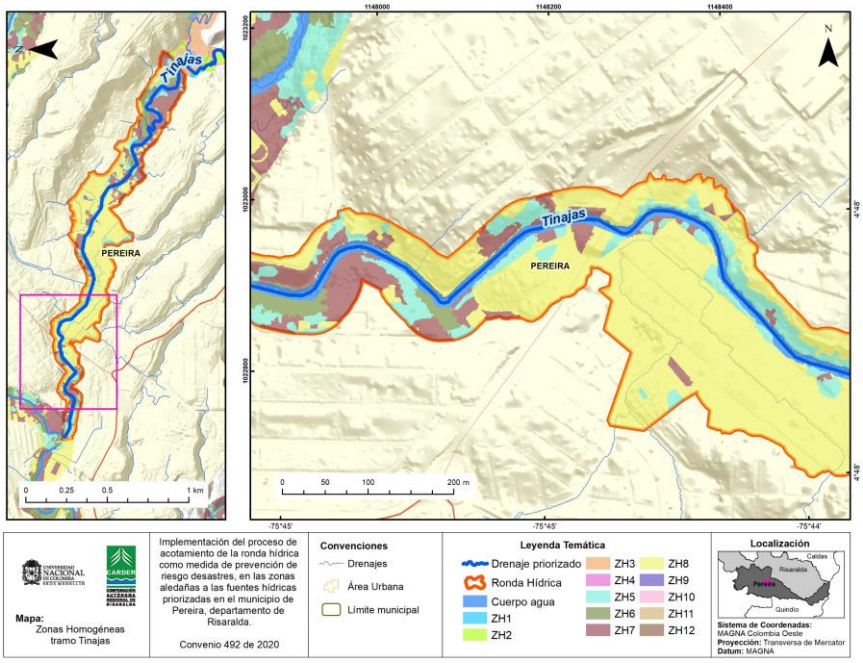


Figura 320. Zonas homogéneas de la quebrada Tinajas

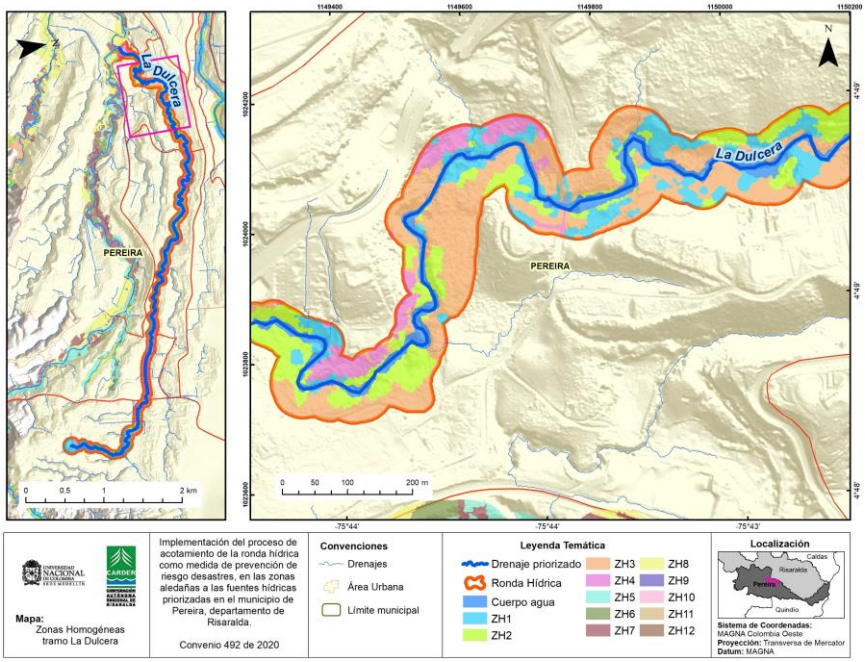


Figura 321. Zonas homogéneas de la quebrada La Dulcera

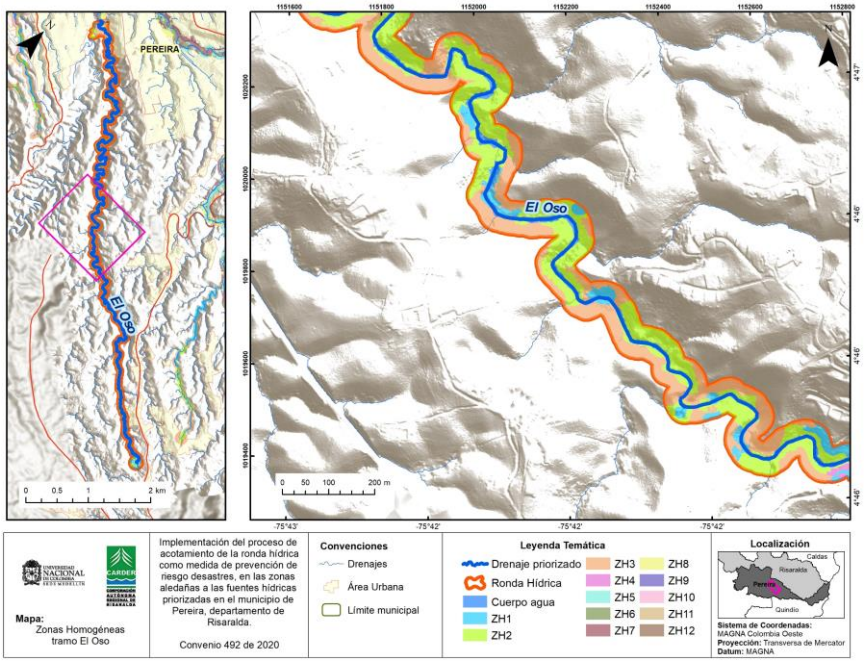


Figura 322. Zonas homogéneas de la quebrada El Oso

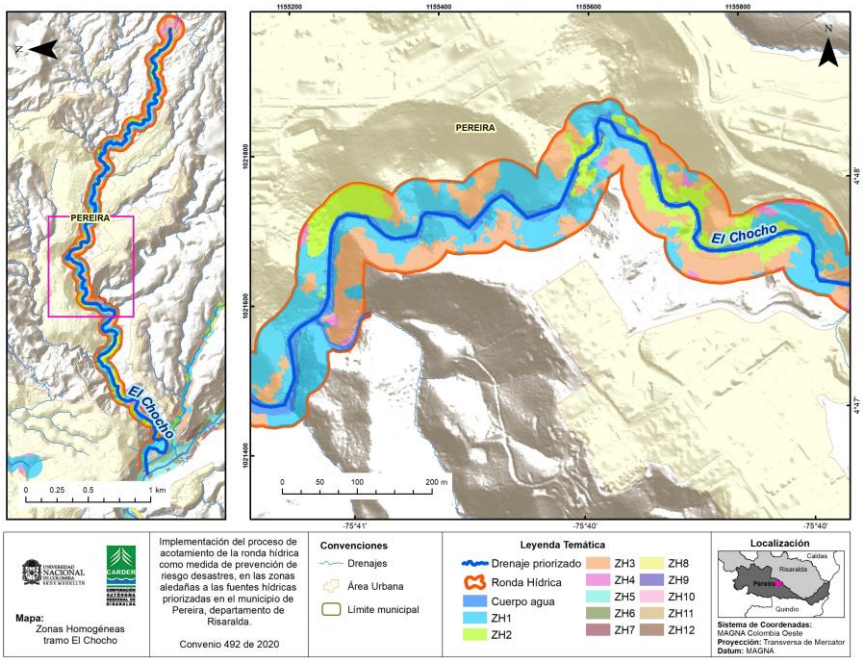


Figura 323. Zonas homogéneas de la quebrada El Chocho

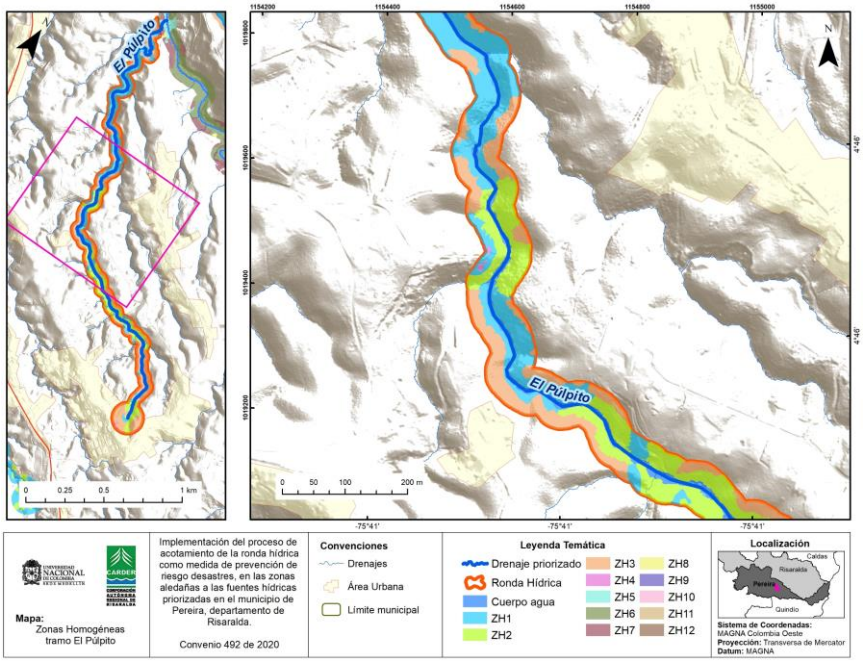


Figura 324. Zonas homogéneas de la quebrada El Púlpito

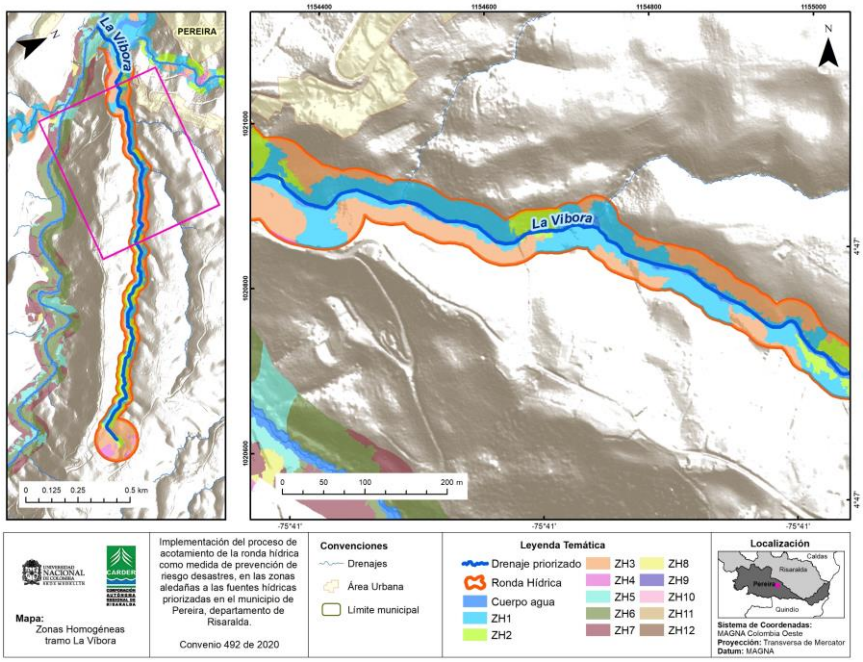


Figura 325. Zonas homogéneas de la quebrada La Víbora

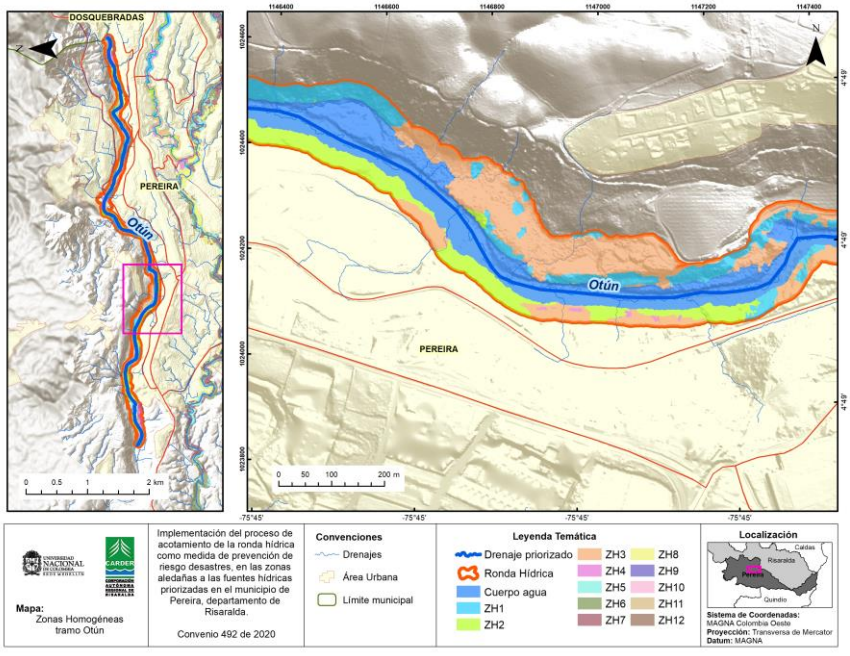


Figura 326. Zonas homogéneas del río Otún

6.4.2 Estrategias de Manejo Ambiental

Una vez se establecieron las zonas de homogéneas, se definieron las estrategias de manejo ambiental en términos de las unidades de manejo propuestas por la Guía Técnica: preservación, restauración y uso sostenible, siguiendo la metodología descrita en el numeral 2.3.2.3. En el contexto de las rondas hídricas, el uso sostenible hace referencia a "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" (Minambiente, 2018), lo cual aplica tanto al suelo urbano como al rural.

El primer elemento de la ronda hídrica será el más restrictivo desde el punto de vista de la ocupación antrópica, ya que es la zona que se inunda periódicamente y en la que está la vegetación de ribera por lo que la estrategia fundamental será la de preservación, y cuando aplique la de restauración. En los casos particulares de ríos de montaña, donde la estabilidad geotécnica sea un factor detonante de riesgos en personas, bienes y servicios ya expuestos y susceptibles de ser dañados por la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa, tales tramos deben incluirse dentro del primer elemento. En el segundo elemento constituyente los condicionamientos dependerán de los atributos de funcionalidad de los tres (3) componentes que dan el soporte para la delimitación física de la ronda hídrica, y en general los condicionamientos serán menos restrictivos que el primer elemento por lo que la estrategia de manejo será fundamentalmente de uso sostenibles (Minambiente, 2018).

En general, para la definición de las estrategias de manejo ambiental se aplicaron los siguientes criterios:

- La estrategia de manejo ambiental de preservación en el suelo rural se aplica aquellas áreas con coberturas de bosque que se localiza dentro de la ronda hídrica (tanto en la faja paralela como la en el área de protección o conservación aferente). Igualmente, la estrategia de manejo ambiental de preservación se propone por fuera de la faja paralela con el fin de mantener la funcionalidad ecosistémica de la ronda hídrica y con ello, la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a estas coberturas, y frenar la deforestación.
- La estrategia de restauración en el suelo rural se aplica para las áreas incluidas en el componente ecosistémico, tanto dentro de la faja paralela como del área de protección o conservación aferente, que presentan coberturas de la tierra diferentes a la de bosque. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que

comprende esta faja. Se propone en el componente ecosistémico con el objetivo de recuperar la funcionalidad de los bosques de ribera y con ello, los servicios ecosistémicos asociados al mismo. Esto también contribuye a evitar la ocupación del componente hidrológico por el desarrollo urbano debido al crecimiento de los corredores suburbanos, parcelaciones, urbanizaciones e infraestructura de servicios que se presenta en algunos de los tramos en estudio. Es también una medida preventiva ante posibles situaciones de riesgo de amenaza por inundación.

- En la ronda hídrica de los nacimientos de cuerpos de agua, las estrategias de manejo ambiental corresponden a preservación en las áreas con coberturas de bosque y restauración en el resto de la ronda hídrica. Esto se aplica tanto en el suelo rural como en el urbano y de expansión urbana.
- En los suelos urbanos y de expansión urbana la estrategia de manejo ambiental de preservación se define para aquellas áreas que aún conservan coberturas de la tierra de bosque y que se localizan dentro de la faja paralela; las de restauración para el resto de las coberturas excepto en áreas urbanas consolidadas (viviendas, construcciones e infraestructura asociada al desarrollo urbano). Si estas áreas urbanas se encuentran dentro del polígono del componente hidrológico y el estudio de detalle de riesgo a amenaza por inundación define que deben ser reubicadas, serán incluidas dentro de la estrategia de restauración. En área de protección o conservación aferente se establece la estrategia ambiental de uso sostenible.
- En los suelos urbanos, donde la ronda hídrica ya está ocupada con asentamientos urbanos consolidados no se incluye las estrategias de preservación y restauración, por ser hechos cumplidos que difícilmente permiten la recuperación de estas áreas, quedando toda la ronda hídrica en uso sostenible. En estos casos, cuando los asentamientos urbanos se localizan dentro del componente hidrológico se recomienda realizar estudios detallados que permitan determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes. Lo anterior, siguiendo lo establecido en el Decreto 1807 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Dentro de las medidas de manejo que resulte del estudio detallado, en caso de que se encuentren en zonas de riesgo no mitigable, se podrán incluir la estrategia ambiental de restauración dentro del componente hidrológico de la ronda hídrica si éste es mayor que la faja paralela, en caso contrario en la faja paralela. Con lo anterior se busca recuperar la funcionalidad de la ronda hídrica en lo que respecta al transporte de agua y sedimentos.

- La estrategia de manejo ambiental de uso sostenible, en el suelo rural, se define para las áreas con coberturas diferentes al bosque, que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico o faja paralela, cuando está es mayor que el componente ecosistémico, y dentro del área de protección o conservación aferente. En el suelo urbano y de expansión, corresponde a las zonas localizadas por fuera de la faja paralela y al interior de la ronda hídrica, es decir, en el área de protección o conservación aferente.

Adicionalmente, se proponen medidas o acciones para el logro de las estrategias de manejo ambiental definidas para cada uno de los tramos en estudio. Se asumen las medidas de manejo como líneas de acción y gestión generales para alcanzar el objetivo de conservación de la funcionalidad de los cuerpos de agua priorizados y sus servicios ecosistémicos. Estas medidas de manejo se formularon teniendo en cuanta el carácter de norma de mayor jerarquía que tiene la ronda hídrica y las estrategias de manejo ambiental asociadas a la misma.

El límite físico de la ronda hídrica y las estrategias de manejo se convierten en normas de mayor jerarquía según el Decreto 2245 de 2017, que se adiciona al 1076 de 2015, y que la define como un determinante ambiental en los términos que lo establece la Ley 388 de 1997 en su artículo 10. Por esta razón, una vez adoptada la ronda hídrica por parte de la CARDER a través de un acto administrativo, esta deberá ser incluida en ordenamiento territorial del municipio de Pereira. Igualmente, el artículo 2.2.2.2.1.3 del Decreto 1077 de 2015 (Decreto 3600 de 2007), define la ronda hídrica como un determinante ambiental por ser áreas de especial importancia ecosistémica. En conclusión, la ronda hídrica está incluida en normas ambientales de obligatorio cumplimiento, que deberá hacer parte del ordenamiento ambiental del territorio, el cual es una responsabilidad de Corporaciones Autónomas Regionales (artículo 7, Ley 99 de 1993) y del ordenamiento territorial municipal, cuya responsabilidad recae sobre los municipios, es así que la Ley 388 de 1997, en su artículo 1, establece los mecanismos que le permiten a los municipios, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, y la preservación y defensa del patrimonio ecológico localizado en su jurisdicción. Adicionalmente, las determinantes ambientales son el puente de conexión entre el ordenamiento ambiental del territorio y el ordenamiento territorial municipal (Minambiente, 2020). Bajo este soporte normativo se definen medidas de manejo que están bajo de la responsabilidad de la CARDER y del municipio de Pereira.

A continuación, se describen de forma general las medidas de manejo propuestas para el logro de las estrategias manejo ambiental definidas en cada tramo priorizado. De la Tabla 81 a la Tabla 94, las medidas que aplican a cada tramo en estudio. Estas medidas de manejo recogen las propuestas realizadas en los espacios de participación, la discusión técnica al interior del equipo técnico de la Universidad Nacional de Colombia a cargo de este estudio y los aportes de los funcionarios de la CARDER:

6.4.2.1 Medidas de manejo generales:

- Adoptar la ronda hídrica de los tramos priorizados y sus estrategias de manejo a través de un acto administrativo (resolución o acuerdo), que facilite su inclusión en el ordenamiento territorial, lo cual a su vez condiciona el régimen de usos que sea definido por la entidad territorial en su POT.
- Articular los diferentes instrumentos normativos. La Corporación deberá analizar, actualizar y articular los acuerdos y resoluciones internas que se relacionan directa o indirectamente y que coinciden con el mismo espacio de la ronda hídrica (Resolución 061 de 2007, Resolución 944 de 2008, Acuerdo número 028 de 2011, Acuerdo 020 de 2013, Resolución 1723 de diciembre de 2017 y demás que apliquen), con la nueva normatividad nacional que reglamenta la ronda hídrica (Ley 1450 de 2011, Decreto 2245 de diciembre de 2017 y Resolución 0957 de 2018) y los resultados obtenidos en el presente estudio.

  En este mismo sentido, se deberá realizar la articulación de las diferentes normas del orden nacional que coinciden en el mismo espacio geográfico paralelo a los cauces, es decir: el Decreto 1449 de 1977 compilado en el Decreto 1076 de 2015 sobre la faja forestal protectora no menos de 30 m y la normatividad de Rondas hídricas (Decreto-Ley 2811 de 1974, Ley 1450 de 2011, Decretos 2245 de 2017 y Resolución 957 de 20018).
- Acompañar al municipio de Pereira en la articulación de la ronda hídrica con su POT, en su inclusión como determinante ambiental en los términos que se establece en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997. La ronda hídrica, según Minambiente (2020), corresponde a los determinantes del medio natural al hacer parte de las áreas de especial importancia ecosistémica y ecosistemas estratégicos. La CARDER deberá concertar con el municipio, los condicionamientos en el régimen de usos de usos y normas urbanísticas que se incluirá en el POT, derivados de la definición de la ronda hídrica como determinante ambiental y teniendo en cuenta sus estrategias de manejo ambiental.

- En zonas de amenaza por inundación determinadas por la mancha de inundación de los caudales correspondientes a los periodos de retorno de 100 años para los suelos urbanos y de 15 años para los rurales, se deberá evitar la construcción de obras de protección y en caso de que se realicen estas deben quedar por fuera del límite físico de la ronda hídrica. Esta medida también se propone para las zonas de meandros, activos y abandonados, que presentan algunos de los tramos priorizados, los cuales no deberán ser intervenidos.
- Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. Para ello, las obras hidráulicas que se diseñen deben evacuar con holgura el agua y los sedimentos que produce la cuenca para Tr= 100 años y teniendo en cuenta aumento sedimentos, expectativas cambios climático y cambios uso suelo.
- En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa.
- En los procesos de ocupación de la ronda hídrica que se desarrollen en el futuro, en suelo urbano, de expansión urbano y rural, se deberán tener en cuenta los criterios planteados en el Anexo III de la Guía Técnica de criterios para el acotamiento de la ronda hídrica en Colombia expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo en 2018.

6.4.2.2 Medidas para la estrategia de manejo ambiental preservación:

- Mantener la cobertura de vegetación existente.

6.4.2.3 Medidas para la estrategia de manejo ambiental restauración:

- Restauración ecológica. Se deberá definir el tipo de intervención y su ejecución siguiendo las directrices definidas en el Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas (Minambiente, 2015). La restauración tiene tres objetivos: restauración, rehabilitación y recuperación. Cualquiera de los tres objetivos que se apliquen tiene un alto componente participativo y además se deberá establecer un proceso de concertación con los dueños de los predios en los cuales se hará la restauración. La concertación y el estado actual de las áreas a restaurar permitirá la definición de la estrategia de restauración. Por ello, aunque se recomienda de manera general usar las estrategias de “establecimiento de franja protectora de cuerpos de agua y restauración espontanea”, propuesta en el Plan en mención, no se define en cada tramo priorizado la estrategia a seguir, ya que dependerá

de las condiciones del mismo. Entre los tratamientos que se podrán implementar están: plantaciones protectoras con especies nativas, aislamientos, herramientas de manejo del paisaje, enriquecimiento de bosques, restauración espontánea y obras de bioingeniería. Con respecto a los bosques de guadua se propone prácticas silviculturales que incluye: regeneración natural y prácticas de protección y recuperación.

- En las áreas rurales que están urbanizadas (centros poblados, condominios, urbanizaciones y parcelaciones) dentro del componente ecosistémico, como medida de transitoriedad no se permitirá el otorgamiento de licencias urbanísticas de ampliación, construcción nueva o modificación de las edificaciones existentes, hasta tanto se realice el proceso de recuperación de la ronda hídrica.
- En los suelos urbanos y de expansión urbana, donde aún no se presentan desarrollos urbanos consolidados, deberá conformarse o restaurarse la faja paralela a través de corredores biológicos para favorecer la movilidad de la fauna y mantener y/o recuperar la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos asociados a estas coberturas naturales o seminaturales (polución, captura carbono, sombra, hábitat de fauna y flora, movilidad de la fauna, refugio de fauna, comida para la fauna y espacios de recreación y esparcimiento). Estos corredores con vegetación natural o seminatural deberán incluirse como un elemento constitutivo natural del espacio público según lo definido en el artículo 5 del Decreto Nacional 1504 de 1998 y como parte de la estructura ecológica urbana. Es decir que la restauración se deberá enfocar en la recuperación de corredores verdes que garanticen la funcionalidad de la corriente de transportar agua y sedimentos, reducir el riesgo por inundación, la conectividad biológica entre diferentes tramos de la ronda hídrica y recuperar los servicios ecosistémicos que estas coberturas boscosas ofertan dentro el suelo urbano.

6.4.2.4 Medidas para la estrategia de manejo ambiental uso sostenible:

Si bien la estrategia de manejo ambiental de uso sostenible permite actividades compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de las rondas hídricas en todas las clases de suelo, tiene diferente connotación en el suelo rural y en el urbano, incluyendo en este último el de expansión urbana, dado los usos del suelo propios de cada una de estas clases de suelo. Es por ello, que se hace una diferenciación en la definición de las medidas de manejo:

- Medidas de manejo en el suelo rural:

- Promover la inclusión de buenas prácticas para el uso sostenible del suelo en la actividad pecuarias, como son: silvopastoreo, uso de barreras y cercas vivas, pastoreo controlado o rotativo, entre otros. Para estas buenas prácticas pueden implementarse las publicadas en la Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible del suelo en áreas rurales por Fao y Minambiente (2018).
- Promover la inclusión de buenas prácticas para el uso sostenible del suelo en la actividad agrícola, como son: agroforestería, la reducción o no uso de agroquímicos, labranza mínima, uso del suelo según su vocación, uso de abonos verdes, rotación de cultivos, entre otras.
- En la estrategia de uso sostenible también se podrá implementar las siguientes acciones: plantaciones forestales protectoras - productoras, la reconversión de sistemas productivos, áreas para recreación e investigación y aplicación de prácticas de conservación de suelos.
- Condicionar la agricultura comercial de grandes extensiones y monocultivo.
- Prohibir la construcción de viviendas, condominios y parcelaciones al interior de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada. Es competencia de las autoridades ambientales, establecer las normas generales y las densidades máximas a las que se sujetaran los propietarios de vivienda en áreas suburbanas, cerros y montañas, de manera que se protejan el medio ambiente y los recursos naturales, lo cual incluye la ronda hídrica (artículo 2.2.2.2.1.1. del Decreto 1077).
- Educación ambiental a las comunidades aledañas a las corrientes superficiales e implementar la cátedra del agua donde se incluya la importancia de las rondas hídricas en la conservación del recurso hídrico.
- Aprovechamiento forestal persistente de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua, adoptada por la CARDER mediante la Resolución número 944 de 2008.

- Medidas de manejo en el suelo urbano y expansión urbana
  - Los usos propios de los suelos urbanos que no interfieran con la funcionalidad que está insertada en la red de drenaje urbana. Que no limiten el tránsito de agua y sedimentos.
  - Si los suelos de protección propuestos en el POT y planes parciales son mayores a los polígonos de preservación y restauración, asociados a la faja paralela o área de

protección o conservación aferente, se recomienda aplicar estas estrategias a todo el suelo de protección.

- Aprovechamiento forestal persistente de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua, adoptada por la CARDER mediante la Resolución número 944 de 2008.
- En las zonas donde la ronda hídrica está intervenida construir elementos complementarios del espacio público, como jardines, parques con vegetación arbórea, parques lineales, infraestructura verde, entre otros.
- En las áreas que presentan zonas urbanas consolidadas dentro del componente hidrológico se deberá realizar estudios detallados que permitan determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes, y partir de este estudio definir los usos del suelo dentro del el área de protección o conservación aferente. Lo anterior, siguiendo lo establecido en el Decreto 1807 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Esto aplica también al suelo rural con asentamientos urbanos consolidados.
- Continuar con lo establecido en el POT de Pereira, componente general, numeral 6.1.1, en lo referente a las incorporación de Nueva Información para la Zonificación de Amenazas y Riesgos, que define: “Hasta tanto se dispongan de los estudios de detalle que ajusten las zonas de Riesgo Alto por fenómenos de remoción en masa, por inundaciones y por avenidas por torrenciales, a escala 1:2000 para las zonas urbanas y de expansión, 1:5000 para las zonas suburbanas y 1:10000 para las zonas rurales, no se podrán expedir licencias de construcción en estas áreas”, incluyendo las áreas identificadas en el presente estudio como zonas de amenaza por inundación y que no fueron identificadas en el POT de 2016. También incluir la no otorgación de licencias para modificación de las edificaciones existentes. Lo anterior aplica en los suelos urbanos y de expansión urbano con asentamientos humanos consolidados.
- Adicionalmente, se recomienda establecer condicionamientos de usos, densidades, ocupación y edificabilidad en el régimen general de usos y tratamientos que se definan en el POT de Pereira para el suelo urbano y de expansión urbana, localizado dentro del componente hidrológico que queda por fuera de la faja paralela. Lo anterior con el fin de disminuir la presión sobre el recurso hídrico, la ronda hídrica y los servicios ecosistémicos asociados a la misma; al igual que el riesgo por

fenómenos de inundación. Este es un asunto ambiental que deberá ser concertado entre la autoridad ambiental y el municipio de Pereira.

En los ejercicios participativos y recorridos de campo realizados en el marco del presente estudio, se evidenció que uno de los hechos de mayor preocupación entre las personas que habitan las zonas aledaños a los tramos priorizados y/o tienen contacto permanente con los pobladores, son los asentamientos humanos informales, en su gran mayoría con construcciones en las riberas de las corrientes superficiales (zonas de riesgo) que se agudiza con el aumento de residuos sólidos y líquidos y su inadecuado manejo. Se propone como una de las medidas de manejo, el acompañamiento permanente por parte de la CARDER y de la administración municipal para mayor control y seguimiento a dichas construcciones y la reubicación de las familias.

El punto de educación ambiental es considerado por los habitantes de dichos tramos y por las instituciones con participación directa, como un mecanismo que contribuye al conocimiento del territorio, de los mecanismos de participación y al sentido de pertenencia con cada corriente superficial. En cuanto a cómo conservar el agua, se destaca el mal manejo que se le da a los residuos sólidos y líquidos, ocasionado por la falta de educación ambiental y por los asentamientos humanos, y se propone la reforestación como una estrategia propuesta para preservar el agua y las especies. Esta propuesta se recoge en la restauración ecológica y manejo silvicultural de la guadua. Con respecto a la flora y fauna se propone como principal medida la implementación de corredores biológicos.

De la Figura 327 a la Figura 342 se espacializan las estrategias de manejo ambiental y de la Tabla 81 a la Tabla 94 se presentan las estrategias de manejo ambiental con sus respectivas medidas para cada uno de los tramos priorizados.

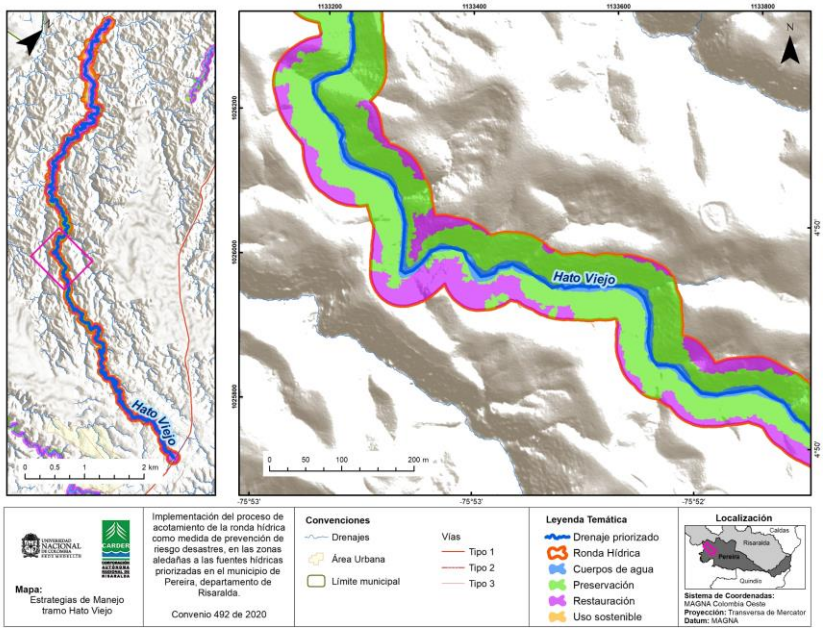


Figura 327. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Hato Viejo

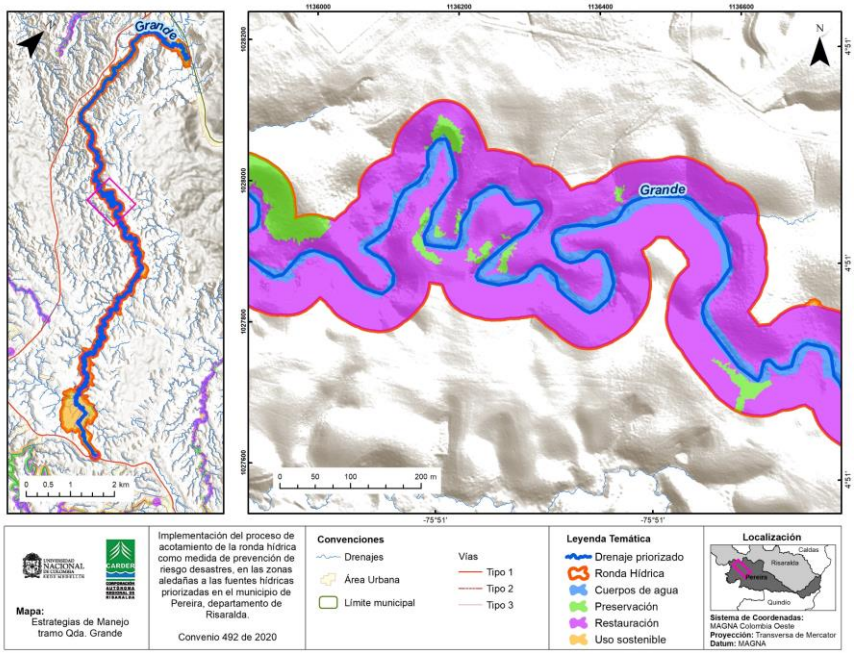


Figura 328. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Grande

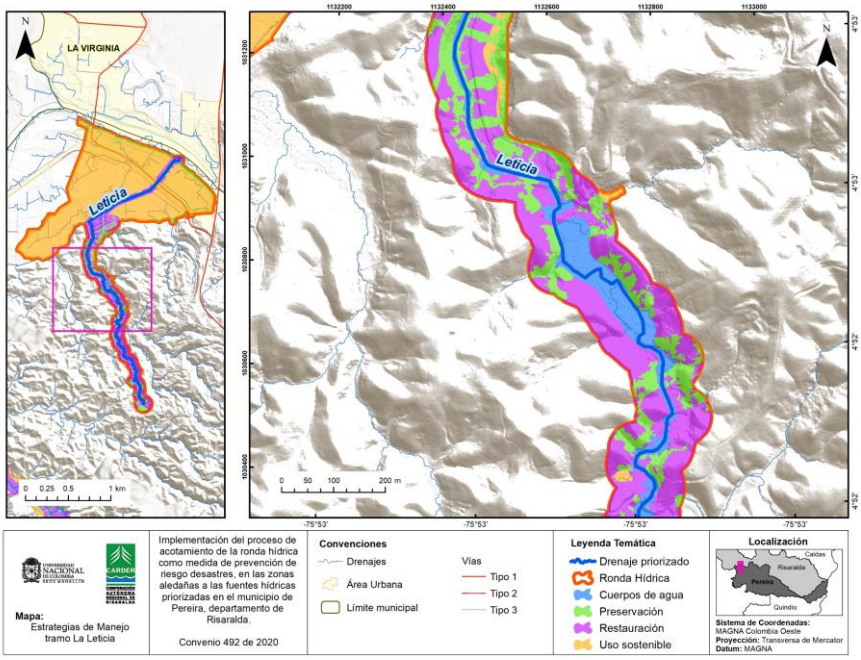


Figura 329. Estrategias de manejo ambiental, quebrada La Leticia (sector Caimalito)

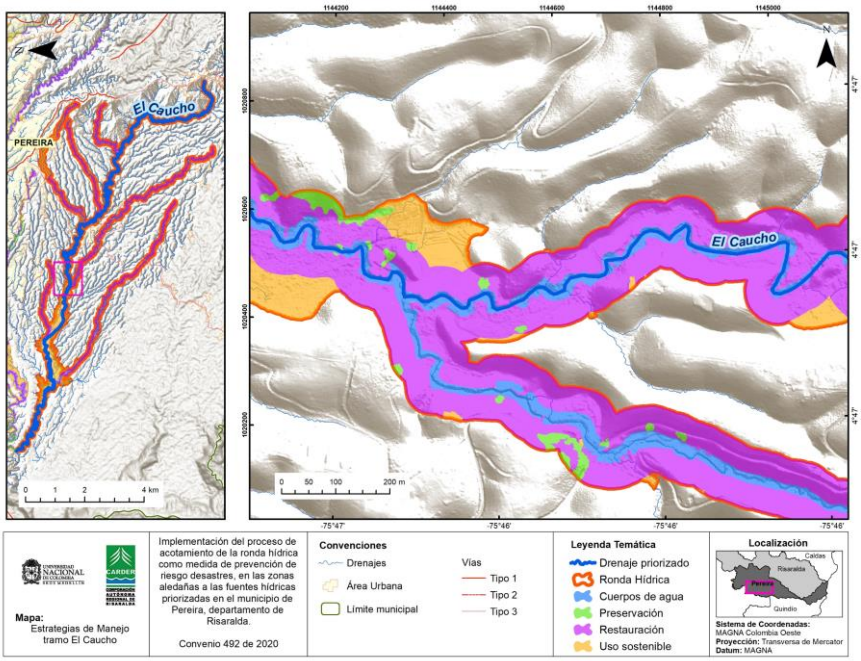


Figura 330. Estrategias de manejo ambiental, quebrada El Caucho

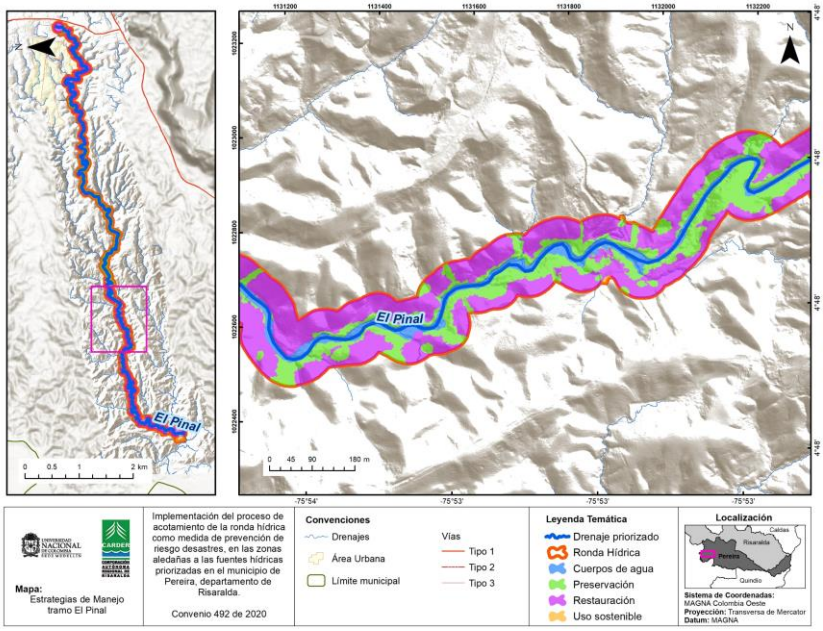


Figura 331. Estrategias de manejo ambiental, quebrada El Piñal

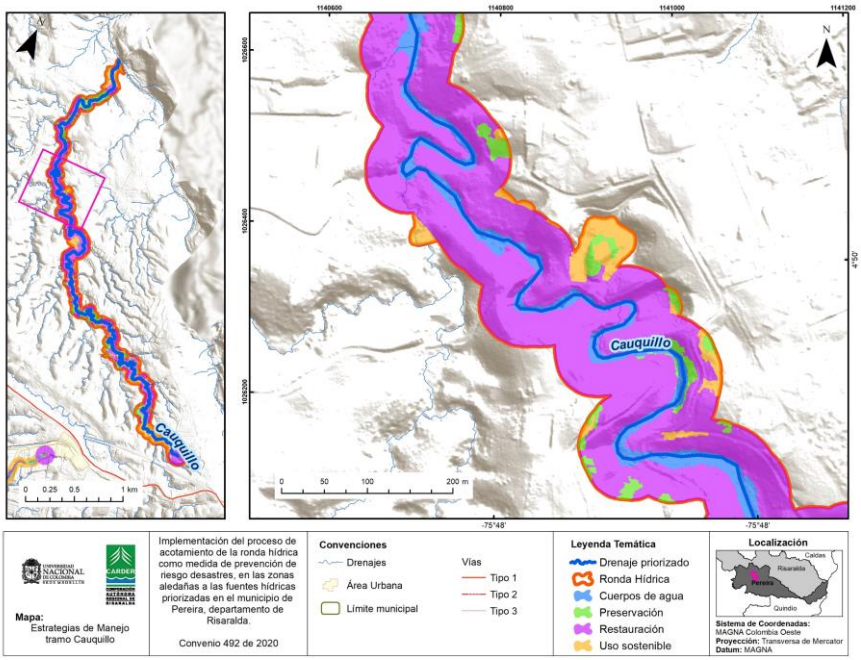


Figura 332. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Cauquillo

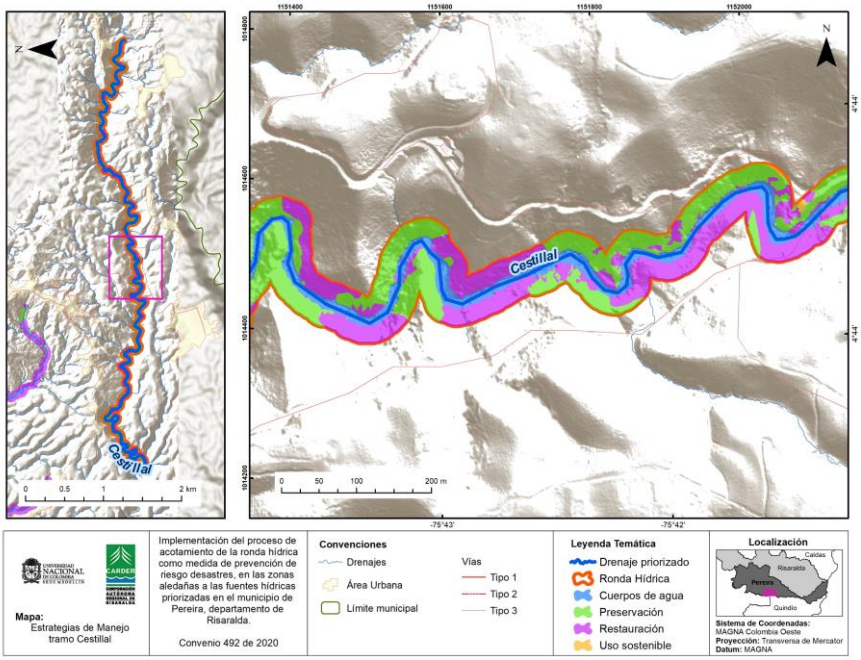


Figura 333. Estrategias de manejo ambiental, río Cestillal

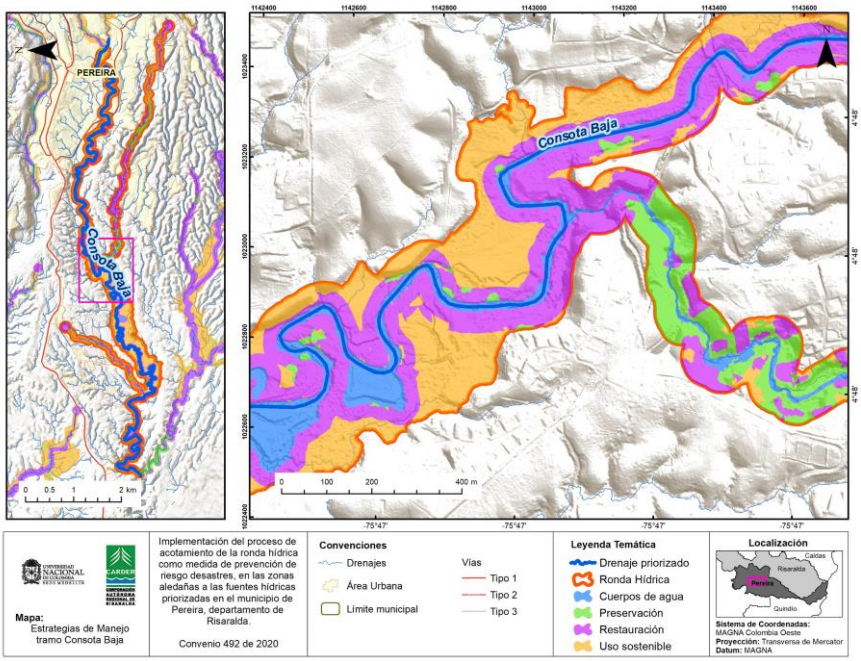


Figura 334. Estrategias de manejo ambiental, río Consotá (cuenca baja)

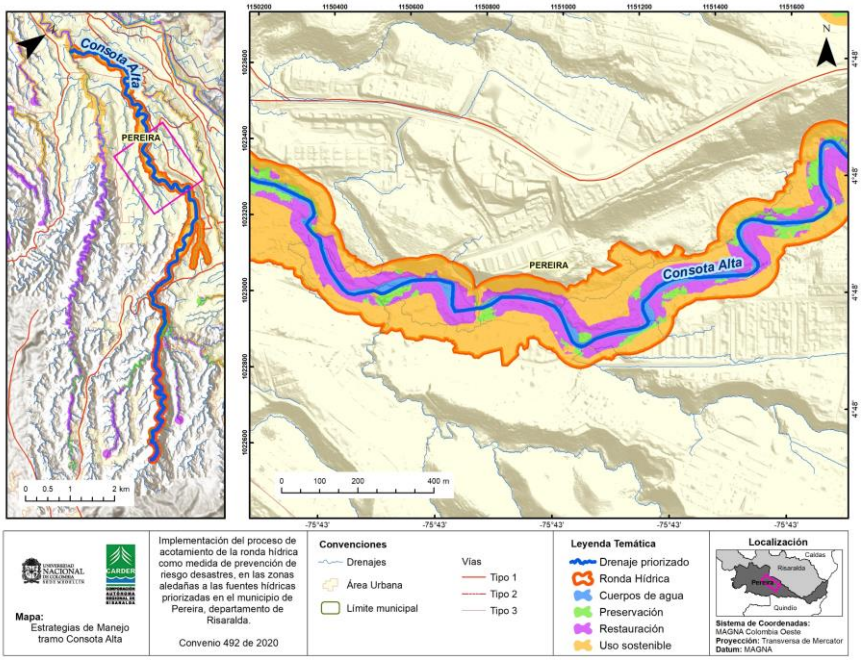


Figura 335. Estrategias de manejo ambiental, río Consotá (cuenca alta)

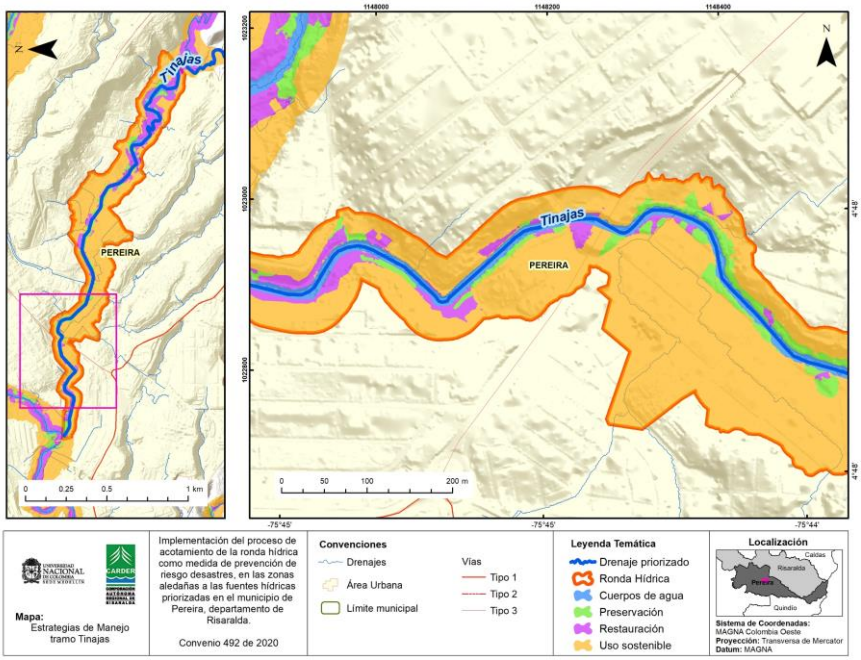


Figura 336. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Tinajas

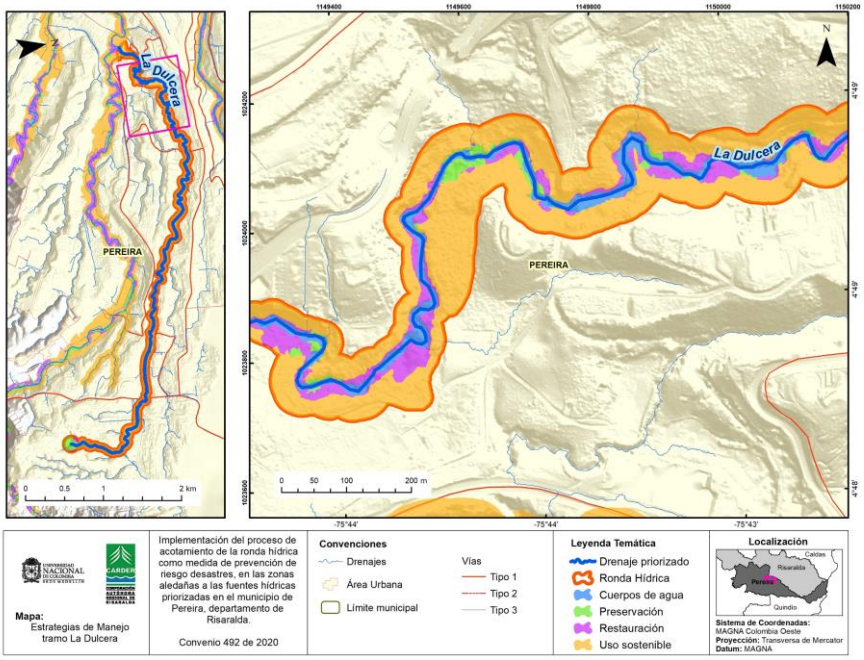


Figura 337. Estrategias de manejo ambiental, quebrada La Dulcera

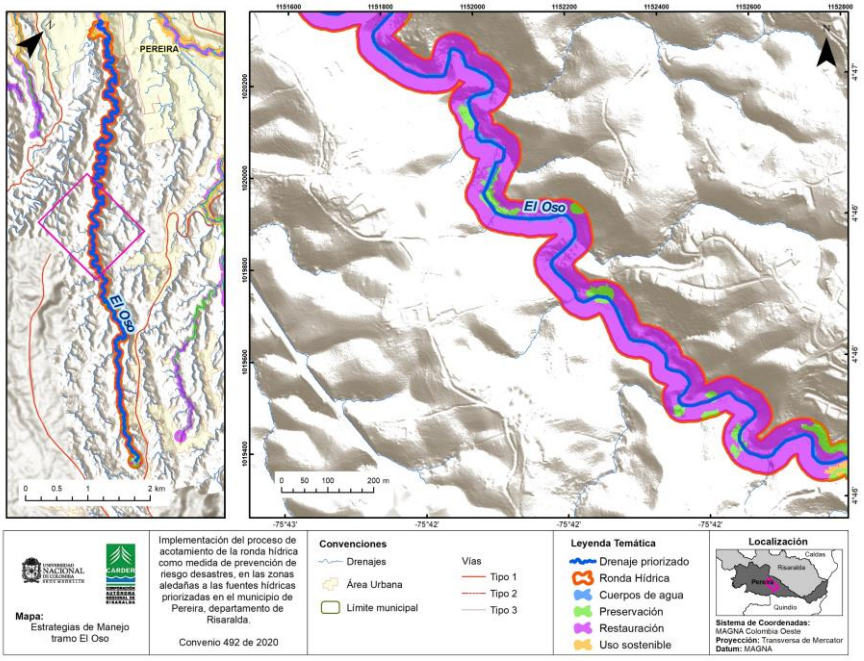


Figura 338. Estrategias de manejo ambiental, quebrada El Oso

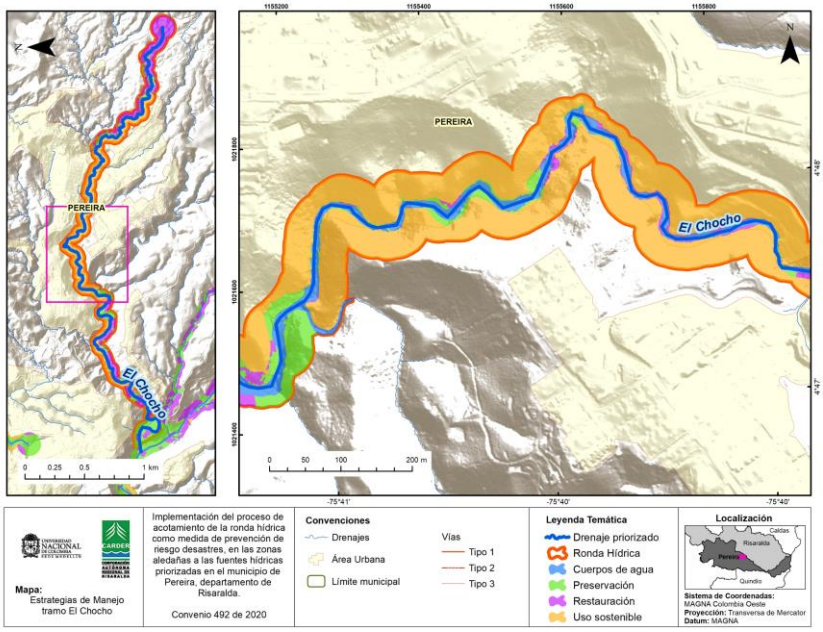


Figura 339. Estrategias de manejo ambiental, quebrada El Chocho

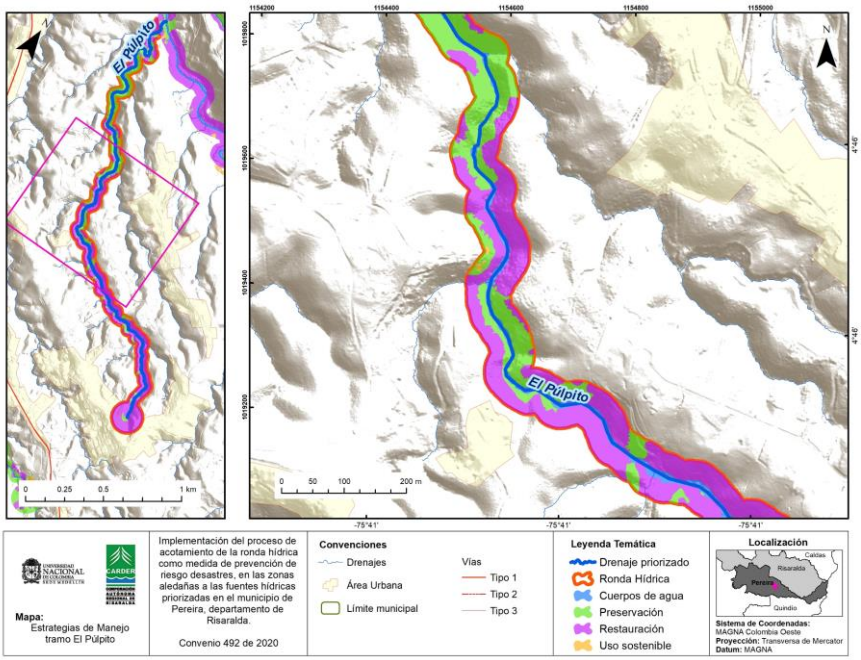


Figura 340. Estrategias de manejo ambiental, quebrada Púlpito

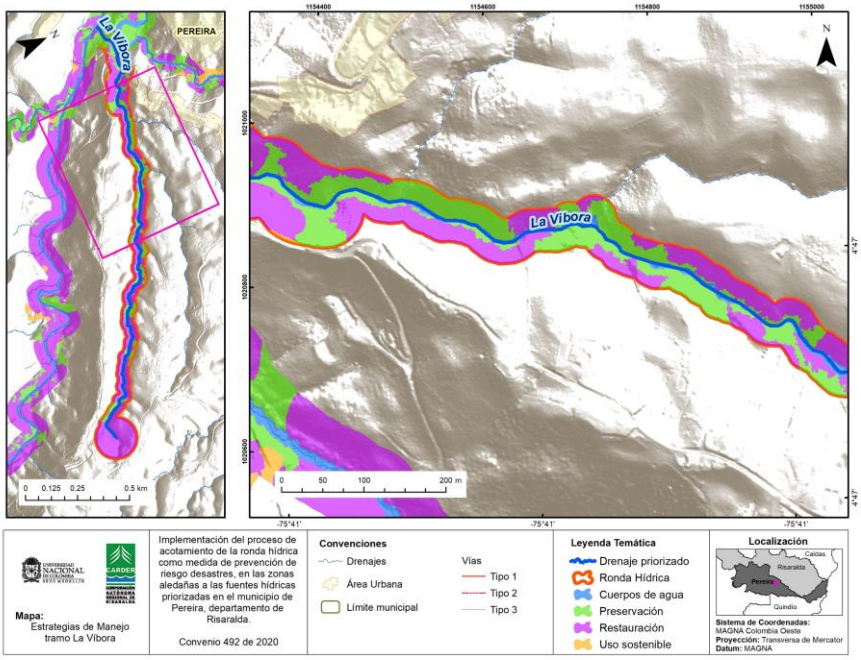


Figura 341. Estrategias de manejo ambiental, quebrada La Víbora

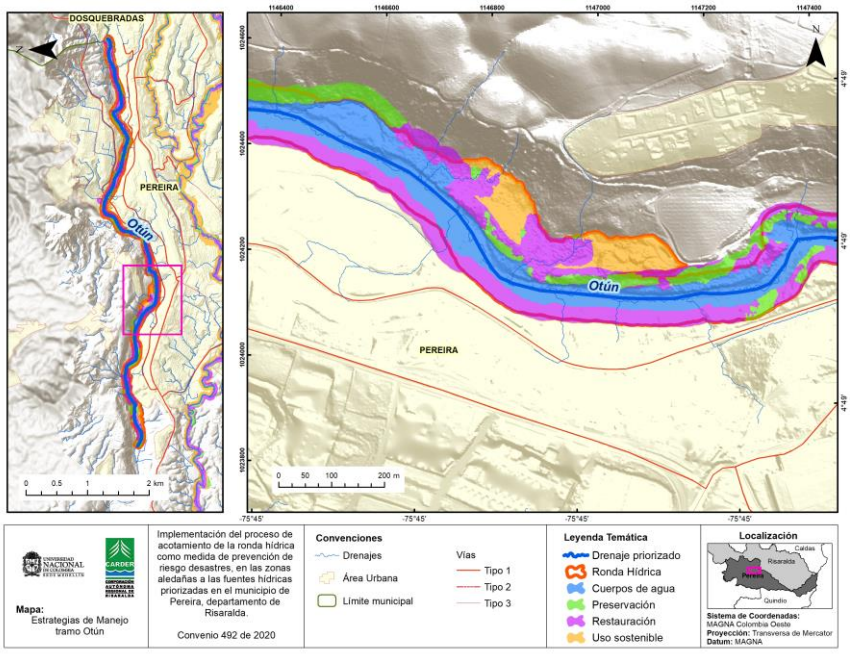


Figura 342. Estrategias de manejo ambiental, río Otún

Tabla 81. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Hato Viejo según la clase de suelo definida en el POT de Pereira 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo ambiental por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Rural	**Rural**	
ZH9	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica (faja paralela y área de protección o conservación aferente) y el retiro a nacimientos.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH10	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	CARDER Dueños de los predios en los cuales se hará la restauración
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica.	Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008). Condicionar la construcción de viviendas y parcelaciones al interior de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada. Condicionar el uso de agroquímicos. Condicionar la agricultura comercial de grandes extensiones y monocultivo.	CARDER Dueños de los predios
ZH11	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	CARDER Dueños de los predios en los cuales se hará la restauración
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica, en ese sentido se propone: Promover la inclusión de buenas prácticas pecuarias. Condicionar la construcción de viviendas y parcelaciones al interior de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada. Condicionar el uso de agroquímicos.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica

Zona Homogénea	Estrategias de manejo ambiental por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Rural	Rural	
		Condicionar la agricultura comercial de grandes extensiones y monocultivo.	

Tabla 82. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Grande según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Expansión urbana	Rural	Expansión urbana	
ZH9	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	Mantener la cobertura de bosque existente.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH10 ZH11	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración**: en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar. Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	Conformar corredores verdes para la conectividad de la biodiversidad.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja	**Uso sostenible:** en las áreas que quedan por fuera del polígono de la faja paralela, pero dentro de la ronda hídrica.	Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER).	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica, por ello intervención de estas zonas se deben tener en	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Expansión urbana	Rural	Expansión urbana	
	paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.		Realizar estudios detallados para la zonificación del riesgo de amenaza por inundación en la parte baja del tramo, donde se localiza el asentamiento de Caimalito y en la parte alta en los corredores suburbanos de Cerritos y Cerritos Galicia, donde se presenta suelo rural y de expansión urbana. Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias Prohibir la construcción de viviendas y parcelaciones al interior del componente hidrológico, al igual que su infraestructura asociada, como medida preventiva de posibles eventos de riesgo. No se permitirá el otorgamiento de licencias urbanísticas de ampliación, construcción nueva o modificación de las edificaciones existentes, hasta tanto se realice el proceso de recuperación de la ronda hídrica Condicionar el uso de agroquímicos. Condicionar la agricultura comercial de grandes extensiones y monocultivo.	cuenta los lineamientos establecidos en el anexo III de la "Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia. Realizar estudios detallados para la zonificación del riesgo de amenaza por inundación en la parte alta del tramo en estudio. Prohibir la construcción de nuevas viviendas y parcelaciones al interior del componente hidrológico, al igual que su infraestructura asociada, como medida preventiva de posibles eventos de riesgo. No se permitirá el otorgamiento de licencias urbanísticas de ampliación, construcción nueva o modificación de las edificaciones existentes, hasta tanto se realice el proceso de recuperación de la ronda hídrica.	
ZH12	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	**Uso sostenible:** en toda la ronda hídrica.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Hacer estudios detallados de riesgo por amenaza por inundación en la parte alta del tramo. Revisión de las obras hidráulicas (tuberías), donde se	CARDER Municipio de Pereira. Empresa Aguas y Aguas de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Expansión urbana	Rural	Expansión urbana	
	Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.		No se permitirá el otorgamiento de licencias urbanísticas de ampliación, construcción nueva o modificación de las edificaciones existentes, hasta tanto se realice el proceso de recuperación de la ronda hídrica.	presenta un represamiento del flujo por insuficiencia hidráulica.	

Tabla 83. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada La Leticia según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
ZH9	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH10	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	Conformar corredores verdes para la conectividad de la biodiversidad.	CARDER Dueños de los predios en los cuales se hará la restauración
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de	**Uso sostenible:** en las áreas que quedan por fuera del polígono de la faja paralela, pero dentro de la ronda	Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo	La infraestructura de servicios que se construya deberá permitir el flujo de agua y sedimentos.	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
	la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	hídrica. Es decir, en el área de protección o conservación aferente.	establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER). Aplican las medidas que se proponen para la ZH11, de este tramo.	Condicionar la expansión urbana del corregimiento de Caimalito dentro del polígono del componente hidrológico. Evaluar ajustes al Plan Parcial de Caimalito teniendo en cuenta las áreas de amenaza por inundación. Evitar la construcción de obras de protección. Si estas se construyen deben quedar por fuera de la ronda hídrica. Prohibir la construcción de nuevas viviendas y parcelaciones al interior del componente hidrológico, al igual que su infraestructura asociada, como medida preventiva de posibles eventos de riesgo.	Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica.
ZH11	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela**.**	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Conformar corredores verdes para la conectividad de la biodiversidad.	CARDER Municipio de Pereira Dueños predios a restaurar
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es	**Uso sostenible:** en área de protección o conservación aferente	Condicionar el uso de agroquímicos. Condicionar la agricultura comercial de grandes extensiones y monocultivo.	La infraestructura de servicios que se construya deberá permitir el flujo de agua y sedimentos. Condicionar la expansión urbana del corregimiento de Caimalito	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica.

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
	menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.		Promover la inclusión de buenas prácticas pecuarias. Prohibir la construcción de nuevas viviendas y parcelaciones al interior de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada.	dentro del polígono del componente hidrológico. Evitar la construcción de obras de protección. Si estas se construyen deben quedar por fuera de la ronda hídrica. Prohibir la construcción de nuevas viviendas y parcelaciones al interior del componente hidrológico, al igual que su infraestructura asociada, como medida preventiva de posibles eventos de riesgo.	
ZH12	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	**Uso sostenible:** en toda la ronda hídrica	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Evitar la construcción de obras de protección. Si estas se construyen deben quedar por fuera de la ronda hídrica. Hacer estudios detallados de riesgo de amenaza por inundación en el suelo urbano y de expansión urbana del corregimiento de Caimalito. No expedir licencias nuevas hasta que se tenga estos estudios. Evaluar la suficiencia de los drenajes. Se encontró insuficiencia hidráulica en los drenajes de la vía férrea que generan represamiento y con ello, una mayor mancha de inundación. Evitar la densificación urbana dentro del polígono del componente hidrológico.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.		La infraestructura de servicios que se construya deberá permitir el flujo de agua y sedimentos. No se permitirá el otorgamiento de licencias urbanísticas de ampliación, construcción nueva o modificación de las edificaciones existentes, hasta tanto se realice el proceso de recuperación de la ronda hídrica.		

Tabla 84. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada El Caucho según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Expansión urbana	Rural	Expansión urbana	
ZH1 ZH5	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	Mantener la cobertura de bosque existente.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH2 ZH3 ZH6 ZH7	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar. Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	Conformar corredores verdes para la conectividad de la biodiversidad. Construcción sendero ecológico manejado por la comunidad. Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	**Uso sostenible:** en el área de protección o conservación aferente.	Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias. Condicionar el uso de agroquímicos. Condicionar la agricultura comercial Condicionar la construcción de viviendas al interior de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada. No hacer intervenciones en la zona de meandros del cauce. Evitar la construcción de obras de protección, si se hacen deben	La infraestructura de servicios que se construya deberá permitir el flujo de agua y sedimentos. Evitar la construcción de obras de protección. Si estas se construyen deben quedar por fuera de la ronda hídrica. Condicionar la construcción de viviendas y parcelaciones al interior del componente hidrológico, al igual que su infraestructura asociada, como	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Expansión urbana	Rural	Expansión urbana	
			quedar por fuera de la ronda hídrica. Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER).	medida preventiva de posibles eventos de riesgo. Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER).	
ZH4 ZH8	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Uso sostenible: en toda la ronda hídrica.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica, por ello intervención de estas zonas se deben tener en cuenta los lineamientos establecidos en el anexo III de la "Guía técnica de criterios para el acotamiento. Condicionar la construcción de viviendas y su infraestructura de servicios asociada en la faja paralela. La infraestructura de servicios que se construya deberá permitir el flujo de agua y sedimentos.	CARDER Municipio de Pereira
Generales propuestas por la comunidad: Control a las construcciones y nuevos asentamientos. Construcción de senderos ecológicos.					

Tabla 85. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada El Piñal (cuenca alta) según la clase de suelo definida en el POT de Pereira 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo ambiental por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Rural	Rural	
ZH9	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos	Mantener la cobertura de vegetación existente.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH10	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	CARDER Dueños predios donde se hará la restauración
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER).	CARDER Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica. Dueños predios donde se hará la restauración
ZH11	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	CARDER Dueños predios donde se hará la restauración
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias. Condicionar la construcción de viviendas y condominios al interior de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada. Condicionar el uso de agroquímicos. Condicionar la agricultura comercial de grandes extensiones y monocultivo.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica

Tabla 86. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Cauquillo según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Expansión urbana	Rural	Expansión urbana	
ZH9	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de bosque existente.	Mantener la cobertura de bosque existente.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH10	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	Conformar corredores verdes para la conectividad de la biodiversidad.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	**Uso sostenible:** en el área de protección o conservación aferente.	Aprovechamiento forestal en los términos que se definen en la Norma unificada de la guadua Resolución CARDER No. 944 de 2008. Condicionar la construcción de viviendas y urbanizaciones campestres, al igual que su infraestructura asociada.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica, por ello intervención de estas zonas se deben tener en cuenta los lineamientos establecidos en el anexo III de la “Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia. Condicionar la construcción de viviendas y urbanizaciones campestres, al igual que su infraestructura asociada.	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Expansión urbana	Rural	Expansión urbana	
				Controlar el crecimiento de las urbanizaciones hacia la ronda hídrica.	
ZH11	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Conformar corredores verdes para la conectividad de la biodiversidad y elementos complementarios del espacio público natural.	
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	**Uso sostenible:** el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica, en ese sentido se propone: Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias. Condicionar la agricultura comercial Prohibir la construcción de nuevas viviendas y urbanizaciones campestres, al igual que su infraestructura asociada. Condicionar el uso de agroquímicos. Evitar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos.	Evitar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Controlar el crecimiento urbano dentro de la ronda hídrica. Establecer condicionamientos de usos, densidades, ocupación y edificabilidad en el régimen general de usos y tratamientos que se definan en el POT de Pereira.	

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Expansión urbana	Rural	Expansión urbana	
ZH12	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Uso sostenible: en toda la ronda hídrica.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Construcción de elementos complementarios del espacio público natural, senderos ecológicos, corredores verdes.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.		Controlar el crecimiento urbano dentro de la faja paralela, al igual que su infraestructura asociada. Evitar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Evitar la construcción de obras de protección. Si se construyen deberán hacerse por fuera de la ronda hídrica. Establecer condicionamientos de usos, densidades, ocupación y edificabilidad en el régimen general de usos y tratamientos que se definan en el POT de Pereira.		CARDER Municipio de Pereira

Tabla 87. Estrategia de manejo ambiental y medidas para el río Cestillal (cuenca alta) según la clase de suelo definida en el POT de Pereira 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo ambiental por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Rural	Rural	
ZH1	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos	Mantener la cobertura de vegetación existente. Implementar figura de guardabosques. Control por parte de las autoridades ambientales.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH2	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	CARDER Dueños predios en los cuales se hará la restauración

Zona Homogénea	Estrategias de manejo ambiental por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Rural	Rural	
ZH3	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	CARDER Dueños predios en los cuales se hará la restauración Dueños de los predios
Generales propuestas por la comunidad: Educación ambiental que se enfoque en el conocimiento del territorio, los mecanismos de vigilancia, control y participación. Mayor presencia, control y seguimiento por parte de la CARDER y la administración municipal en general. Capacitación en prácticas de uso y aprovechamiento sostenible de los servicios ecosistémicos asociados a la ronda hídrica. Hacer efectivo el comparendo ambiental.			

Tabla 88. Estrategia de manejo ambiental y medidas para el río Consotá según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
ZH5	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	Mantener la cobertura de vegetación natural existente. Conformar corredores verdes de conectividad de la biodiversidad entre los diferentes tramos.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH6	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	Conformar corredores biológicos Estos corredores harán parte del Espacio Público Natural.	CARDER Municipio de Pereira Dueños de los predios donde se realizará la restauración.

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	**Uso sostenible:** en las áreas que quedan por fuera del polígono de la faja paralela, pero dentro de la ronda hídrica, es decir, en el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las licencias para parcelaciones dentro del polígono que conforma el componente ecosistémico de la ronda hídrica. Evitar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias. Mantener libre de construcciones e infraestructura, el componente hidrológico. Controlar el crecimiento urbano dentro de la faja paralela, al igual que su infraestructura asociada. Evitar la construcción de obras de protección. Si se construyen deberán hacerse por fuera de la ronda hídrica. Aprovechamiento forestal en los términos que se definen en la Norma unificada de la guadua Resolución CARDER No. 944 de 2008. Prohibir la construcción de viviendas, condominios y parcelaciones al interior de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. No expedir licencias de construcción dentro del polígono que conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica, hasta que se realicen los estudios detallados de riesgo a amenazas por inundación Evitar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. Para ello, las obras hidráulicas que se diseñen deben evacuar con holgura el agua y los sedimentos que produce la cuenca para Tr= 100 años y teniendo en cuenta aumento sedimentos, expectativas cambios climático y cambios uso suelo. Evitar las construcciones sobre obras hidráulicas cerradas. No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan dentro del polígono del componente hidrológico. Ampliar cauces, en algunos casos profundizar garantizando estabilidad en ningún caso sobre elevar márgenes y muros más de 30 cm.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica.

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
				Hacer estudios detallados de riesgo por amenaza por inundación en los sitios donde se presentan asentamientos consolidados sobre el componente hidrológico. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa."	
ZH7	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Conformar corredores biológicos. Construcción de elementos complementarios del espacio público (senderos, zonas verdes, jardines).	CARDER Municipio de Pereira Dueños de los predios donde se realizará la restauración.
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las	**Uso sostenible:** en el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las licencias para parcelaciones dentro del polígono que conforma el componente ecosistémico de la ronda hídrica.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. **Aplican las medidas propuestas para uso sostenible de la ZH6.**	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica.

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
	áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.		Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias. Mantener libre de construcciones e infraestructura, la faja paralela.		
ZH8	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	**Uso sostenible:** en toda la ronda hídrica	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	No expedir licencias nuevas de construcción dentro del polígono que conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica, hasta que se realicen los estudios detallados de riesgo a amenazas por inundación Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan dentro del polígono del componente hidrológico. Ampliar cauces, en algunos casos profundizar garantizando estabilidad en ningún caso sobre elevar márgenes y muros más de 30 cm. Hacer estudios detallados de riesgo por amenaza por inundación en los sitios donde se presentan asentamientos consolidados sobre el componente hidrológico. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para	CARDER Municipio de Pereira Dueños de los predios donde se realizará la restauración.
	Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.		Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. No expedir licencias para parcelaciones dentro del polígono que conforma el componente ecosistémico de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Mantener libre de construcciones e infraestructura, la faja paralela.		

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
				mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa.	
Generales propuestas por la comunidad: Educación ambiental que se enfoque en el conocimiento del territorio, los mecanismos de vigilancia, control y participación. Mayor presencia, control y seguimiento por parte de la CARDER y la administración municipal en general. Capacitación en prácticas de uso y aprovechamiento sostenible de los servicios ecosistémicos asociados a la ronda hídrica. Hacer efectivo el comparendo ambiental. Implementación de colectores. Capacitación a la población sobre la reutilización de residuos sólidos. Mayor control a instalaciones pecuarias.					

Tabla 89. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Tinajas según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Urbano	Urbano	
ZH5	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente. Conformar corredores verdes de conectividad de la biodiversidad entre los diferentes tramos.	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Urbano	**Urbano**	
ZH6	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Conformar corredores biológicos Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono de la faja paralela, pero dentro de la ronda hídrica, es decir, en el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. No expedir licencias de construcción dentro del polígono que conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica, hasta que se realicen los estudios detallados de riesgo a amenazas por inundación Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. Para ello, las obras hidráulicas que se diseñen deben evacuar con holgura el agua y los sedimentos que produce la cuenca para Tr= 100 años y teniendo en cuenta aumento sedimentos, expectativas cambios climático y cambios uso suelo. Evitar la construcción de obras hidráulicas cerradas. Hacer estudios detallados de riesgo por amenaza por inundación en los sitios donde se presentan asentamientos consolidados sobre el componente hidrológico. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa. Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER).	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH7	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Conformar corredores biológicos. Construcción de elementos complementarios del espacio público (senderos, zonas verdes, jardines).	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Urbano	**Urbano**	
	Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. No expedir licencias de construcción dentro del polígono que conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica, hasta que se realicen los estudios detallados de riesgo a amenazas por inundación Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. Para ello, las obras hidráulicas que se diseñen deben evacuar con holgura el agua y los sedimentos que produce la cuenca para Tr= 100 años y teniendo en cuenta aumento sedimentos, expectativas cambios climático y cambios uso suelo. Evitar la construcción de obras hidráulicas cerradas. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa.	CARDER Municipio de Pereira
ZH8	**Uso sostenible:** en toda la ronda hídrica	En la zona que hay coberturas evaluar si la condición de amenaza es mayor por las posibilidades de obstrucción ante un evento, haciendo que todo el flujo se derrame en los alrededores. Evitar la construcción de viviendas sobre obras hidráulicas cerradas. No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan dentro del polígono del componente hidrológico. Ampliar cauces, en algunos casos profundizar garantizando estabilidad en ningún caso sobre elevar márgenes y muros más de 30 cm.	CARDER Municipio de Pereira Aguas y Aguas de Pereira
Generales propuestas por la comunidad: Educación ambiental que se enfoque en el conocimiento del territorio, los mecanismos de vigilancia, control y participación. Mayor presencia, control y seguimiento por parte de la CARDER y la administración municipal en general. Capacitación en prácticas de uso y aprovechamiento sostenible de los servicios ecosistémicos asociados a la ronda hídrica.			

Tabla 90. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Dulcera según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Urbano	Urbano	
ZH1	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente. Conformar corredores verdes de conectividad de la biodiversidad entre los diferentes tramos.	CARDER Municipio de Pereira
ZH2	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Conformar corredores biológicos Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono de la faja paralela, pero dentro de la ronda hídrica, es decir, en el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar la expedición de licencias de construcción nuevas dentro del polígono que conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. Para ello, las obras hidráulicas que se diseñen deben evacuar con holgura el agua y los sedimentos que produce la cuenca para Tr= 100 años y teniendo en cuenta aumento sedimentos, expectativas cambios climático y cambios uso suelo. Evitar la construcción de obras hidráulicas cerradas. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa. Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER).	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH3	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Conformar corredores biológicos.	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Urbano	**Urbano**	
		Construcción de elementos complementarios del espacio público (senderos, zonas verdes, jardines).	
	Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar la expedición de licencias de construcción nuevas dentro del polígono que conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. Para ello, las obras hidráulicas que se diseñen deben evacuar con holgura el agua y los sedimentos que produce la cuenca para Tr= 100 años y teniendo en cuenta aumento sedimentos, expectativas cambios climático y cambios uso suelo. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa.	CARDER Municipio de Pereira
ZH4	**Uso sostenible:** en toda la ronda hídrica	En la zona que hay coberturas evaluar si la condición de amenaza es mayor por las posibilidades de obstrucción ante un evento, haciendo que todo el flujo se derrame en los alrededores. Hacer estudios detallados de riesgo por amenaza por inundación en los sitios donde se presentan asentamientos consolidados sobre el componente hidrológico. No expedir licencias de construcción dentro del polígono que conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica, hasta que se realicen los estudios detallados de riesgo a amenazas por inundación. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Evitar la construcción de viviendas sobre obras hidráulicas cerradas. No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan dentro del polígono del componente hidrológico.	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Urbano	Urbano	
		Ampliar cauces, en algunos casos profundizar garantizando estabilidad en ningún caso sobre elevar márgenes y muros más de 30 cm. En la zona que hay coberturas evaluar si la condición de amenaza es mayor por las posibilidades de obstrucción ante un evento, haciendo que todo el flujo se derrame en los alrededores. Se debe eventualmente reubicar viviendas. Hacer estudio detallado de riesgos. Priorizar la zona con box culvert, el cual se desborda para caudales de 15 y 100 años. Ampliar cauces, en algunos casos profundizar garantizando estabilidad en ningún caso sobre elevar márgenes y muros más de 30 cm. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa.	
Generales propuestas por la comunidad: Realizar una caracterización con enfoque diferencial a todos los habitantes que se localizan en la ronda hídrica. Realizar seguimiento a los asentamientos nuevos para identificar posibles riesgos Capacitar e identificar colectivamente los servicios ecosistémicos que oferta la ronda hídrica Hacer control y seguimiento a los permisos de construcción Capacitar a la población sobre la reutilización de residuos sólidos Educación ambiental que se enfoque en el conocimiento del territorio, los mecanismos de vigilancia control y participación.			

Tabla 91. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada El Oso según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
ZH1	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	Mantener la cobertura de vegetación existente. Conformar corredores verdes de conectividad de la biodiversidad entre los diferentes tramos.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH2	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	Conformar corredores biológicos Estos corredores harán parte del Espacio Público Natural.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	**Uso sostenible:** en las áreas que quedan por fuera del polígono de la faja paralela, pero dentro de la ronda hídrica, es decir, en el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Prohibir la construcción de viviendas, condominios y parcelaciones. dentro de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Mantener libre de construcciones e infraestructura, la faja paralela. Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones),	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
			guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER).	sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa. Aprovechamientos forestales persistentes de los bosques de guadua y cañabrava según lo establecido en la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua (Resolución número 944 de 2008 de la CARDER).	
ZH3	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Conformar corredores biológicos. Construcción de elementos complementarios del espacio público (senderos, zonas verdes, jardines).	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	**Uso sostenible:** en las áreas que quedan por fuera del polígono de la faja paralela, pero dentro de la ronda hídrica.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Prohibir la construcción de viviendas, condominios y parcelaciones. dentro de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río.	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
			Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias. Condicionar el uso de agroquímicos.	No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan dentro del polígono del componente hidrológico. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Mantener libre de construcciones e infraestructura, la faja paralela.	
ZH4	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	**Uso sostenible:** en toda la ronda hídrica	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan dentro del polígono del componente hidrológico.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.		Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las licencias para parcelaciones dentro del polígono que conforma el componente ecosistémico de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos.		
Generales propuestas por la comunidad: Educación ambiental que se enfoque en el conocimiento del territorio, los mecanismos de vigilancia, control y participación. Mayor presencia, control y seguimiento por parte de la CARDER y la administración municipal en general. Capacitación en prácticas de uso y aprovechamiento sostenible de los servicios ecosistémicos asociados a la ronda hídrica. Hacer efectivo el comparendo ambiental.					

Tabla 92. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada El Chocho según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
ZH1	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	Mantener la cobertura de vegetación existente. Conformar corredores verdes de conectividad de la biodiversidad entre los diferentes tramos.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH2	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales. Prohibir la construcción de viviendas, condominios y parcelaciones al interior del componente ecosistémico de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales. Conformar corredores verdes de conectividad de la biodiversidad entre los diferentes tramos.	CARDER Municipio de Pereira Dueños predios a restaurar
		Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono de la faja paralela, pero dentro de la ronda hídrica, es decir, en el área de protección o conservación aferente.		Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Condicionar la expedición de licencias dentro de la faja paralela. Condicionar el desarrollo urbano y la infraestructura asociada al mismo dentro de la faja paralela. Evitar su ocupación.	CARDER Municipio de Pereira

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
ZH3	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Conformar corredores biológicos. Construcción de elementos complementarios del espacio público (senderos, zonas verdes, jardines).	CARDER Municipio de Pereira
		Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.	Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias. Condicionar el uso de agroquímicos. Mantener libre de construcciones e infraestructura, la faja paralela. prohibir las licencias para parcelaciones dentro del polígono que conforma el componente ecosistémico de la ronda hídrica.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Mantener libre de construcciones e infraestructura, la faja paralela.	CARDER Municipio de Pereira
ZH4	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	**Uso sostenible:** en toda la ronda hídrica	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: en el área de protección o conservación aferente.		Prohibir las licencias para parcelaciones dentro del polígono que conforma el		

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
			componente ecosistémico de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos.	dentro del polígono del componente hidrológico.	

Tabla 93. Estrategia de manejo ambiental y medidas para la quebrada Púlpito y La Víbora según la clase de suelo definida en el POT de Pereira 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo ambiental por clase de suelo	Medidas de manejo por clase de suelo	Responsables
	Rural	Rural	
ZH1	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH2	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	CARDER Dueños predios en los cuales se hará la restauración
ZH3	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	CARDER Dueños predios en los cuales se hará la restauración
ZH4	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	CARDER Dueños predios en los cuales se hará la restauración
Nota: la ronda hídrica en estos tramos priorizados la define el componente ecosistémico; por ello solo aplican las estrategias de manejo ambiental de preservación y restauración.			

Tabla 94. Estrategia de manejo ambiental y medidas para el río Otún según la clase de suelo definida en el POT de Pereira, 2016

Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
ZH1	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la ronda hídrica y el retiro a nacimientos.	**Preservación:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Mantener la cobertura de vegetación existente.	Mantener la cobertura de vegetación existente. Conformar corredores verdes de conectividad de la biodiversidad entre los diferentes tramos.	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica
ZH2	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración del bosque de guadua a partir de prácticas silviculturales.	Conformar corredores biológicos Estos corredores harán parte del Espacio Público Natural.	CARDER Municipio de Pereira Dueños de los predios a restaurar
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	**Uso sostenible:** em el área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce del río que afecten el transporte de agua y sedimentos. Mantener libre de construcciones e infraestructura, la faja paralela. Aprovechamiento forestal persistente en los términos que se definen en la Norma unificada de la guadua Resolución CARDER No. 944 de 2008. Prohibir la construcción de viviendas, condominios y parcelaciones al interior del	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Si se hace que tengan secciones generosas >3,5m (que quepa equipo para mantenimientos y reparaciones), sin curvas y tramos cortos. En curvas secciones mayores. El	CARDER Municipio de Pereira Comunidades asentadas en y cerca de la ronda hídrica

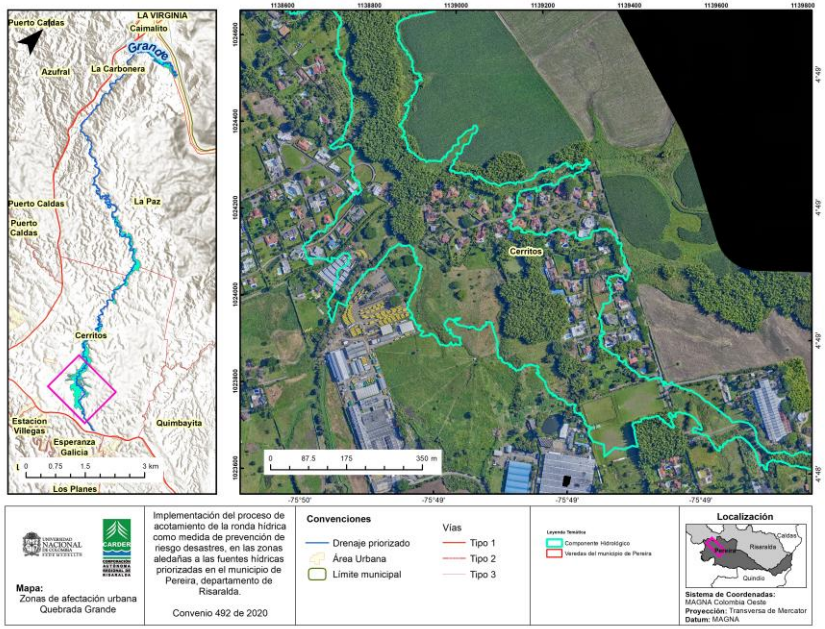
Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
			componente ecosistémico de la ronda hídrica, al igual que su infraestructura asociada.	desbordamiento, genera erosión que puede generar deslizamientos y aumentar el riesgo de movimientos en masa. Aprovechamiento forestal persistente en los términos que se definen en la Norma unificada de la guadua Resolución CARDER No. 944 de 2008.	
ZH3	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono del componente ecosistémico y el retiro a nacimientos. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en todo el polígono que comprende esta faja.	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Conformar corredores biológicos. Construcción de elementos complementarios del espacio público (paisajismo, senderos, zonas verdes, jardines).	CARDER Municipio de Pereira Dueños de los predios a restaurar
	Uso sostenible: en las áreas que quedan por fuera del polígono del componente ecosistémico, pero dentro de la ronda hídrica. Si el componente ecosistémico es menor que la faja paralela, en las áreas que quedan por fuera de está y la ronda hídrica.	**Uso sostenible:** área de protección o conservación aferente.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Prohibir las licencias para construcción de viviendas e infraestructura asociada dentro del polígono que conforma el componente ecosistémico de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Promover la inclusión de buenas prácticas agropecuarias.	Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan dentro del polígono del componente hidrológico.	CARDER Municipio de Pereira

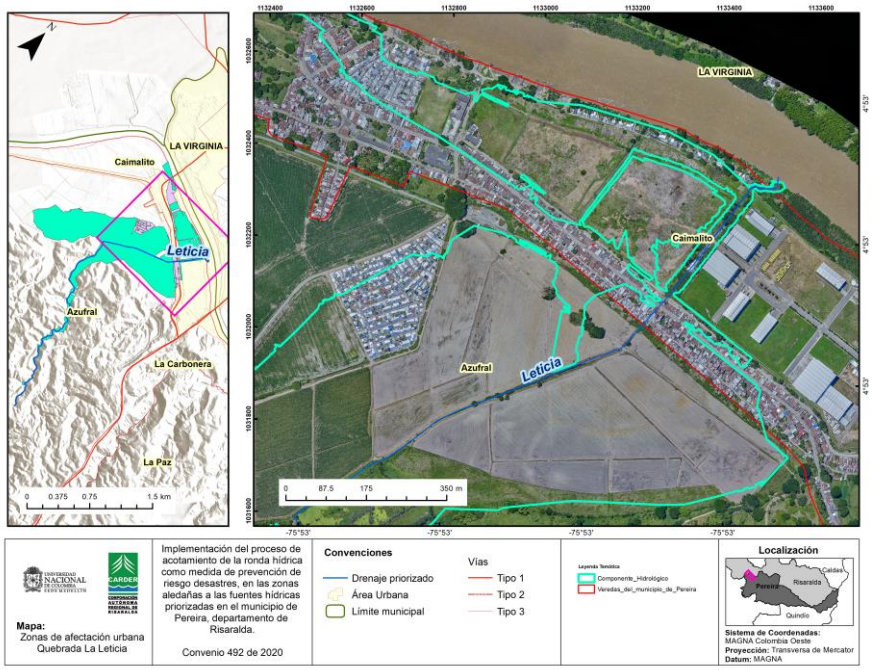
Zona Homogénea	Estrategias de manejo por clase de suelo		Medidas de manejo por clase de suelo		Responsables
	Rural	Urbano y de expansión urbana	Rural	Urbano y de expansión urbana	
			Condicionar el uso de agroquímicos.	En lo posible no diseñar obras hidráulicas cerradas. Mantener libre de construcciones e infraestructura, la faja paralela.	
ZH4	**Restauración:** en toda el área que comprende el polígono de la faja paralela.	**Uso sostenible:** en toda la ronda hídrica	Restauración ecológica. Las estrategias y tratamientos a implementar dependerán de las condiciones locales de cara área a restaurar.	Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos. Las obras hidráulicas que se realicen deberán garantizar el funcionamiento natural del río. No incrementar las densidades, ocupación y edificabilidad en las áreas con viviendas que se localizan dentro del polígono del componente hidrológico.	CARDER Municipio de Pereira
	Uso sostenible: área de protección o conservación aferente.		Los usos que se realicen en esta estrategia deberán ser compatibles con el objeto de conservación de la funcionalidad de la ronda hídrica. Condicionar las intervenciones sobre el cauce de la quebrada que afecten el transporte de agua y sedimentos.		
Generales propuestas por la comunidad: Construcción de la PTAR Realizar seguimiento a los asentamientos nuevos para identificar posibles riesgos Mayor presencia, control y seguimiento por parte de la CARDER y la administración municipal en general					

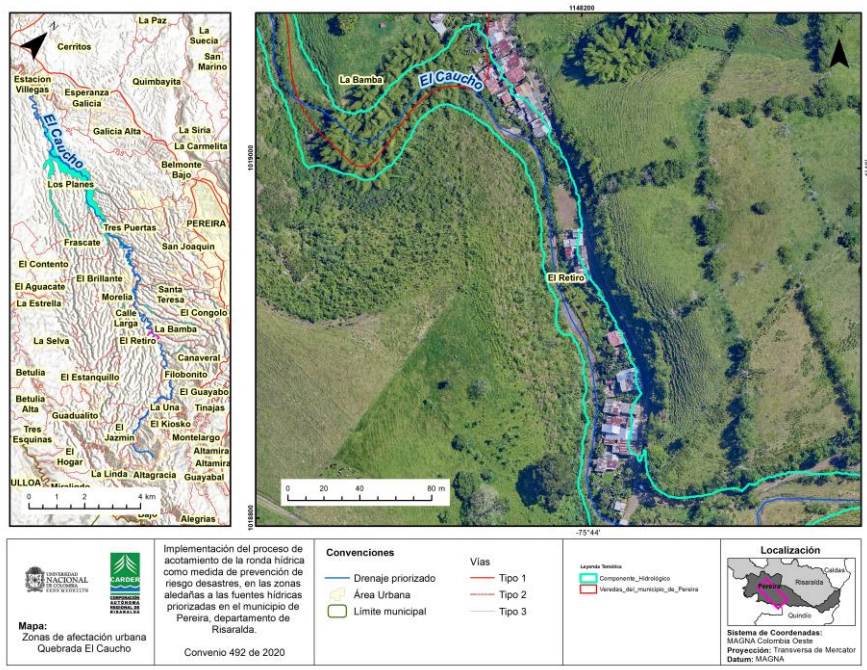
6.5 PUNTOS CRÍTICOS POR INUNDACIÓN

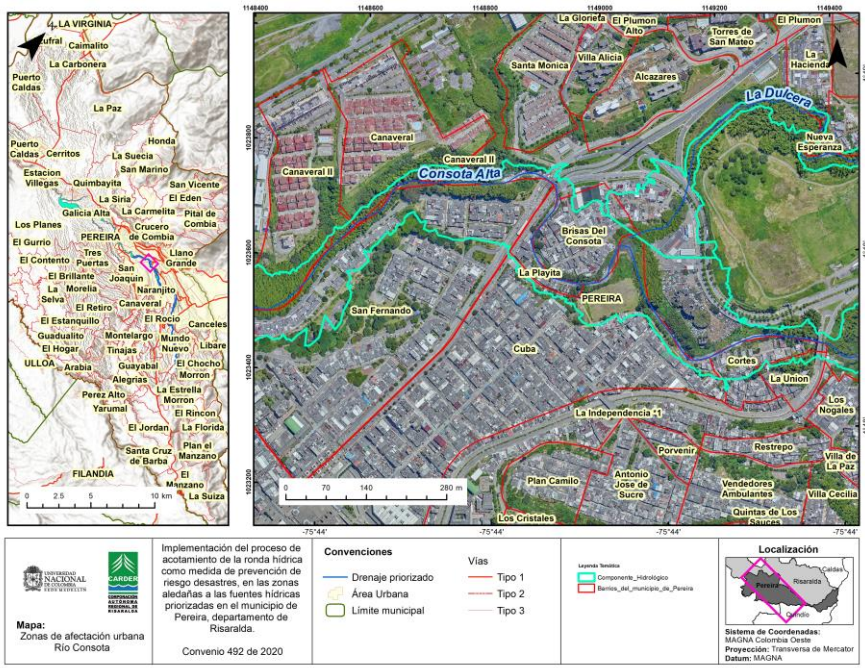
En la Tabla 95 se presenta para cada tramo los puntos de inundación específicos identificados que comprometen asentamientos consolidados en la zona urbana, además se incluyen algunas figuras de ubicación de las zonas.

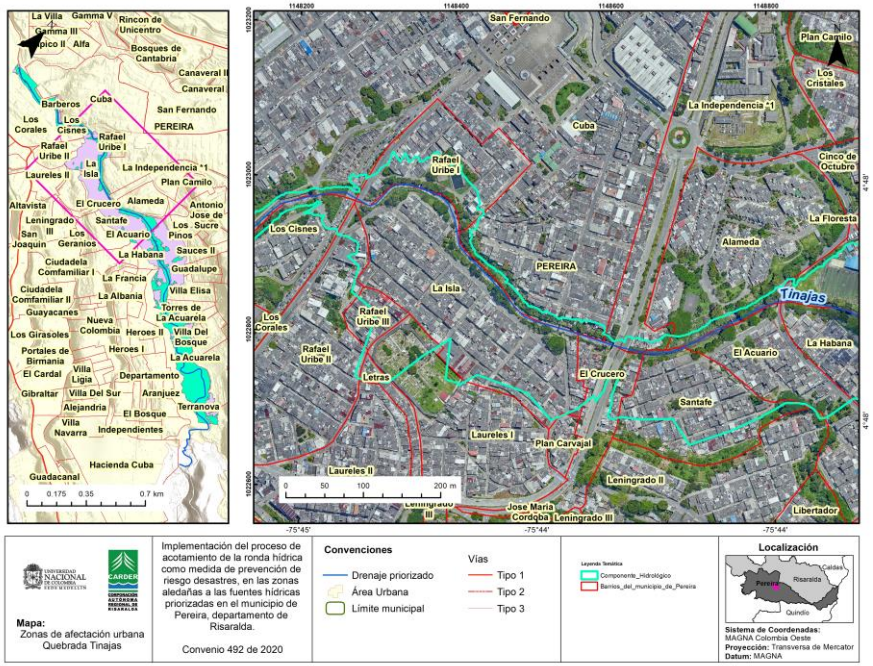
Tabla 95. Puntos críticos de inundación identificados en la zona urbana.

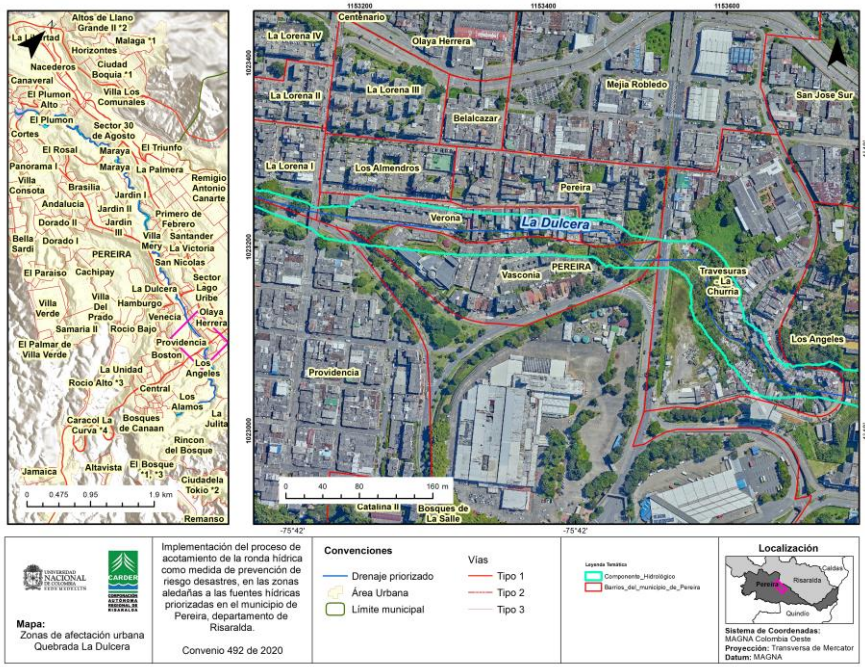
Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
Quebrada Hato Viejo	Sin afectación urbana.	No aplica
Quebrada Grande	Dentro de la mancha de inundación delimitada en la parte alta de la quebrada Grande, en la vereda Cerritos, se encuentran viviendas con una ocupación de la componente hidrológica del 18%, esta zona se caracteriza por las múltiples intervenciones antrópicas que actúan como control sobre el flujo natural de la quebrada, en este tramo se observa la presencia de tuberías para encauzar la quebrada que resultan insuficientes para los caudales modelados en un periodo de retorno de 100 años. En la vereda La Carbonera, previamente a la desembocadura de la quebrada Grande sobre el río Cauca se puede observar que la mancha de inundación de Tr = 15 años inunda un grupo de edificaciones, en las	

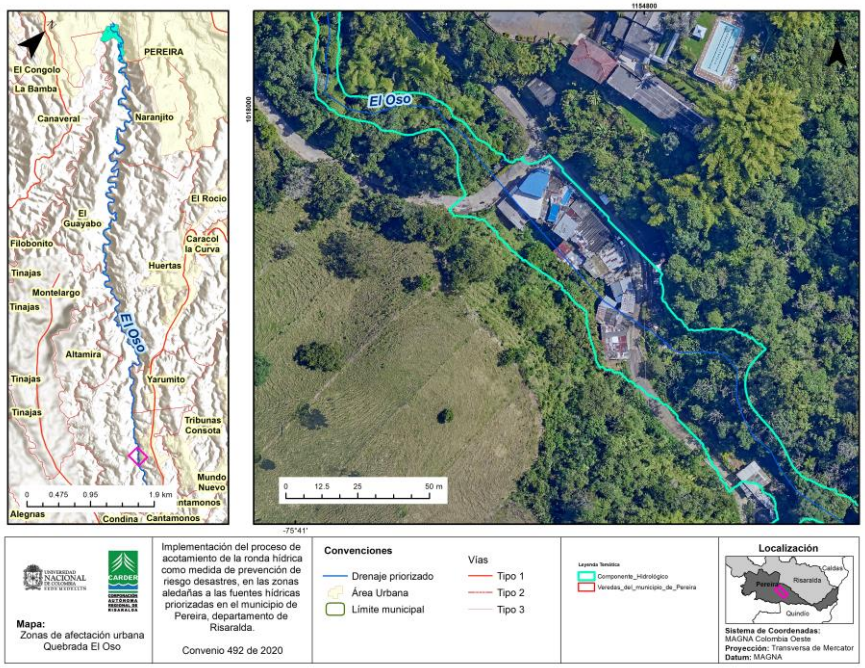
Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
	cuales se incluye la institución educativa La Carbonera.	
Quebrada La Leticia	En la parte baja de la quebrada La Leticia se presenta una afectación sobre las veredas Caimalito y Azufral, estos centros poblados se encuentran en zonas bajas, además de que el cauce está intervenido con obras como puentes y un box coulvert que son insuficientes para el caudal asociado al periodo de retorno de 100 años.	

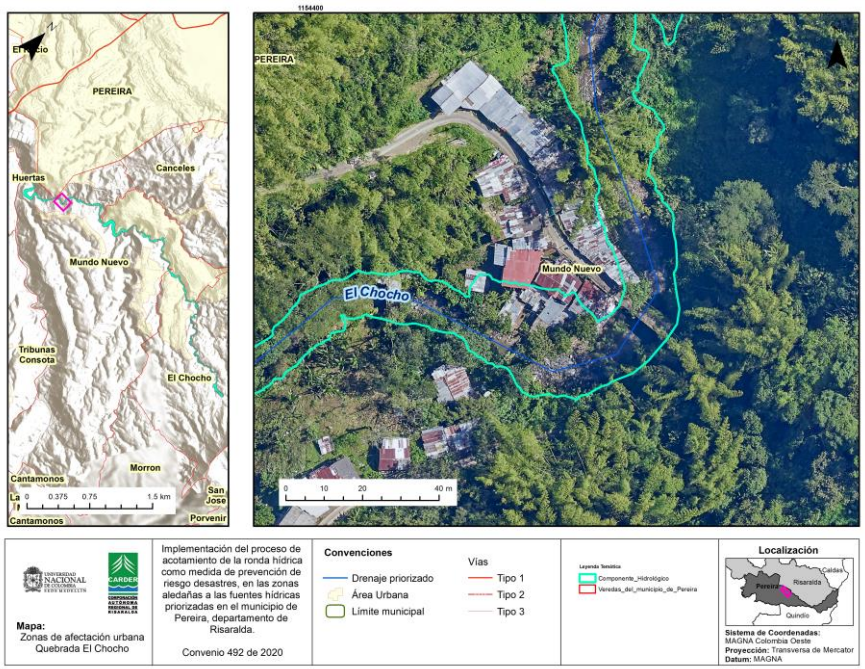
Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
Quebrada El Caucho	Dentro de la vereda El Retiro, sobre el cauce principal de la quebrada El Caucho se encuentra un grupo de viviendas que presentan riesgo al estar construidas dentro de la mancha de inundación para Tr= 15 años y aledañas al cauce permanente.	
Quebrada El Piñal	Sin afectación urbana.	No aplica
Quebrada Cauquillo	Sin afectación urbana.	No aplica
Río Cestillal	Sin afectación urbana.	No aplica

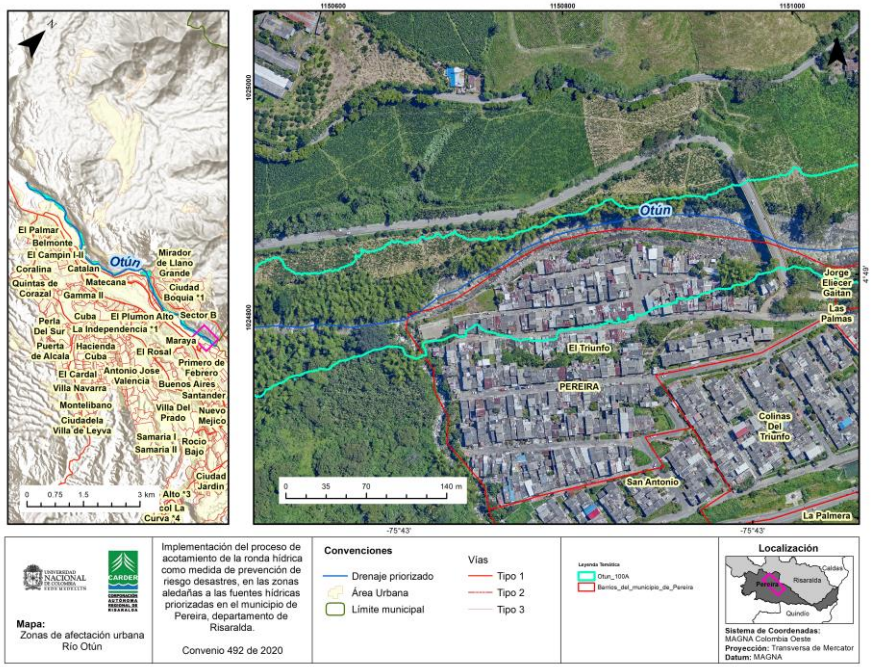
Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
Río Consotá	El río Consotá tiene afectación sobre la zona urbana en tres (3) zonas principales, la primera desde el barrio Cortes, cerca de la desembocadura de la quebrada La Dulcera hasta el barrio Los Corales en la desembocadura de la quebrada Tinajas, haciendo parte de esta zona los barrios Cortes, La Unión, Cuba, La Playita, Brisas del Consotá, San Fernando, Alfa, Olímpico ll y Los Corales. Por las características del cauce y la presencia de viviendas en estas zonas bajas aledañas al cauce, se ven sometidos a amenaza por inundación para los caudales asociados al periodo de retorno de 100 años. La segunda, aguas arriba del barrio Cortes se evidencia un control hidráulico sobre el flujo generado por un puente que no tiene la capacidad hidráulica suficiente para los caudales modelados. La tercera zona se presenta en los barrios Hamburgo, Poblado I, Rocío Bajo, La Laguna y La Florida, en estos dos (2) últimos barrios se observan obras utilizadas para canalizar la quebrada que nace en los barrios Boston y San Luis, estas obras son	

Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
	insuficientes para el flujo natural. En cuanto a los primeros tres (3) barrios se encuentran sobre zonas bajas y cercanas al cauce permanente del río Consotá.	
Quebrada Tinajas	Para un periodo de retorno de 100 años, La quebrada Tinajas presenta afectación considerable sobre la zona urbana, afectando las viviendas de los barrios Terranova, La Acuarela, Villa del Bosque, Torres de la Acuarela, Villa Elisa, Guadalupe, Los Prados, Sauces ll, Sauces lV, Sauces lll, La Floresta, La Habana, El Acuario, Santa Fe, El Crucero, La Independencia *1, La Isla, Rafael Uribe, Rafael Uribe lll, Rafael Uribe ll, Rafael Uribe l, Los Cisnes, Cuba y Barberos. Dentro de la componente hidrológica se tiene una ocupación por estas edificaciones superior al 52%. Las porciones de estos barrios se afectan debido a la canalización no tiene suficiencia hidráulica los caudales modelados, porque se encuentran en zonas bajas y porque se tiene una obra hidráulica tipo puente que realiza un control sobre el flujo natural.	

Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
Quebrada La Dulcera	Esta quebrada presenta una gran afectación a la zona urbana, la modelación arrojó que la mayoría de las obras hidráulicas son insuficientes para los caudales asociados a un periodo de retorno de 100 años, situación que se suma a que las viviendas están construidas en zonas bajas y cercanas al cauce. Se presenta amenaza para los barrios Alcazar de Maraya, Villa Mery, Las Antillas, Los Arrayanes, San Nicolás, San Martín de Loba, Vasconia, Verona, Pereira, Travesuras – La Churria y Los Ángeles.	

Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
Quebrada El Oso	Dentro del corregimiento Tribunas Corcega, en la parte alta de la quebrada El Oso se encuentra un grupo de viviendas sobre la vía Montelargo que presentan riesgo al estar construidas dentro del componente hidrológico (llanura de inundación para Tr= 15 años) y aledañas al cauce permanente. A lo largo del tramo se pueden encontrar viviendas aisladas con la misma condición de riesgo.	

Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
Quebrada El Chocho	Dentro de la vereda Mundo, en la parte baja de la quebrada El Chocho se encuentra un grupo de viviendas que presentan riesgo al estar construidas dentro del componente hidrológico (mancha de inundación) y aledañas al cauce permanente.	
Quebrada El Púlpito	Sin afectación urbana.	No aplica
Quebrada La Víbora	Sin afectación urbana.	No aplica

Tramo	Afectación Urbana	Ubicación
Río Otún	En el barrio El Triunfo, sobre la margen izquierda del Río Otún se encuentra un grupo de viviendas que presentan riesgo al estar construidas dentro del componente hidrológico y aledañas al cauce permanente. A lo largo del tramo se pueden encontrar viviendas aisladas con la misma condición de riesgo.	

7. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

7.1 INDICADORES

Para el seguimiento y evaluación del cambio del estado actual de la ronda hídrica ante la implementación de las medidas de manejo ambiental definidas para cada uno de los tramos priorizados, se diseñaron y calcularon seis (6) indicadores que permitirán a futuro evaluar la recuperación de la ronda hídrica y su mejoramiento desde el punto de vista ambiental.

En la Tabla 96 se describen cada uno de los indicadores definidos, la estimación de los estos se realiza a partir de las capas cartográficas: eje, coberturas de la tierra, ronda hídrica, componente hidrológico, componente ecosistémico y ráster de alturas (resta entre el DSM y el DTM), por lo que se generó un *script* de ArcGIS que le permitirá a la CARDER (la cual se entrega dentro de la GDB, Anexo 14), ante la actualización de la capa de coberturas de la tierra, con los cambios producto de la implementación de las estrategias de manejo ambiental propuestas, evaluar el cambio de estos y si impacto en el mejoramiento de los ecosistemas.

Tabla 96. Indicadores de estado para el seguimiento y evaluación del impacto de la implementación de las medidas de manejo ambiental propuestas para las rondas hídricas.

Indicador	Definición y objetivo	Ecuación	Unidad de medida	Rango de interpretación
Indicador 1: Porcentaje de tramo con ocupación por infraestructura antrópica del cauce permanente.	Este indicador permite evaluar la ocupación del cauce por infraestructura antrópica como muros, jarillones, obras de captación, puertos, entre otros. El objetivo de su documentación es conocer el estado actual de intervención a lo largo de la longitud de cada tramo estudiado por obras como muros, jarillones, obras de captación, puertos, entre otros.	$I1 = \frac{L_i}{L_T} X100$ L_i= Longitud del tramo con intervenciones antrópicas, sea en una de las márgenes o en ambas [m] L_T=Longitud del tramo total [m]	Porcentaje %	0% - 100% Lo que se espera con la implementación de las medidas de manejo ambiental es que este indicador no crezca en el tiempo.
Indicador 2: Porcentaje de ocupación de la ronda hídrica en actividades agropecuarias	Este indicador permite evaluar el porcentaje del área de la ronda hídrica ocupada por actividades agropecuarias. El objetivo de su documentación es conocer el	$I2 = \frac{A_{agro}}{A_{T_RH}} X100$ A_{agro}=Área de la ronda hídrica en actividad agropecuaria [km²]	Porcentaje [%]	0% - 100% Lo que se espera con la implementación de las medidas de manejo ambiental es que este indicador no

Indicador	Definición y objetivo	Ecuación	Unidad de medida	Rango de interpretación
	estado porcentual respecto a la influencia de actividades como la ganadería y la agricultura al interior de la ronda hídrica delimitada.	A_{T_RH}=Área total de la ronda hídrica [km²]		crezca en el tiempo o disminuya.
Indicador 3: Porcentaje de la ronda hídrica urbanizada	Este indicador permite evaluar la ocupación de la ronda hídrica por viviendas e infraestructura. El objetivo de su documentación es conocer el estado porcentual de viviendas e infraestructura dentro de la ronda hídrica delimitada.	$I3 = \frac{A_{urb_RH}}{A_{T_RH}} X100$ A_{urb_RH}=Área de la ronda hídrica urbanizada [km²] A_{T_RH}=Área total de la ronda hídrica [km²]	Porcentaje [%]	0% - 100% Lo que se espera con la implementación de las medidas de manejo ambiental es que este indicador no crezca en el tiempo o disminuya.
Indicador 4: Porcentaje del componente hidrológico urbanizado	Este indicador permite evaluar la ocupación del componente hidrológico por viviendas e infraestructura. El objetivo de su documentación es conocer el estado porcentual de viviendas e infraestructura dentro de la zona inundable prevista ante un evento de creciente con los caudales correspondientes al periodo de retorno de diseño.	$I4 = \frac{A_{urb_CH}}{A_{T_CH}} X100$ A_{urb_CH}=Área de la componente hidrológica urbanizada [km²] A_{T_CH}=Área total del componente hidrológico [km²]	Porcentaje [%]	0% - 100% Lo que se espera con la implementación de las medidas de manejo ambiental es que este indicador no crezca en el tiempo o disminuya.
Indicador 5: Porcentaje del componente ecosistémico en vegetación natural de ribera	Este indicador permite evaluar el estado de transformación de los bosques de ribera. El objetivo es identificar los cambios en esta cobertura a lo largo del tiempo, identificando si hay ganancias o pérdida de área en dicha cobertura.	$I5 = \frac{A_{veg_rib_CE}}{A_{T_CE}} X100$ $A_{veg_rib_CE}$=Área de la componente ecosistémica con vegetación de ribera, coberturas bosque y guadua [km²] A_{T_CE}=Área total del componente ecosistémico [km²]	Porcentaje [%]	0% - 100% Lo que se espera con la implementación de las medidas de manejo ambiental es que este indicador aumente en el tiempo.
Indicado 6: Estructura de la vegetación de ribera (altura promedio)	Este indicador permite determinar el estado sucesional de la vegetación de ribera a través de la variable estructural de altura del dosel. El objetivo es identificar la densificación del dosel y claros presentes en la ronda hídrica, colonización por especies pioneras y	A_{T_Dosel}=Altura promedio de la vegetación por unidad de cobertura [m]	Metros [m]	1-30 m Lo que se espera con la implementación de las medidas de manejo ambiental es que este indicador aumente hasta estabilizarse

Indicador	Definición y objetivo	Ecuación	Unidad de medida	Rango de interpretación
	presencia de vegetación de tipo arbustiva y arbórea, así como diferenciar entre vegetación secundaria alta y baja.			

En el numeral 7.2 se presentan los resultados de la estimación de los indicadores con las condiciones actuales en las rondas hídricas de lo tramos, además asociado a cada uno de los indicadores se espacializan las variables de cada indicador, resaltando la respectiva área o longitud.

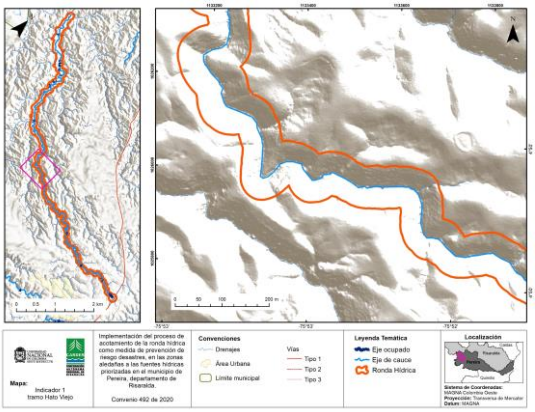
7.2 RESULTADOS INDICADORES DE ESTADO

7.2.1 Quebrada Hato Viejo

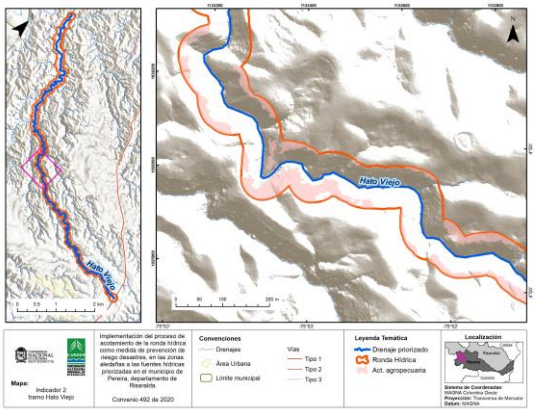
En la Tabla 97 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada Hato Viejo. Se resalta que, respecto a la ocupación del cauce, el porcentaje es bajo, al igual que la ocupación de la ronda hídrica y la componente hidráulica con áreas urbanizadas, además el 53,89% del área de la componente ecosistémica se encuentra con vegetación de ribera. Se evidencia que el 29,95% de la ronda hídrica se encuentra con actividades agropecuarias. En la Figura 343 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 97. Indicadores para el tramo de la quebrada Hato Viejo

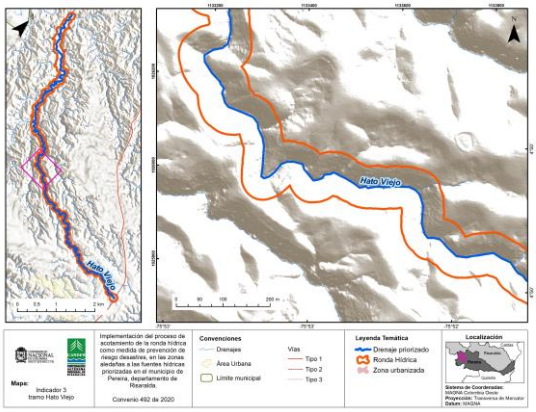
Indicador	Valor
Indicador 1	4,09%
Indicador 2	29,95%
Indicador 3	0,86%
Indicador 4	0,01%
Indicador 5	53,89%
Indicador 6	12,76 altura media [m]



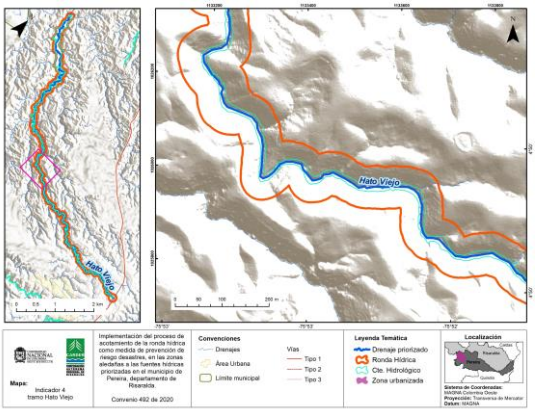
Indicador 1



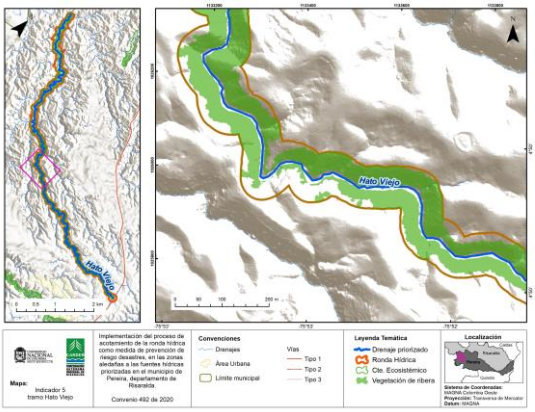
Indicador 2



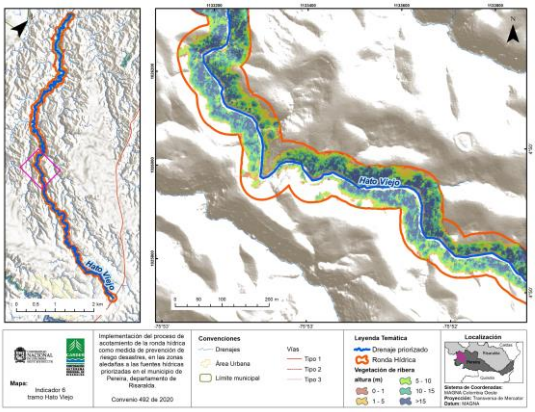
Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5



Indicador 6

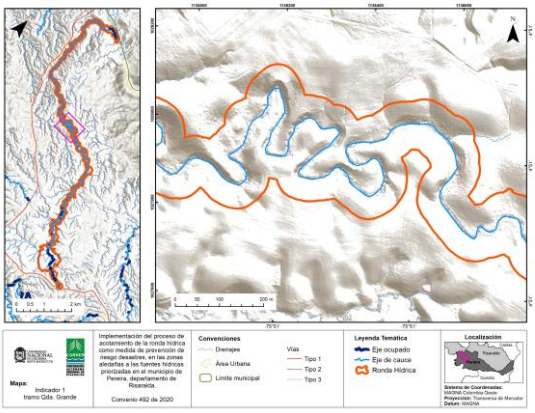
Figura 343. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada Hato Viejo

7.2.2 Quebrada Grande

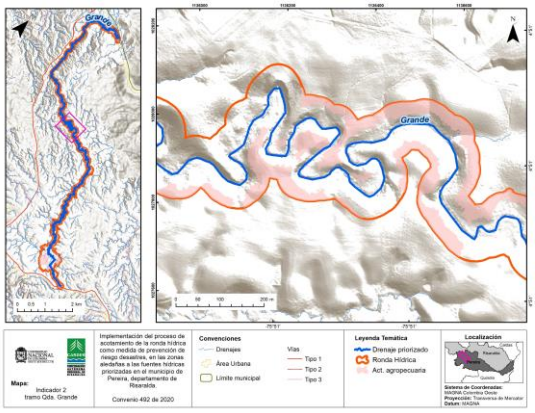
En la Tabla 98 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada Grande. Se resalta que el 55,79% del área de la componente ecosistémica se encuentra con vegetación de ribera, además se evidencia que el 31,76% de la ronda hídrica se encuentra con actividades agropecuarias. En la Figura 344 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 98. Indicadores para el tramo de la quebrada Grande

Indicador	Valor
Indicador 1	9,82%
Indicador 2	31,76%
Indicador 3	7,17%
Indicador 4	4,56%
Indicador 5	55,79%
Indicador 6	13,14 altura media [m]



Indicador 1



Indicador 2

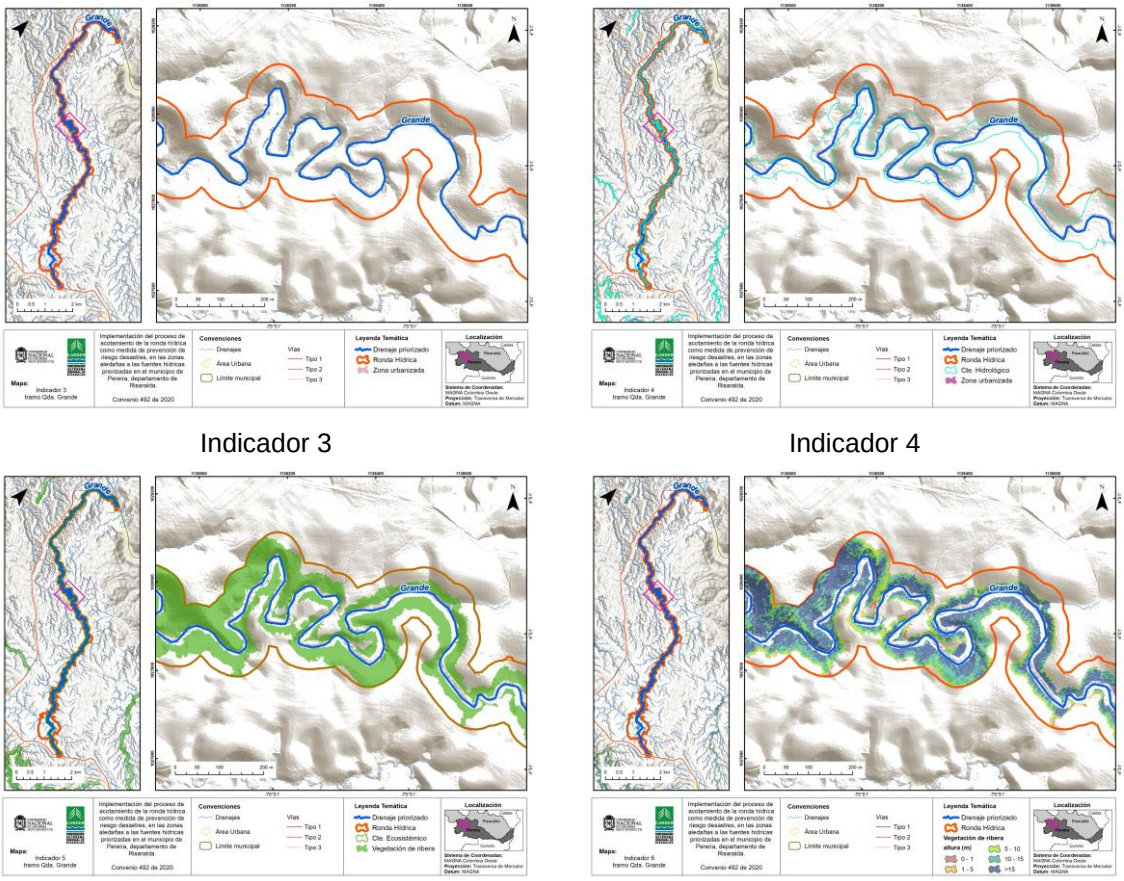


Figura 344. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada Grande

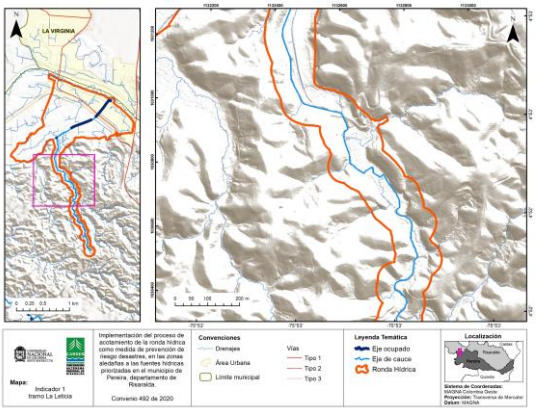
7.2.3 Quebrada La Leticia (Caimalito)

En la Tabla 99 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada La Leticia. Se evidencia que el 47,95% de la ronda hídrica se encuentra con actividad agropecuaria y el 23,09% del cauce principal intervenido con obras. En la Figura 345 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

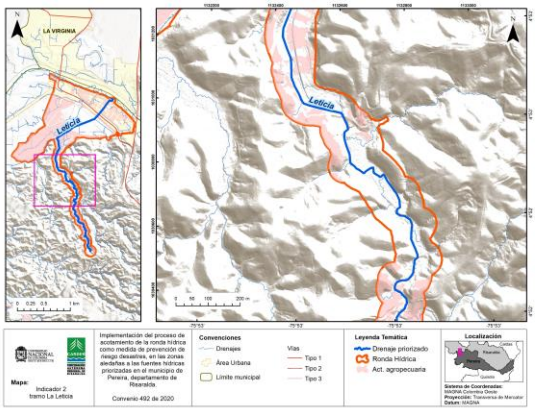
Tabla 99. Indicadores para el tramo de la quebrada La Leticia

Indicador	Valor
Indicador 1	23,09%
Indicador 2	47,95%

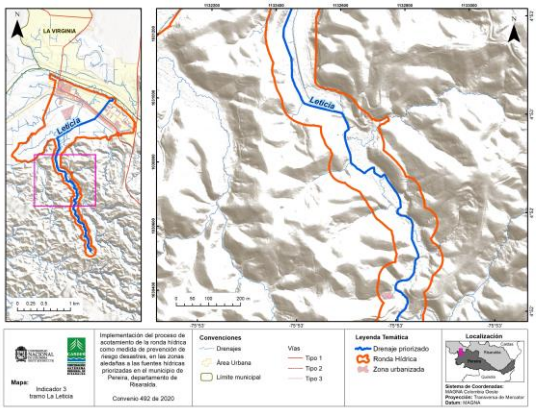
Indicador	Valor
Indicador 3	13,07%
Indicador 4	7,55%
Indicador 5	32,10%
Indicador 6	9,77 altura media [m]



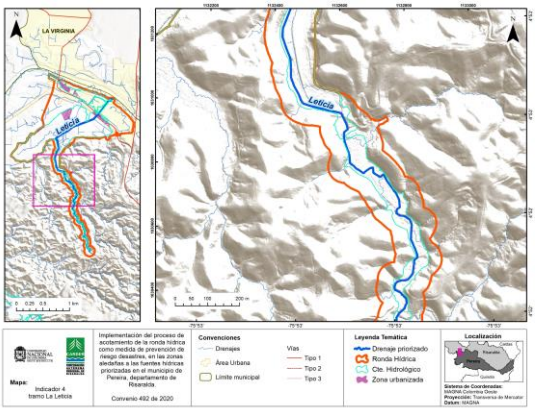
Indicador 1



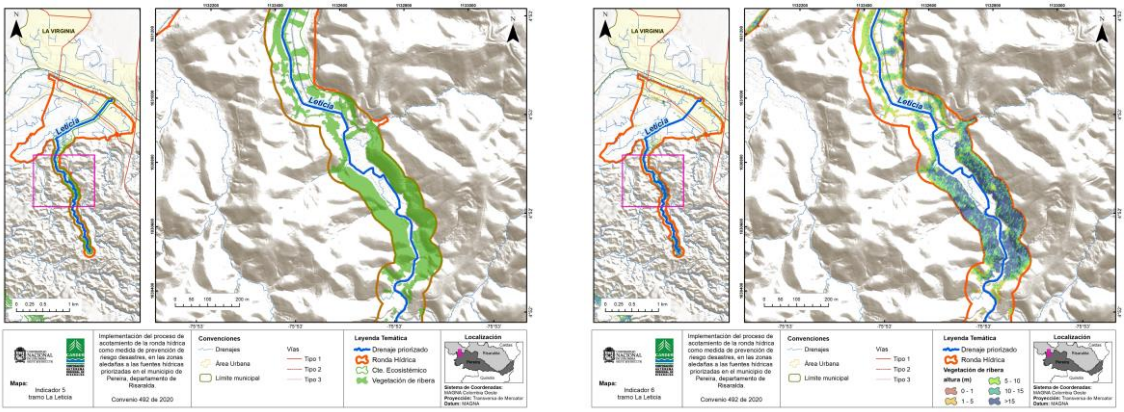
Indicador 2



Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5 Indicador 6

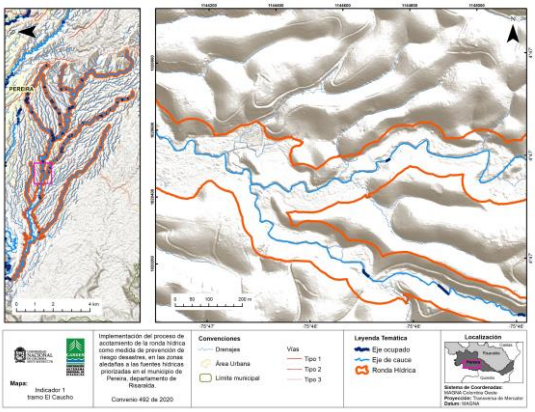
Figura 345. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada La Leticia

7.2.4 Quebrada El Caucho (parte alta y baja)

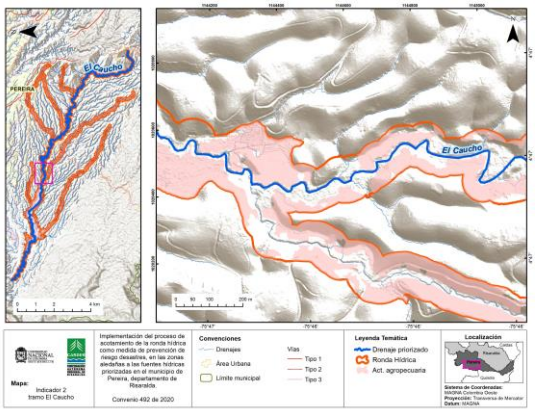
En la Tabla 100 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada El Caucho. El 52,40% de la ronda hídrica tiene actividades agropecuarias y el 1,14% del área está urbanizada. En la Figura 346 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 100. Indicadores para el tramo de la quebrada El Caucho

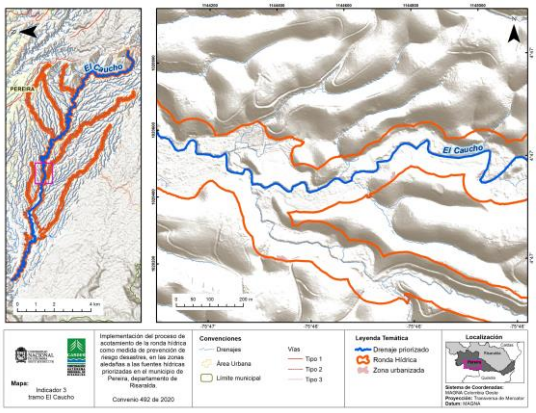
Indicador	Valor
Indicador 1	6,28%
Indicador 2	52,40%
Indicador 3	1,15%
Indicador 4	0,94%
Indicador 5	33,83%
Indicador 6	12,57 altura media [m]



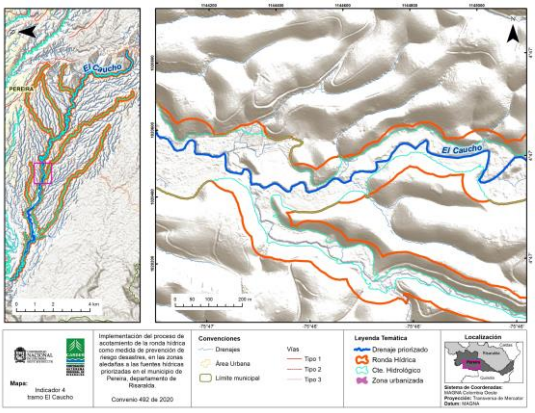
Indicador 1



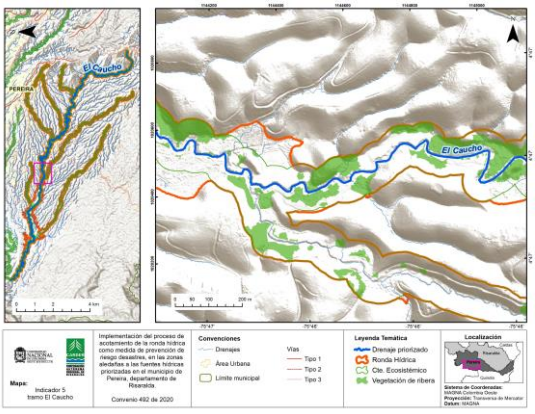
Indicador 2



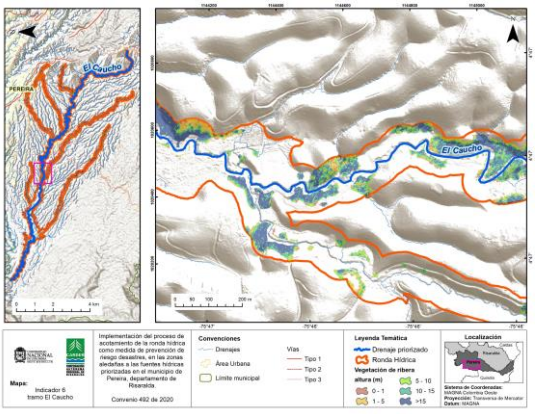
Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5



Indicador 6

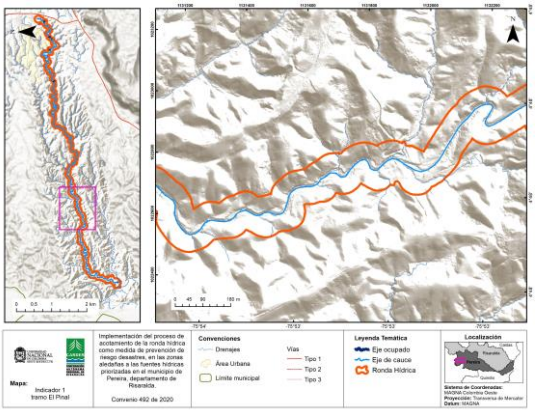
Figura 346. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Caucho

7.2.5 Quebrada El Piñal (cuenca alta)

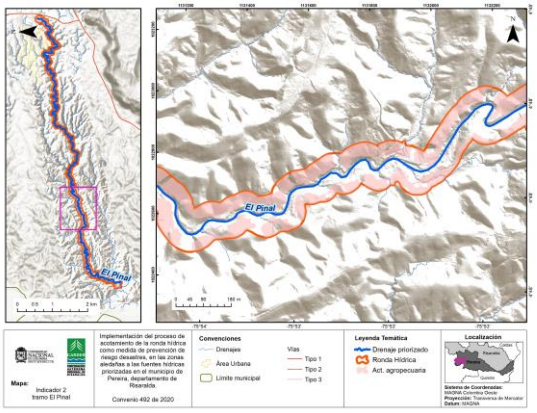
En la Tabla 101 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada El Piñal. Se resalta que el 63,42% del área de la componente ecosistémica se encuentra con vegetación de ribera. Respecto a la urbanización en la ronda hídrica esta representa un 0.33%. En la Figura 347 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 101. Indicadores para el tramo de la quebrada El Piñal

Indicador	Valor
Indicador 1	1,12%
Indicador 2	24,01%
Indicador 3	0,33%
Indicador 4	0,25%
Indicador 5	63,42%
Indicador 6	14,13 altura media [m]



Indicador 1



Indicador 2

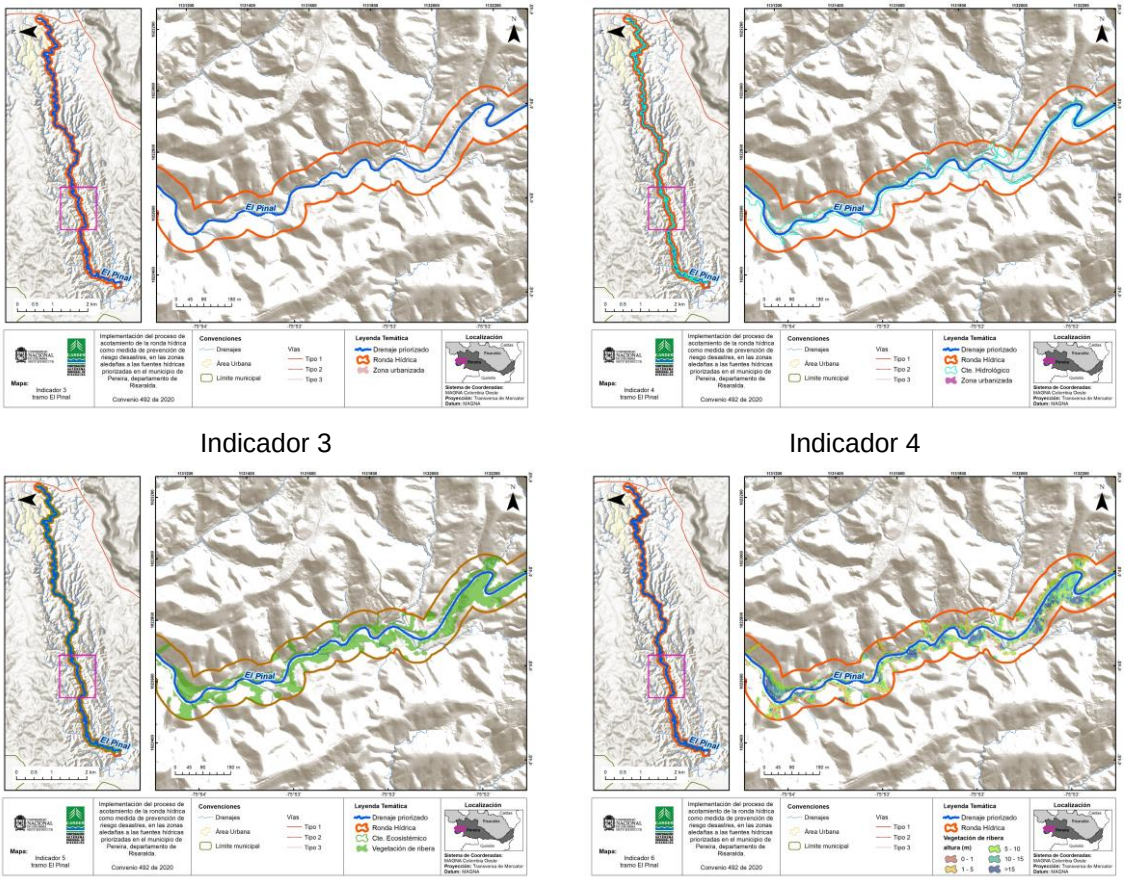


Figura 347. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Piñal

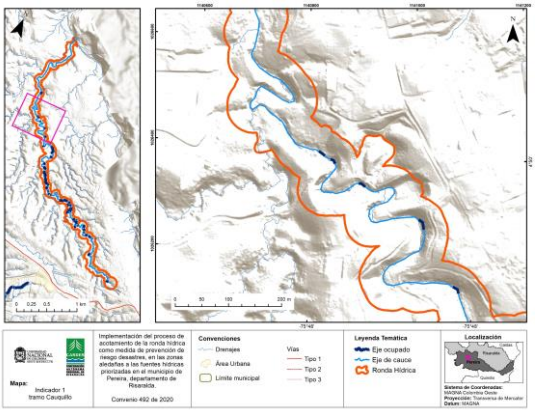
7.2.6 Quebrada Cauquillo

En la Tabla 102 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada Cauquillo. Para la quebrada se encuentra que el 19.38% de la longitud total del cauce tiene intervención, además el 8,80% de la ronda hídrica se encuentra urbanizada. En la Figura 348 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

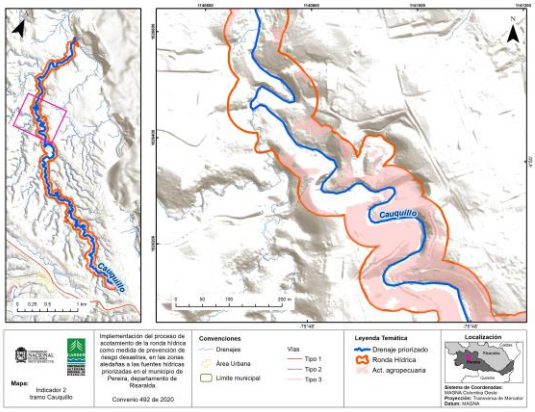
Tabla 102. Indicadores para el tramo de la quebrada Cauquillo

Indicador	Valor
Indicador 1	19,38%
Indicador 2	32,15%

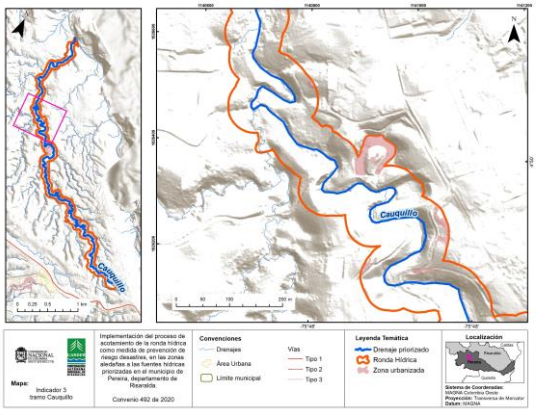
Indicador	Valor
Indicador 3	8,80%
Indicador 4	10,64%
Indicador 5	41,32%
Indicador 6	11,78 altura media [m]



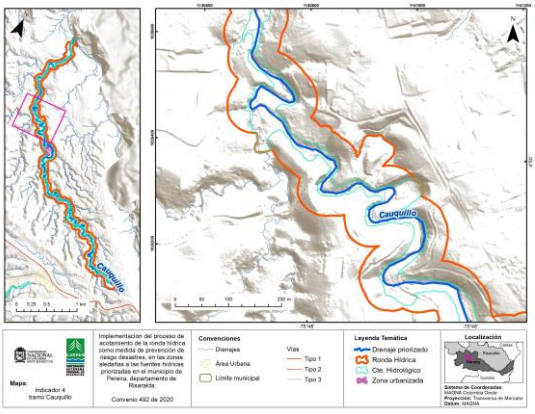
Indicador 1



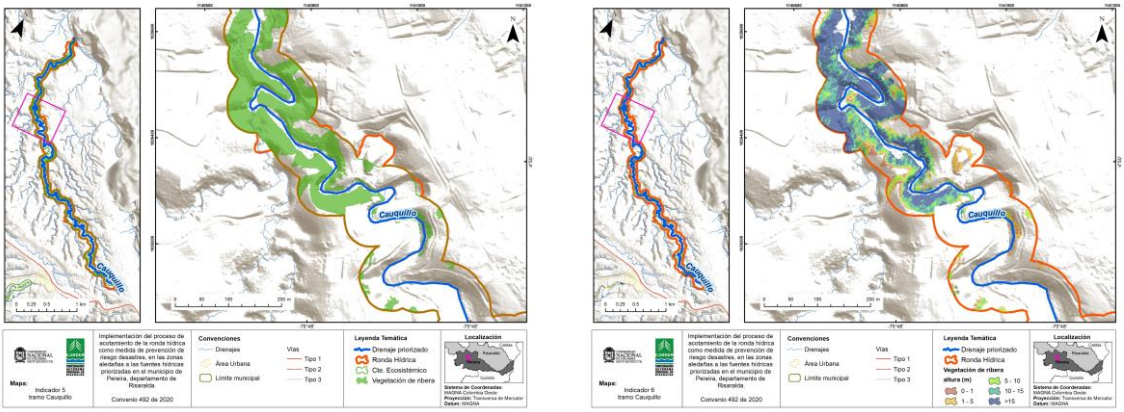
Indicador 2



Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5 Indicador 6

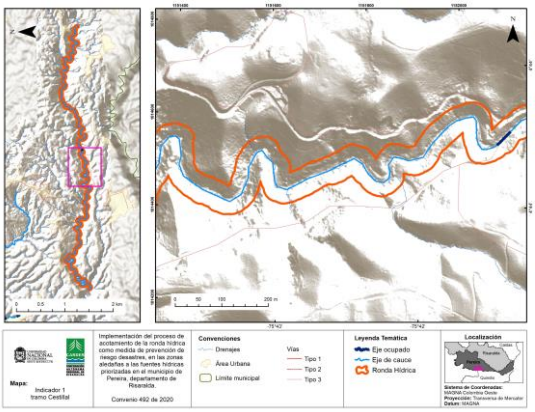
Figura 348. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada Cauquillo

7.2.7 Río Cestillal (cuenca media)

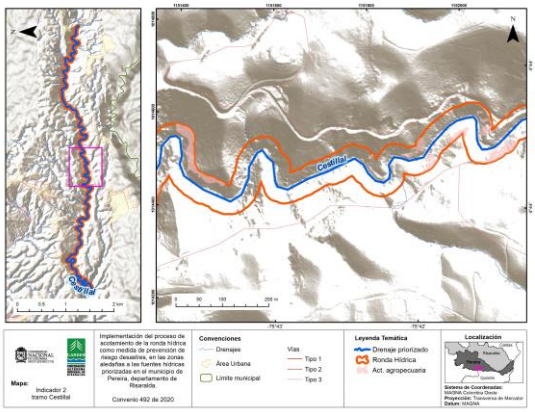
En la Tabla 103 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo del río Cestillal. Para el río sólo el 0.48% del cauce tiene intervención antrópica y la ocupación con urbanización de la ronda hídrica es del 0,05%; es importante también resaltar que el 70,86% de la componente ecosistémica cuenta con vegetación de ribera. En la Figura 349 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 103. Indicadores para el tramo del río Cestillal

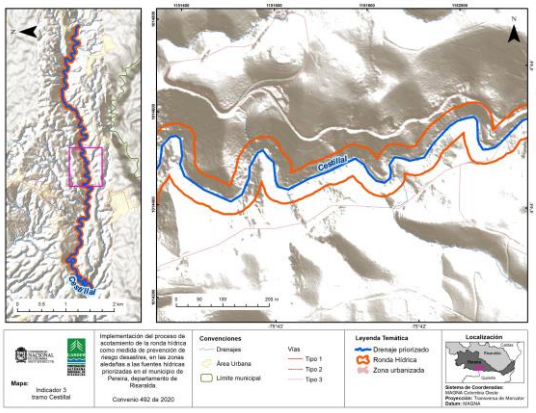
Indicador	Valor
Indicador 1	0,48%
Indicador 2	6,29%
Indicador 3	0,05%
Indicador 4	0,00%
Indicador 5	70,86%
Indicador 6	10,53 altura media [m]



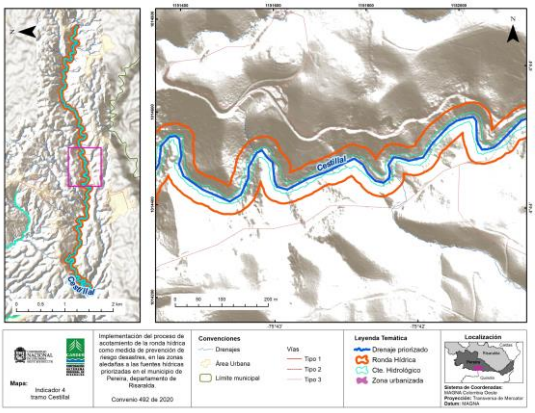
Indicador 1



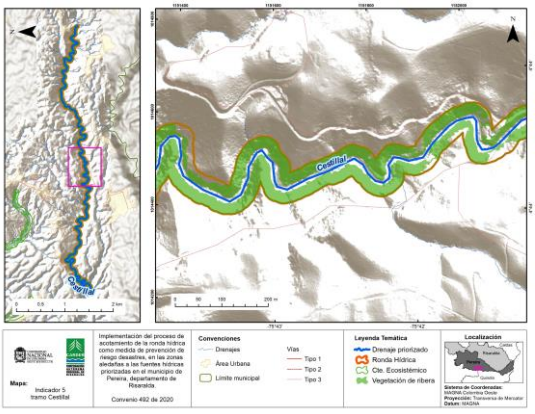
Indicador 2



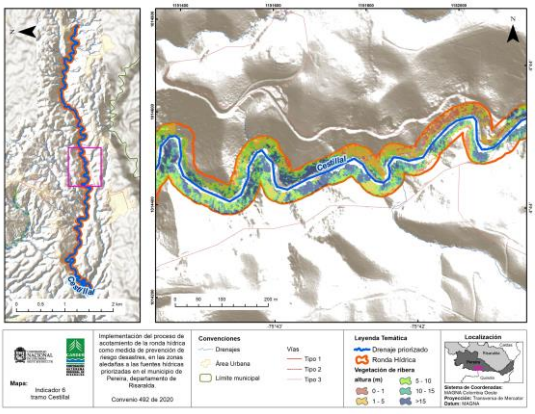
Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5



Indicador 6

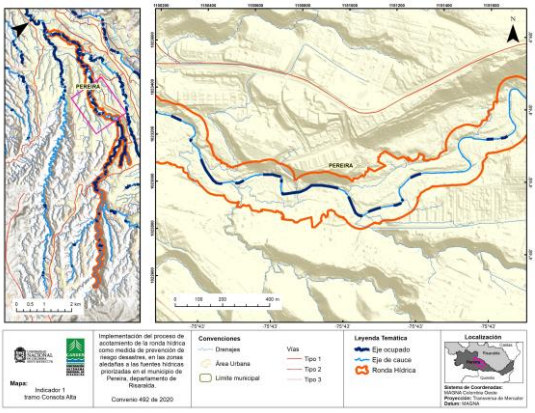
Figura 349. Indicadores de estado de la ronda hídrica del río Cestillal

7.2.8 Río Consotá parte alta

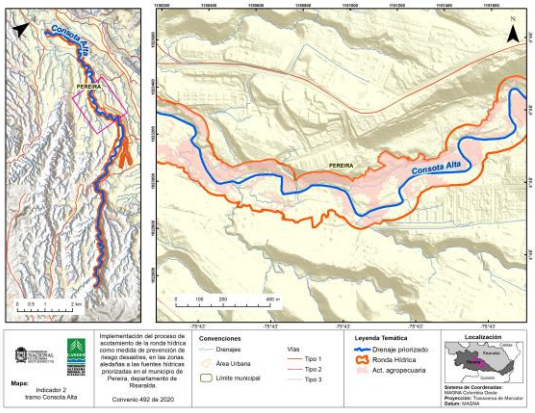
En la Tabla 104 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo del río Consotá parte alta. El río tiene el 49,67% de su cauce intervenido, además el 20,99% del área de la ronda hídrica está urbanizado, lo que corresponde a un 23,10% de la componente hidrológica. En la Figura 350 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 104. Indicadores para el tramo del río Consotá parte alta

Indicador	Valor
Indicador 1	49,67%
Indicador 2	22,94%
Indicador 3	20,99%
Indicador 4	23,10%
Indicador 5	48,28%
Indicador 6	10,34 altura media [m]



Indicador 1



Indicador 2

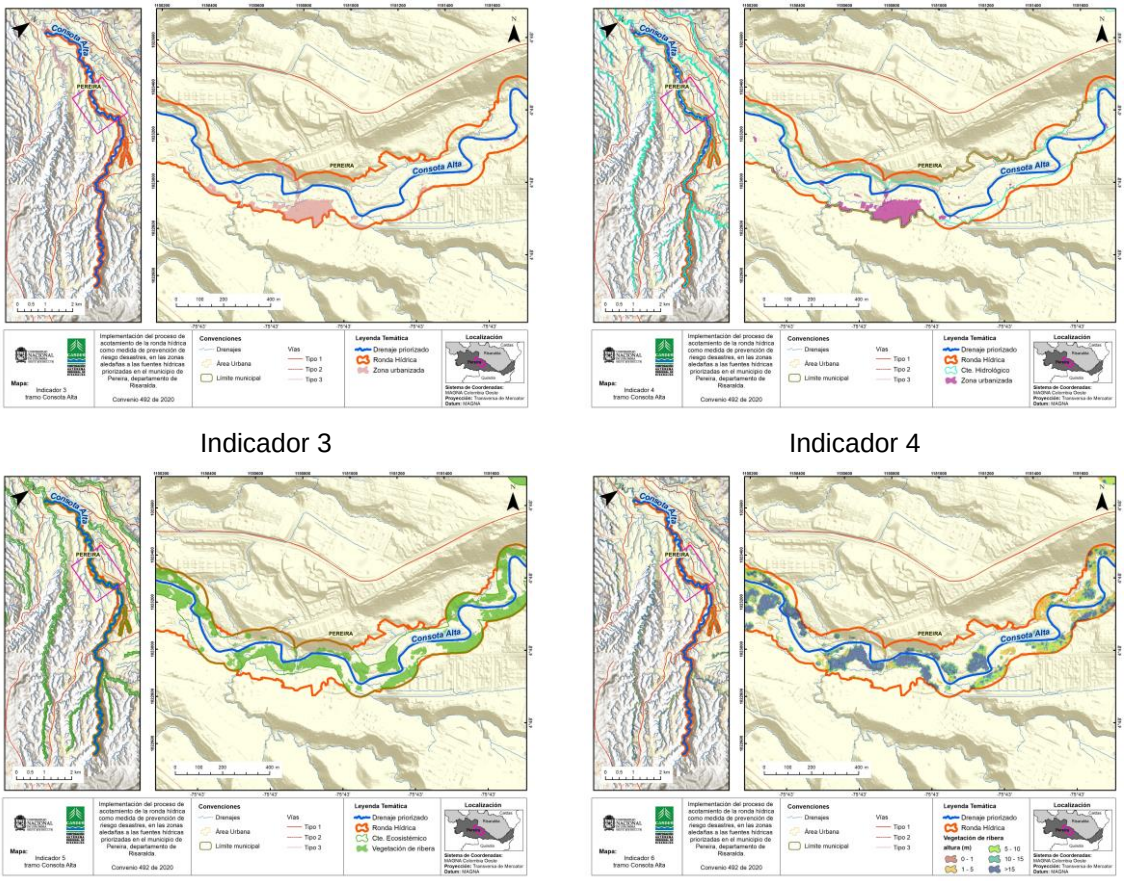


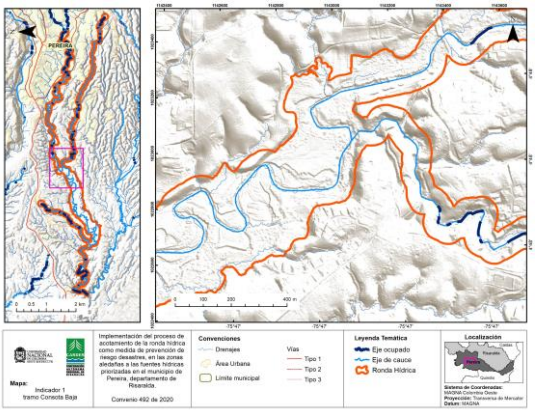
Figura 350. Indicadores de estado de la ronda hídrica del río Consotá parte alta

7.2.9 Río Consotá parte baja

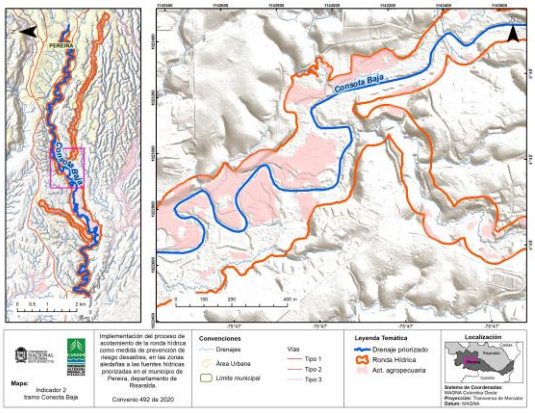
En la Tabla 105 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo del río Consotá parte baja. El río en la parte baja tiene el 24,66% de su cauce intervenido, además el 8,82% del área de la ronda hídrica está urbanizado, lo que corresponde a un 4,31% de la componente hidrológica. El 47,50% de la componente ecosistémica cuenta con vegetación de ribera. En la Figura 351 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 105. Indicadores para el tramo del río Consotá parte baja

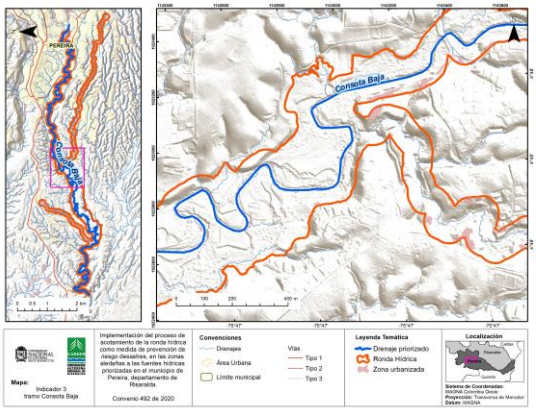
Indicador	Valor
Indicador 1	24,66%
Indicador 2	33,16%
Indicador 3	8,82%
Indicador 4	4,31%
Indicador 5	47,50%
Indicador 6	12,5 altura media [m]



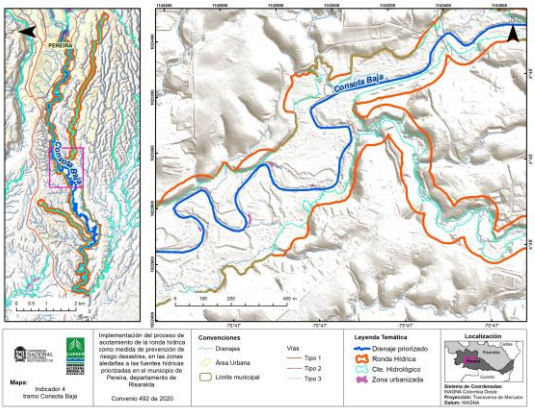
Indicador 1



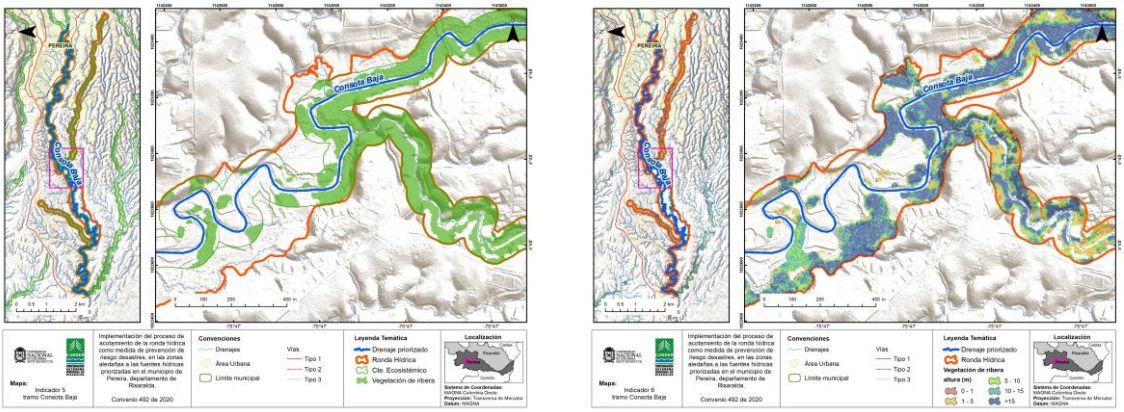
Indicador 2



Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5 Indicador 6

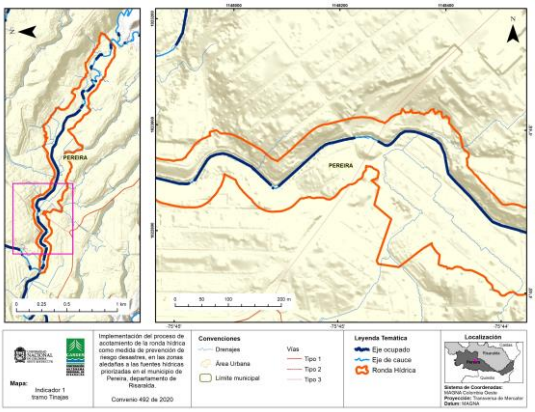
Figura 351. Indicadores de estado de la ronda hídrica del río Consotá parte baja

7.2.10 Quebrada Tinajas

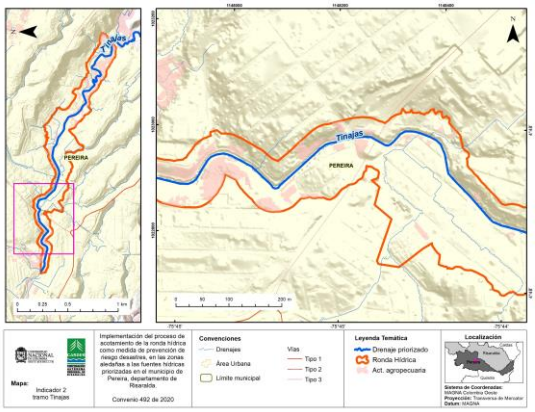
En la Tabla 106 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada Tinajas. Se resalta que respecto a la ocupación del cauce, el porcentaje es del 74,49%, al igual que la ocupación de la ronda hídrica y la componente hidráulica con áreas urbanizadas que son el 52,69% y 50,53% respectivamente. En la Figura 352 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 106. Indicadores para el tramo de la quebrada Tinajas

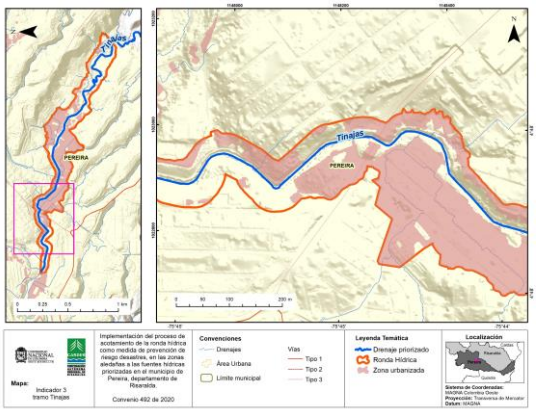
Indicador	Valor
Indicador 1	74,49%
Indicador 2	19,40%
Indicador 3	52,69%
Indicador 4	50,53%
Indicador 5	25,98%
Indicador 6	9,03 altura media [m]



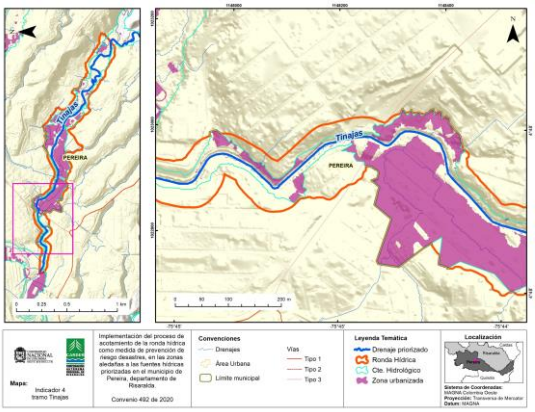
Indicador 1



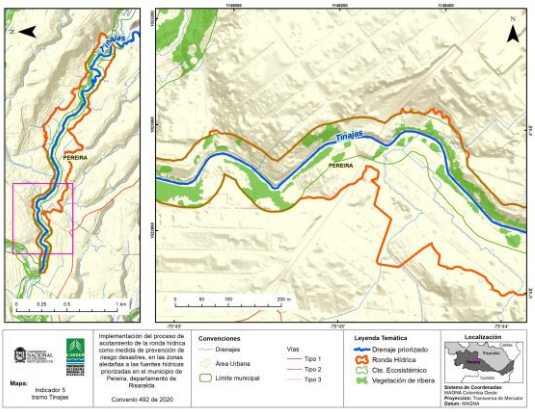
Indicador 2



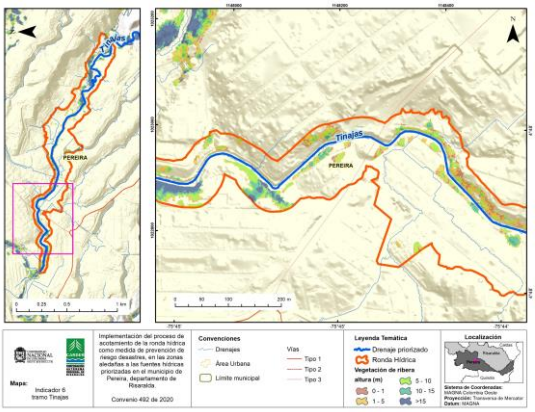
Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5



Indicador 6

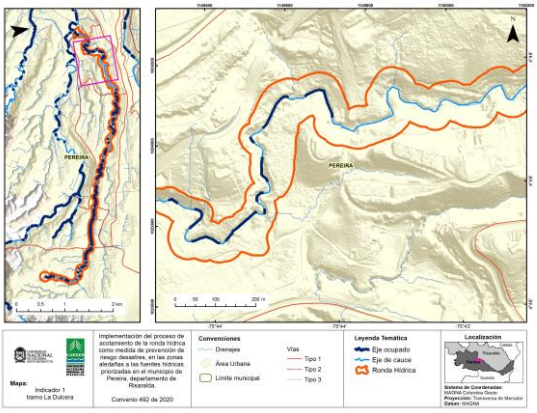
Figura 352. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada Tinajas

7.2.11 Quebrada La Dulcera

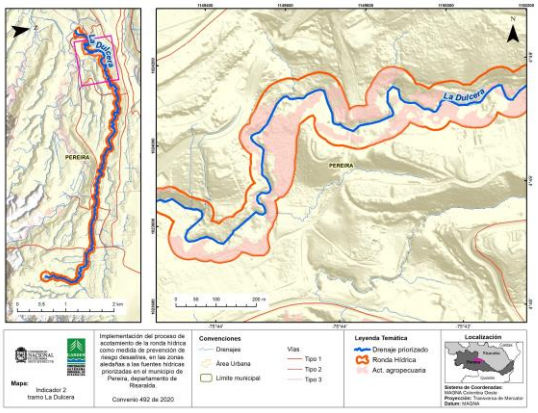
En la Tabla 107 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada La Dulcera. El 59,90% del cauce de la quebrada se encuentra intervenido y el 21,68% de la ronda hídrica urbanizada. En la Figura 353 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 107. Indicadores para el tramo de la quebrada La Dulcera

Indicador	Valor
Indicador 1	59,90%
Indicador 2	17,99%
Indicador 3	21,68%
Indicador 4	17,00%
Indicador 5	46,29%
Indicador 6	10,71 altura media [m]



Indicador 1



Indicador 2

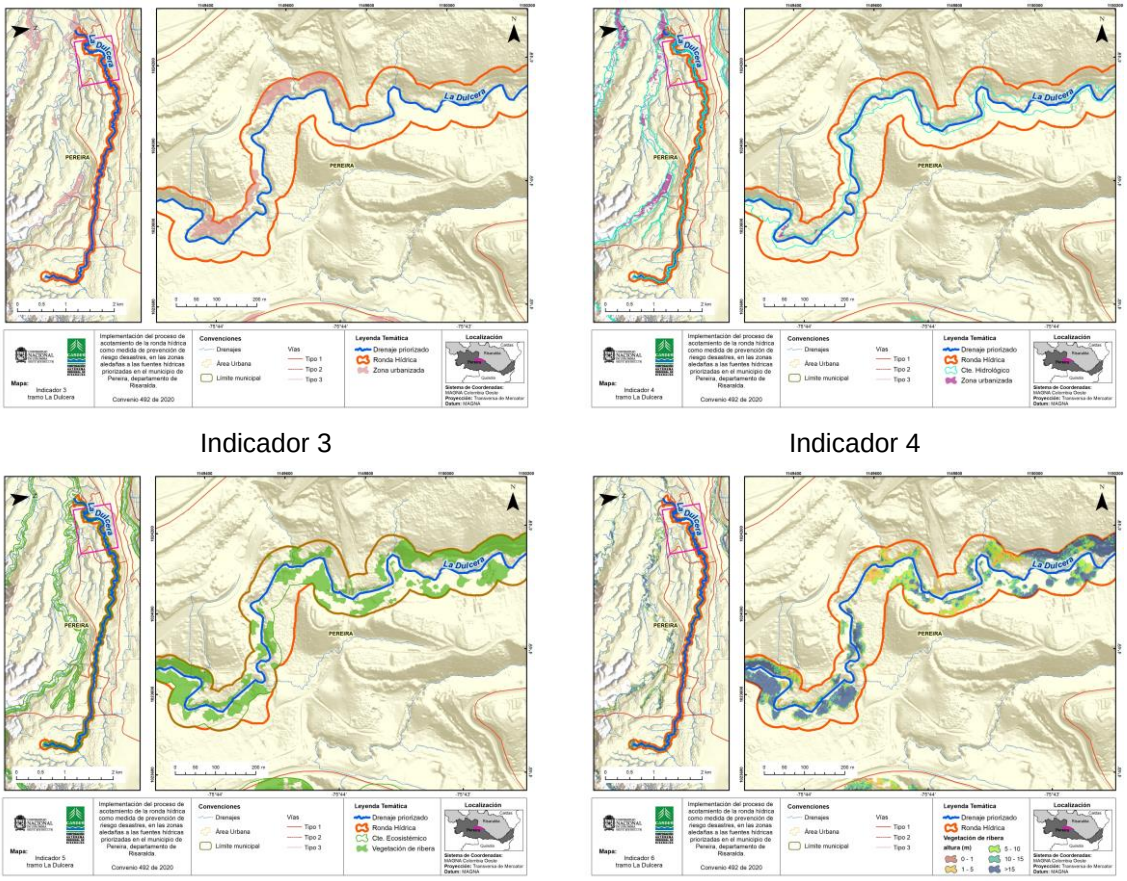


Figura 353. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada La Dulcera

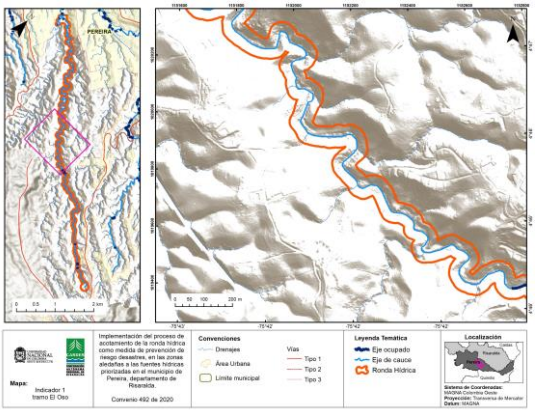
7.2.12 Quebrada El Oso

En la Tabla 108 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada El Oso. El 31,40% de la ronda hídrica tiene actividades agropecuarias, y la intervención del cauce es baja. El 54,46% de la componente ecosistémica tiene vegetación de ribera. En la Figura 354 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

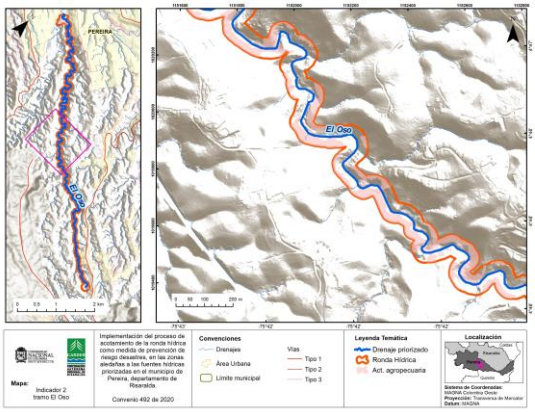
Tabla 108. Indicadores para el tramo de la quebrada El Oso

Indicador	Valor
Indicador 1	3,20%
Indicador 2	31,40%

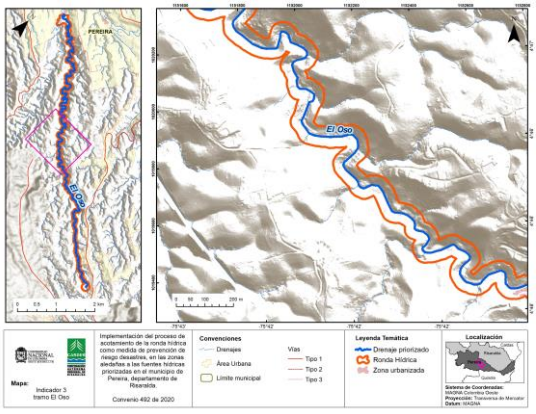
Indicador	Valor
Indicador 3	0,79%
Indicador 4	1,19%
Indicador 5	54,46%
Indicador 6	12,95 altura media [m]



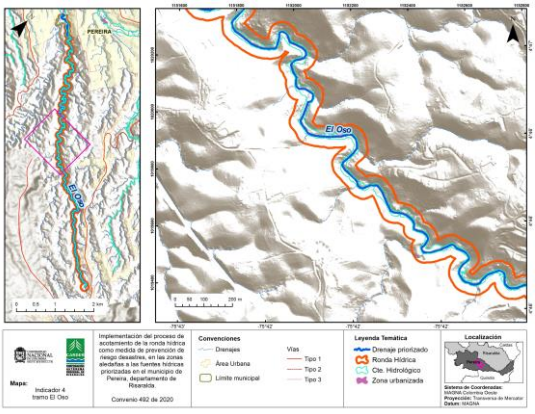
Indicador 1



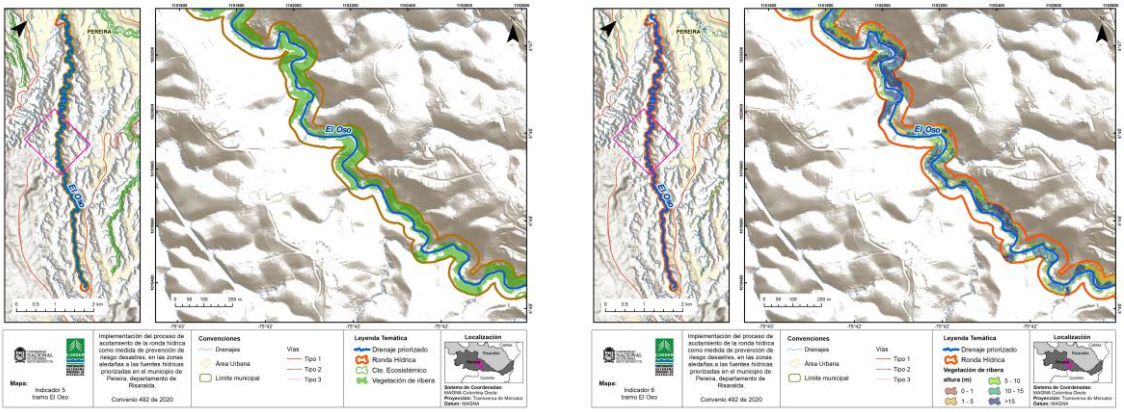
Indicador 2



Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5 Indicador 6

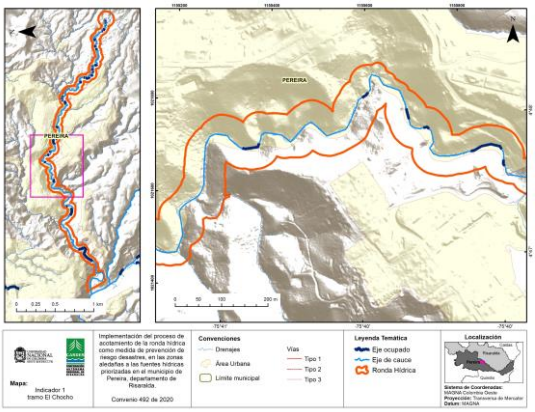
Figura 354. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Oso

7.2.13 Quebrada El Chocho

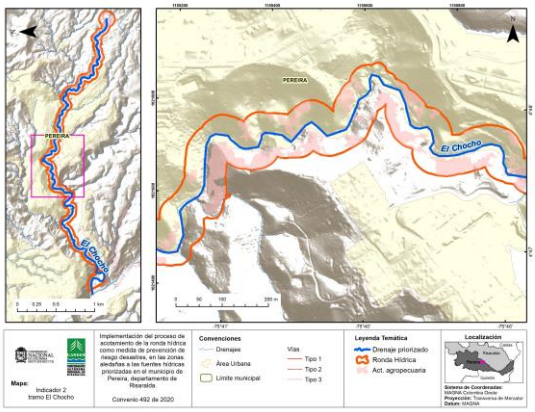
En la Tabla 109 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada El Chocho. El 19,60% del cauce de la quebrada está intervenido y el 58,69% del área de la componente ecosistémica se encuentra con vegetación de ribera. En la Figura 355 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 109. Indicadores para el tramo de la quebrada El Chocho

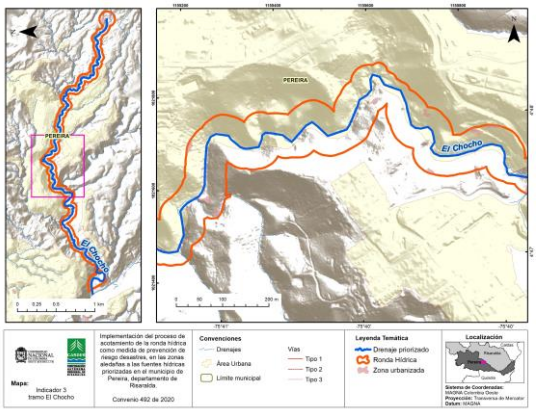
Indicador	Valor
Indicador 1	19,60%
Indicador 2	25,35%
Indicador 3	3,39%
Indicador 4	0,48%
Indicador 5	58,69%
Indicador 6	9,33 altura media [m]



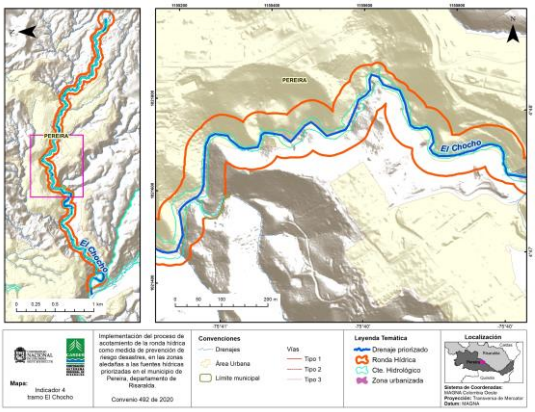
Indicador 1



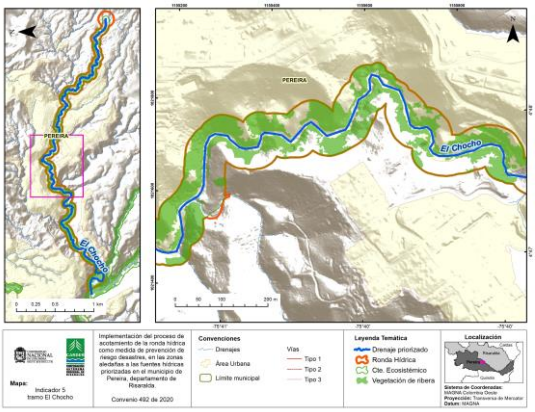
Indicador 2



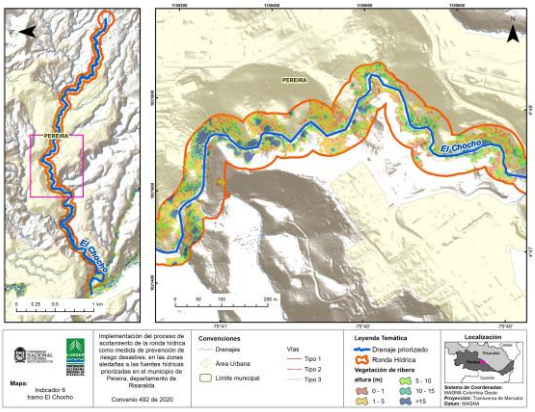
Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5



Indicador 6

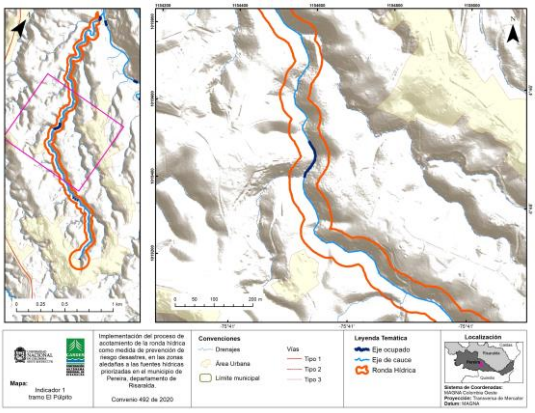
Figura 355. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Chocho

7.2.14 Quebrada El Púlpito

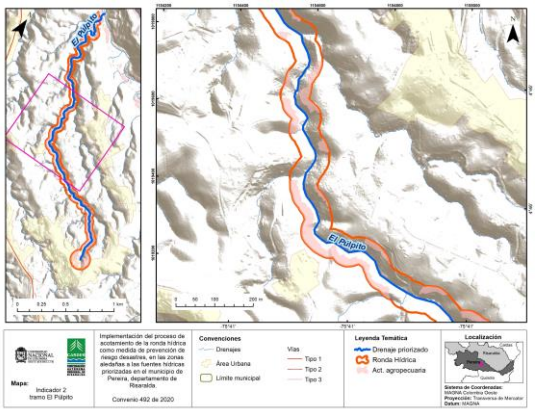
En la Tabla 110 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada El Púlpito. Se resalta que el 60,28% de la componente ecosistémica tiene vegetación de ribera y el 4,77% del cauce se encuentra intervenido. En la Figura 356 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 110. Indicadores para el tramo de la quebrada El Púlpito

Indicador	Valor
Indicador 1	4,77%
Indicador 2	33,28%
Indicador 3	0,60%
Indicador 4	0%
Indicador 5	60,28%
Indicador 6	9,78 altura media [m]



Indicador 1



Indicador 2

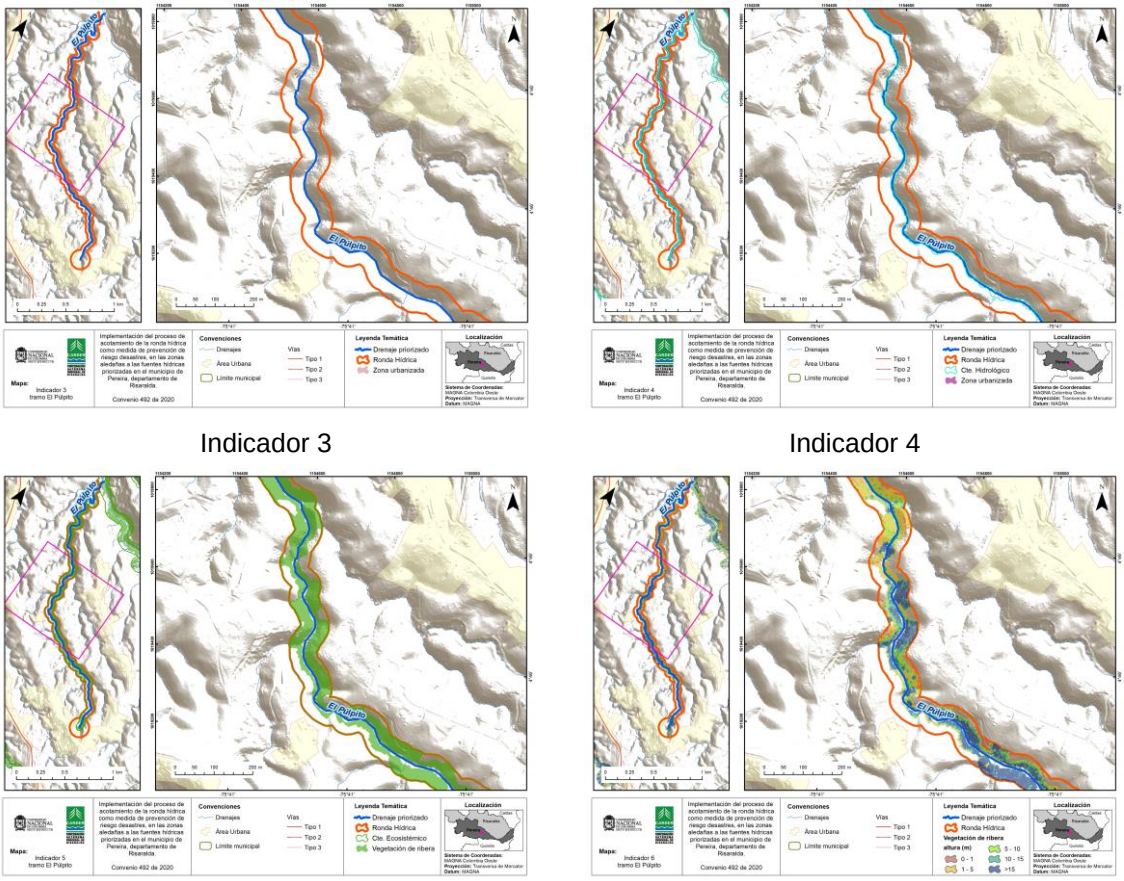


Figura 356. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada El Púlpito

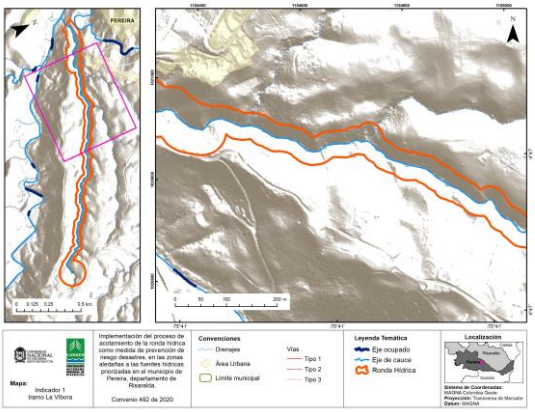
7.2.15 Quebrada La Víbora

En la Tabla 111 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo de la quebrada La Víbora. Para la ronda hídrica de la quebrada el 29,95% de área está en actividades agropecuarias y el 0,86% está urbanizada. El 53,89% del área de la componente ecosistémica tiene vegetación de ribera. En la Figura 357 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

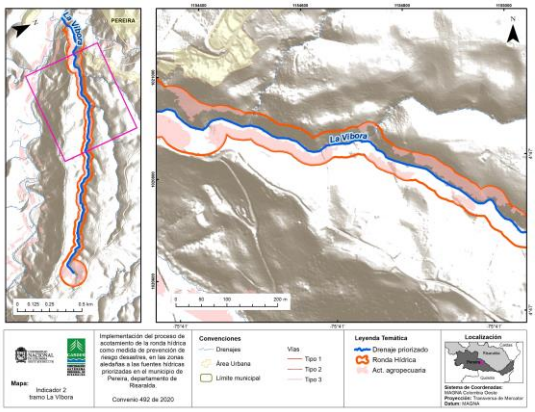
Tabla 111. Indicadores para el tramo de la quebrada La Víbora

Indicador	Valor
Indicador 1	4,09%
Indicador 2	29,95%

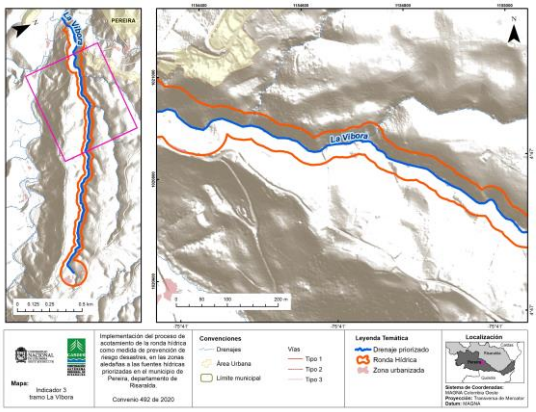
Indicador	Valor
Indicador 3	0,86%
Indicador 4	0,01%
Indicador 5	53,89%
Indicador 6	12,76 altura media [m]



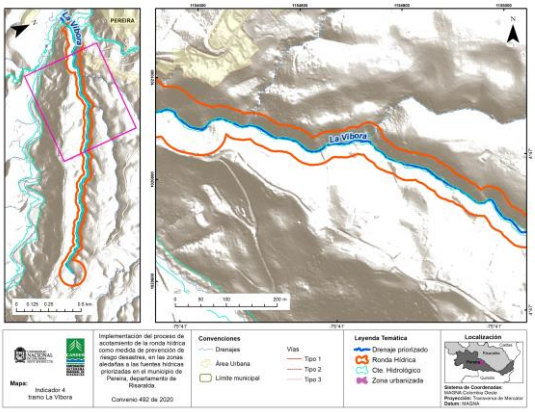
Indicador 1



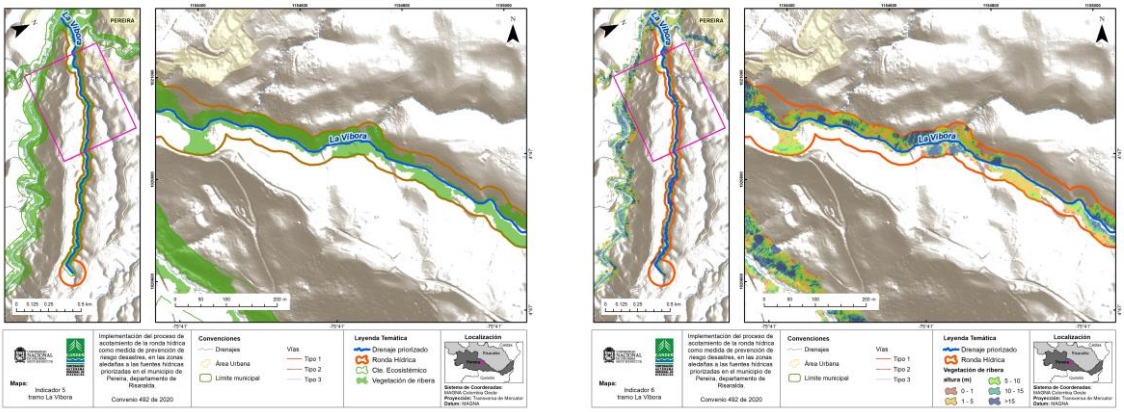
Indicador 2



Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5 Indicador 6

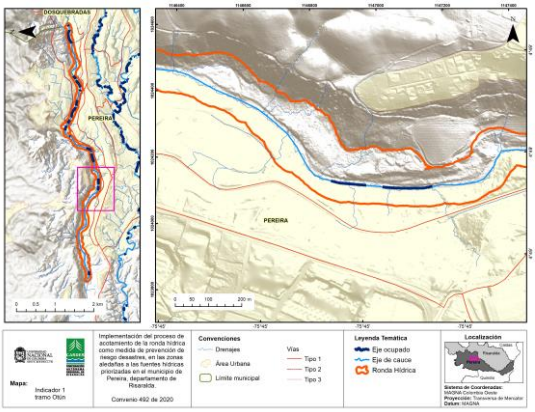
Figura 357. Indicadores de estado de la ronda hídrica de la quebrada La Víbora

7.2.16 Río Otún

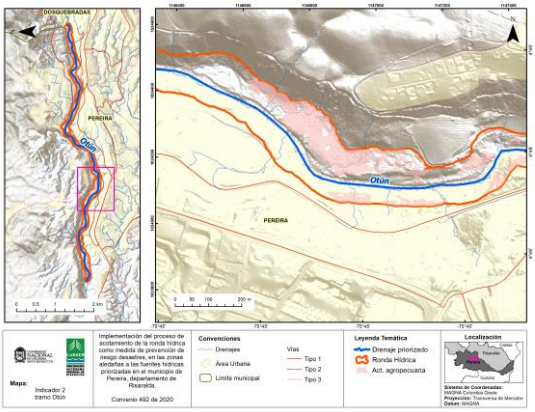
En la Tabla 112 se presenta el resultado de la estimación de los indicadores para el tramo del río Otún. El 29,06% del tramo del río se encuentra intervenido, y el 6,54% de la ronda hídrica está urbanizada. En la Figura 358 se presentan la espacialización de las variables que cambarían en los tramos en el tiempo.

Tabla 112. Indicadores para el tramo del río Otún

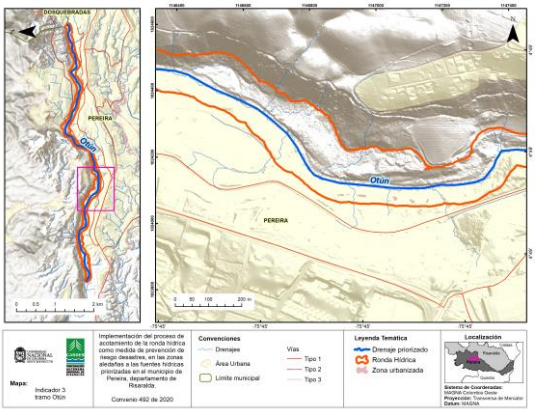
Indicador	Valor
Indicador 1	29,06%
Indicador 2	19,84%
Indicador 3	6,54%
Indicador 4	6,1%
Indicador 5	35,89%
Indicador 6	11,22 altura media [m]



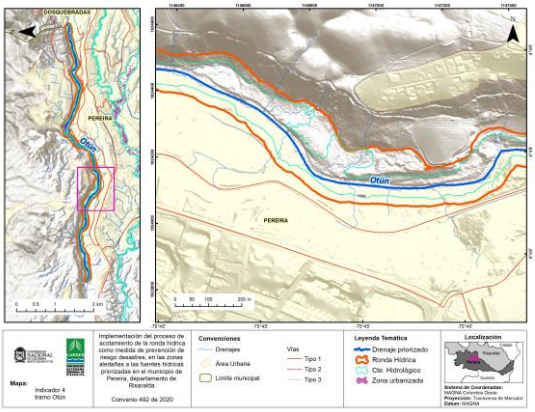
Indicador 1



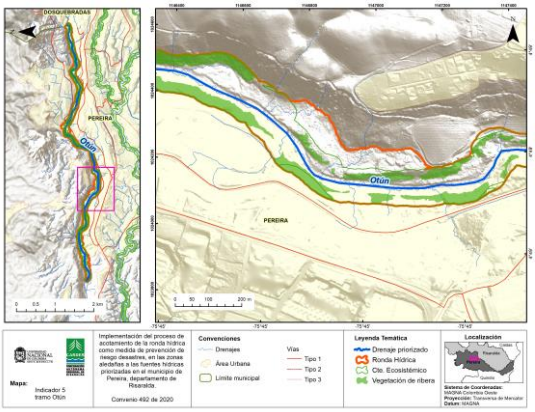
Indicador 2



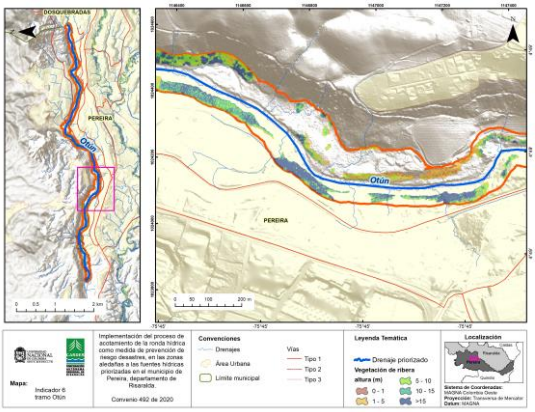
Indicador 3



Indicador 4



Indicador 5



Indicador 6

Figura 358. Indicadores de estado de la ronda hídrica del río Otún

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Municipal de Pereira. (2016a). *Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira. Libro 2. Diagnóstico*.

Alcaldía Municipal de Pereira. (2016b). *Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira 2016 - 2027. Revisión de Largo Plazo. Cartografía*.

Fao, & Minambiente. (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible del suelo en áreas rurales. Construcción participativa del diagnóstico de suelos diseño de planes de intervención prácticas de manejo sostenible de los suelos* (Organizaci). https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf

Giraldo, E. A., Osorio, L. F., & Tobón, M. M. (2015). Los servicios ecosistémicos en el ordenamiento ambiental del suelo. *Luna Azul*, *40*, 240–259. https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.16

Minambiente. (2015). *Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas* (O. Ospina, S. Vanegas, G. Escobar, W. Ramírez, & J. Sánchez (eds.)). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). http://www.andi.com.co/Uploads/Plan nacional de restauración.pdf

Minambiente. (2018). *Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia* (Ministerio). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente).

Minambiente. (2020). *Orientaciones para la definición y actualización de las determinantes ambientales por parte de las autoridades ambientales y su incorporación en los planes de ordenamiento territorial. Segunda Edición*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente).

Tapella, E. (2007). El Mapeo de Actores Claves. In *Universidad Nacional de Cordoba. Instituto Multidisciplinario de Biologia Vegetal (CONICET)* (p. 18). https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/quc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf

Alcaldía Municipal de Pereira. (2016). *Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira 2016 - 2027. Revisión de Largo Plazo. Componente Urbano. Documento Técnico Soporte. Libro II*.

CARDERío (2015). *Actualización de la sectorización hidrográfica del departamento de Risaralda. Documento base para la estandarización de la codificación de Unidades*

Hidrográficas en el marco de la infraestructura de datos espaciales para el departamento de Risaralda. Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER).

CARDER, Minambiente, Fondo de Adaptación, & Consorcio Otún. (2016). *Actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Otún*.

Carvajal, J. H., Jímenez, D. Río, & Padilla, J. (2002). *Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica para la zonificación geomecánica*. Servicio Geológico Colombiano (Sgc).

Chow, V. Te, Maidment, D., & Mays, L. W. (1994). *Applied Hydrology* (Primera). McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering.

CVC, MinambienteCARDER, CRQ, Fondo de Adaptación, & Consorcio POMCA Quindio. (2016). *Actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río La Vieja. Fase de Diagnóstico* (Consorcio POMCA Quindio (ed.)).

Holdridge, L. Río (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/publicaciones-ideam

Ingeominas. (1984). *Geología y geoquímica de la plancha 224 Pereira.* (H. Caballero & G. Zapata (eds.)). Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). http://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010010024378/documento/pdf/0101243781101000.pdf

MEA -Evaluación de Ecosistemas del Milenio. (2003). *Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación*.

Minambiente. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Politica-Nacional-de-Biodiversidad/PNGIBSE_espanol_web.pdf

Minambiente. (2018). *Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia* (Ministerio). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente).

Servicio Geológico Colombiano (Sgc). (2015). *Anexo A. Glosario de unidades y subunidades geomorfólogica*. Sgc. https://www.yumpu.com/es/document/view/58573471/glosario-geomorfologico

Sgc. (2015). Plancha 5 – 8 Del Atlas Geológico De Colombia. Escala 1: 500 000. In *: Servicio Geológico Colombiano*. Servicio Geológico Colombiano (Sgc). https://www2.sgc.gov.co/MGC/Documents/Atlas_2015/agcpl08/Plancha_5-08_AGC_2015.pdf

Universidad Nacional de Colombia. (2019). *Catálogo de plantas y Líquenes de Colombia* (Río Bernal, S. Río Gradstein, & M. Celis (eds.)). http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/

Universidad Tecnológica de Pereira, & CARDERío (2020). *Documento técnico de transferencia de conocimiento a la CARDER sobre la metodología para la definición del límite físico de las rondas hídricas y las estrategias de manejo ambiental de estas*. Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER).

Upme, & Universidad Nacional de Colombia. (2000). *Atlas Hidrológico de Colombia*. Unidad de Planeación Minero Energética (Upme).

ValuES. (2021a). *Methods for integrating ecosystem services into policy, planning and practice. Complementary method profile. Participatory mapping*. Methods for Integrating Ecosystem Services into Policy, Planning and Practice. http://www.aboutvalues.net/method_navigator/

ValuES. (2021b). *Methods for integrating ecosystem services into policy, planning and practice. Method profile. Different interview formats*. Methods for Integrating Ecosystem Services into Policy, Planning and Practice. www.aboutvalues.net.

ValuES. (2021c). *Methods for integrating ecosystem services into policy, planning and practice. Method profile. Focus group discussion*. Methods for Integrating Ecosystem Services into Policy, Planning and Practice. www.aboutvalues.net.

Vélez, W., Álzate, M., & Franco, M. (2020). *Documento base de soporte para el direccionamiento de acotamiento de rondas hídricas y toma de ortofotos en el municipio de Pereira*.