Contrato de Consultoría No. 376 de 2025

Desarrollar las actividades para la elaboración de la etapa 1: Cartografía 1:10.000, aprestamiento; conocimiento del riesgo (amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos naturales de inundación, avenida torrencial y movimiento en masa); y el acotamiento de las rondas hídricas del plan de manejo ambiental de la microcuenca de la quebrada aguas calientes y sus quebradas tributarias el piñal y el salado en jurisdicción del municipio de Rivera- Huila, en cumplimiento de lo dispuesto en el decreto 1076 de 2015 y los lineamientos de los decretos 1807 de 2014, 1077 de 2015 para la incorporación del riesgo en el desarrollo territorial, el decreto 2245 de 2017 para el acotamiento de rondas hídricas y las guías metodológicas desarrolladas por el servicio geológico colombiano- sgc, el ideam, y las directrices para la gestión del cambio climático de la ley 1931 de 2018 y demás normas que se complementen, adicionen, sustituyan y/o modifiquen.

INFORME PR-029

VOLUMEN A
TOMO I

Quebrada Aguas Calientes - Piñal y El Salado - Rivera
Generalidades
Versión 1

CONSORCIO MAEMUKI

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena

Contrato de Consultoría No. 376 de 2025

Desarrollar las actividades para la elaboración de la etapa 1: Cartografía 1:10.000, aprestamiento; conocimiento del riesgo (amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos naturales de inundación, avenida torrencial y movimiento en masa); y el acotamiento de las rondas hídricas del plan de manejo ambiental de la microcuenca de la quebrada aguas calientes y sus quebradas tributarias el piñal y el salado en jurisdicción del municipio de Rivera- Huila, en cumplimiento de lo dispuesto en el decreto 1076 de 2015 y los lineamientos de los decretos 1807 de 2014, 1077 de 2015 para la incorporación del riesgo en el desarrollo territorial, el decreto 2245 de 2017 para el acotamiento de rondas hídricas y las guías metodológicas desarrolladas por el servicio geológico colombiano- sgc, el ideam, y las directrices para la gestión del cambio climático de la ley 1931 de 2018 y demás normas que se complementen, adicionen, sustituyan y/o modifiquen.

INFORME PR-029

TOMO I || Generalidades

Version (1)

Rivera, Huila, 07-25

HOJA DE FIRMAS

Vo.Bo. - Supervisión:

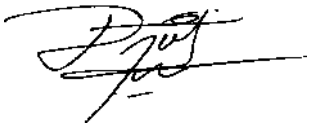
Geól. Freddy Angarita Pérez
Supervisor CAM

Consorcio Maemuki:



(Aprobó)

Ing. Flavio Soler Sierra (MP 25202 - 47646)
Director del Proyecto



(Revisó)

Ing. Diego Soler Sierra (MP 25255-110066)
Coordinador del Proyecto - Especialista SIG

Rivera, Huila, Julio de 2025

Índice

Lista de Figuras xiv

Lista de Tablas xvi

Presentación 1

1. Introducción 3

2. Objetivos 5
2.1. Objetivo General 5
2.2. Objetivos Específicos 5

3. Alcance 7

4. Localización 9

5. Metodología 13
5.1. Marco Normativo 13
5.1.1. Decreto 1077 de 2015 13
5.1.2. Ley 1450 de 2011 14
5.1.3. Decreto 2245 de 2017 14
5.1.4. Resolución 957 de 2018 14
5.2. Metodología para análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo . 14
5.2.1. Análisis de amenaza por movimientos en masa 15
5.2.2. Análisis de amenaza por inundaciones 18
5.2.3. Análisis de amenaza por avenidas torrenciales 19
5.2.4. Análisis de vulnerabilidad 30
5.2.5. Análisis del riesgo 43
5.3. Metodología de Acotamiento de Rondas Hídricas 51
5.3.1. Alistamiento Institucional 51
5.3.2. Delimitación del Cauce Permanente 52
5.3.3. Componente Hidrológico 52
5.3.4. Componente Ecosistémico 52
5.3.5. Componente Geomorfológico 52
5.3.6. Definición de Ronda 52
5.3.7. Generalidades Manejo Ambiental 52

5.3.8. Estrategias de Manejo Ambiental 53
5.4. Metodología del Cambio Climático 53
5.4.1. Etapa Diagnostico 54
5.4.2. Determinantes Ambientales 55
5.4.3. Determinantes Relacionadas con el Medio Natural 56
5.4.4. Determinantes del Medio Transformado 56
5.4.5. Determinantes Relacionadas con las Densidades de Ocupación en Suelo Rural 56
5.4.6. Determinantes de Gestión del Riesgo y el Cambio Climático 57
5.4.7. Aproximación de Cambio Climático en el Componente Rural 58
5.4.8. Consideraciones de Cambio Climático en el Programa de Ejecución del POT 59
5.5. Metodología del Aprestamiento 60
5.5.1. Identificación, Caracterización, Priorización de Actores y Diseño de Estrategias de Socialización y Participación . . 61
5.5.2. Identificación y Caracterización de Actores 62
5.5.3. Mapeo de actores 64
5.5.4. Estrategia de Participación 65
5.5.5. Aplicación de Herramientas para Identificación Preliminar de Problemas Críticos en la Microcuenca a partir del Trabajo con Actores 66
5.5.6. Recopilación y Análisis de Información Secundaria Existente 67

6. Plan de trabajo **71**
6.1. Visita técnica 71
6.2. Levantamiento topográfico e hidrométrico 71
6.3. Plan de Trabajo Aprestamiento 73
6.4. Estudios de suelos, geológicos y geotécnicos 73
6.4.1. Estudio Geomorfológico y Geológico 74
6.4.2. Estudios de Suelos (Geotécnico) 74
6.4.3. Ensayos de campo, de laboratorio e Informe 75
6.4.4. Informe Geotécnico 76
6.5. Amenaza por el Fenómeno de Inundación 77
6.6. Amenaza por el fenómeno de Movimiento en Masa 78
6.6.1. Insumos 82
6.6.2. Factores Condicionantes 82
6.6.3. Factores Detonantes y Modelación 82
6.6.4. Resultados 82
6.7. Amenaza por el fenómeno de Avenida Torrencial 83
6.7.1. Recopilación y análisis de información secundaria 85
6.7.2. Trabajo de campo 85
6.7.3. Integración de resultados 85
6.8. Análisis Geomorfológico 86

6.9. Estudio hidráulico – tránsito de crecientes 87
6.9.1. Modelación hidráulica del pico de crecientes de la avenida torrencial 87
6.10. Estudio de Riesgo Detallado 87
6.10.1. Desarrollo del análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo 87
6.10.2. Desarrollo y complemento de los análisis históricos de eventos 87
6.10.3. Desarrollo de estudios requeridos asociados al riesgo y especificaciones de los mismos (topografía, suelos, hidrología, batimetría, entre otros) 88
6.10.4. Desarrollo del diagnóstico de condiciones físicas y ambientales del sector de estudio 88
6.10.5. Desarrollo de la evaluación de la amenaza 88
6.10.6. Desarrollo de escenarios mínimos considerados 88
6.10.7. Desarrollo de los requisitos mínimos para el análisis de vulnerabilidad y riesgo 89
6.10.8. Desarrollo de los análisis de vulnerabilidad requeridos para cada caso, incluyendo los específicos sobre estructuras existentes en los casos que aplique 89
6.10.9. Desarrollo de la evaluación de riesgo, valoración de daños y pérdidas de alternativas para la intervención y el nivel de seguridad de cada propuesta de solución 89
6.10.10. Desarrollo de la evaluación de alternativas de intervención, a nivel de diseño y diseño detallado de las mismas . 89
6.10.11. Zonas con riesgo mitigable (obras de control y mitigación) – Estudios hidrológicos e hidráulicos 90
6.11. Estudios Hidrológicos, Hidráulico y Socavación 90
6.11.1. Estudio de Socavación 91
6.12. Acotamiento de Ronda Hídrica 91
6.13. Zonificación Ambiental y Delimitación de la ronda 91
6.14. Planteamiento de alternativas de obras estructurales y no estructurales 92
6.14.1. Diseño de las obras estructurales 92
6.15. Programación y Presupuesto 93
6.15.1. Personal requerido para la construcción 93
6.15.2. Acciones no estructurales 93
6.15.3. Afectación Predial 93
6.16. Socialización del proyecto 94

7. Recopilación, revisión y análisis de información secundaria 95
7.1. Contexto Regional 95
7.1.1. Estratigrafía 96
7.1.2. Estructuras Geológicas 99
7.1.3. Gemorfología Regional 99

7.1.4. Aspectos de amenaza y riesgo identificados 102
7.2. Informe OSSO - CAM 2011 108
7.2.1. Movimientos en Masa 108
7.2.2. Inundaciones y Avenidas Torrenciales 108
7.2.3. Exposición de Infraestructura turística 109
7.2.4. Recomendaciones para la Planificación del Riesgo 109
7.3. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Rivera, Huila (2014) 109
7.3.1. Zona Rural 123
7.4. Plan de desarrollo del municipio de Rivera periodo 2024 - 2027 124
7.5. Plan departamental de preparación y respuesta ante posibles emergencias por el fenómeno la niña año 2024 - 2025 125
7.6. Plan Municipal De Preparación, Prevención y Respuesta Ante Emergencias – Primera Temporada Menos Lluvia 2025 127
7.6.1. Escenarios de Riesgo Identificados en el municipio de Rivera 127
7.6.2. Escenarios de Riesgo Identificados directamente en el Área de estudio 128
7.7. Diagnostico Ambiental – Sector Termales (Municipio De Rivera) 130
7.7.1. Usos del Suelo, Geología y Geomorfología 132
7.7.2. Características Hidrológicas Del Sector 134
7.7.3. Caracterización De Las Amenazas Y Grado Naturales . . 136
7.7.4. Impactos Ambientales Generados A Los Recursos Naturales Por Los Factores Internos Y Externos 150
7.7.5. Estado Actual Ambiental 151
7.7.6. Conclusiones 175
7.8. Obras de Mitigación Sector Termales 176
7.8.1. Dique Control Inundaciones – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Los Ángeles 177
7.8.2. 16 Disipadores de Energía – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Comfamiliar y Los Ángeles 178
7.8.3. 22 Disipadores de Energía – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar 180
7.8.4. Canal Control de Inundación – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar 181
7.9. Plan Básico de Ordenamiento Territorial (2021 - 2035) 182
7.9.1. Amenaza por Movimiento en Masa 182
7.9.2. Amenaza por Inundación 188
7.9.3. Amenaza por Avenidas Torrenciales 190
7.10. Noticias 192
7.10.1. Alerta en el departamento por ola invernal" – Gobernación del Huila 192
7.11. Información cartográfica 192
7.11.1. Referencias documentales 192

7.11.2. Sistema de referencia 193
7.11.3. Información Secundaria 195
7.11.4. Grupo límite político - administrativo 195
7.11.5. Datos institucionales y/o estudios realizados en Colombia 196
7.11.6. Cartografía predial y urbanística 196
7.12. Análisis de eventos históricos 196
7.12.1. DESINVENTAR 196
7.12.2. SIMMA 202
7.12.3. COLOMBIA EN MAPAS 204
7.13. Catalogo IDEAM 206
7.13.1. Cambio Climático 206

8. Socializaciones **251**

9. Cronograma **255**

10. Conclusiones **261**

Bibliografía **265**

Lista de Figuras

4.1. Mapa - Localización general del municipio de Rivera en el departamento del Huila 11
4.2. Mapa - Localización del área de estudio en el municipio de Rivera - Quebrada de Aguas Calientes 12

5.1. Zonificación detallada de amenaza por movimientos en masa a escala 1:2000. 17
5.2. Esquema metodológico para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales 20
5.3. Flujo de trabajo y procedimiento para la caracterización de avenidas torrenciales 22
5.4. Procedimiento para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales 1:2000 28
5.5. Procedimiento general para análisis de vulnerabilidad por movimientos en masa. Estudios detallados, a escala 1:2000. . . 33
5.6. Modelo de fragilidad propuesto para personas en estructuras 40
5.7. Cálculo de vulnerabilidad para estructuras 42
5.8. Esquema metodológico para la evaluación de riesgo. 48
5.9. Convergencia de la gestión del cambio climático y la planificación territorial municipal en los elementos prioritarios de los territorios 54
5.10. Esquema de la articulación de la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático 58
5.11. Relación entre los elementos priorizados de los sistemas estructurantes y las líneas de adaptación y mitigación 60
5.12. Metodología Fase de aprestamiento PMAM 61
5.13. Pasos metodológicos para la identificación, caracterización, mapeo y priorización de actores 62
5.14. Mapa de relaciones entre actores sociales (Adaptado de JAM Ingeniería y Medio Ambiente 2016) 65
5.15. Ejemplo de árbol de problemas para priorización preliminar de problemáticas a partir de trabajo con actores (CORPORINOQUIA, 2015) 68

6.1. Zonificación detallada de amenaza por movimientos en masa a escala 1:2000. 81

6.2. Flujo de trabajo y procedimiento para la caracterización de avenidas torrenciales 84

7.1. Mapa - Geológico 96
7.2. Mapa - Mapa geológico de las microcuencas El Salado, Aguas Calientes y El Piñal en el municipio de Rivera (Huila) 97
7.3. Mapa - geomorfológico 100
7.4. Mapa - Mapa geomorfológico de las microcuencas El Salado, Aguas Calientes y El Piñal en el municipio de Rivera (Huila) . 101
7.5. Mapa - Susceptibilidad por movimientos en masa Escala 1:100.000 plancha 345 - Campoalegre 103
7.6. Mapa - Susceptibilidad por movimientos en masa de las microcuencas El Salado, Aguas Calientes y El Piñal en el municipio de Rivera (Huila) 104
7.7. Mapa - Amenaza relativa por movimientos en masa Escala 1:100.000 plancha 345 Campoalegre 106
7.8. Mapa - Amenaza relativa por movimientos en masa e las microcuencas El Salado, Aguas Calientes y El Piñal en el municipio de Rivera (Huila) 107
7.9. Mapa - Plano del Municipio de Rivera 111
7.10. Mapa - Perfil del municipio de Rivera 112
7.11. Mapa - Caracterización del clima del municipio de Rivera . . . 113
7.12. Mapa - Ubicación de las estaciones climatologícas ubicadas en Rivera 114
7.13. Mapa - Geología del municipio de Rivera 116
7.14. Mapa - Hidrogeología del municipio de Rivera 118
7.15. Mapa - Cuencas Hidrográficas del municipio de Rivera 120
7.16. Mapa - Distribución de los ecosistemas presentes en el Municipio de Rivera 121
7.17. Mapa - Áreas protegidas y zonas de conservación del municipio de Rivera 123
7.18. Sector Termales de Rivera 131
7.19. Sector Tienda Montañera 131
7.20. Fotografía panorámica - Zonas de Geomorfología y Susceptibilidad a la Erosión y Deslizamientos del Sector de los Termales Rivera 132
7.21. Fotografía panorámica - Zonas de Geomorfología y Susceptibilidad a la Erosión y Deslizamientos del Sector de los Termales Rivera 133
7.22. Fotografía panorámica - Zonas de Geomorfología y Susceptibilidad a la Erosión y Deslizamientos del Sector de los Termales Rivera 134

7.23. Mapa - Rasgos Morfométricos de las microcuencas en el sector en el cual reflejan la alta dinámica con flujos y avenidas torrenciales 135
7.24. Fotografía panorámica - Panorama de las características hidrológicas de las quebradas El Salado, El Piñal y Aguas caliente 136
7.25. Fotografía - Piscina agua termal, canalización, muro y box coulvert (terminando el muro) 139
7.26. Fotografía - Piscina agua termal, canalización, muro y box coulvert (terminando el muro) 139
7.27. Fotografía - Piscina, muro, duchas, kiosco en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada El Salado 140
7.28. Fotografía - Puente y canalización que causan estrangulamiento del cauce con problemas de socavación lateral y de fondo 140
7.29. Fotografía - Termales los Ángeles se observa: Piscina, muro, en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada Aguas Calientes y estrangulamiento causado por el muro . 141
7.30. Fotografía - Termales los Ángeles se observa: Piscina, muro, en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada Aguas Calientes y estrangulamiento causado por el muro . 142
7.31. Fotografía - Termales los Ángeles se observa: Piscina, muro, en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada Aguas Calientes y estrangulamiento causado por el muro . 142
7.32. Fotografía - Panorámica en la cual se observa el área de las piscina, kiosco, baños, vivienda en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada El Piñal 143
7.33. Fotografía - Panorámica en la cual se observa el tanque de almacenamiento del acueducto de la vereda El Salado en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada El Piñal143
7.34. Fotografía - Se evidencia el Dique y kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente y en ronda de la quebrada La Manga 144
7.35. Fotografía - Se evidencia el Dique y kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente y en ronda de la quebrada La Manga 144
7.36. Fotografía - Se evidencia el Dique y kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente y en ronda de la quebrada La Manga 145
7.37. Fotografía - Se evidencia kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada La Manga 145
7.38. Fotografía - Se evidencia el vertimiento directo de aguas residuales 147

7.39. Fotografía - Se evidencia el vertimiento indirecto de aguas residuales proveniente del sistema de tratamiento 147
7.40. Fotografía - Se evidencia el vertimiento indirecto de aguas residuales proveniente del sistema de tratamiento 148
7.41. Fotografía - Se evidencia el vertimiento indirecto de aguas residuales proveniente del sistema de tratamiento 148
7.42. Fotografía - Se evidencia la disposición de residuos sólidos y escombros en el cauce y ronda de la quebrada Aguas Calientes 149
7.43. Fotografía - Se evidencia la disposición de residuos sólidos y escombros en el cauce y ronda de la quebrada Aguas Calientes 149
7.44. Fotografía - Se evidencia la disposición de residuos sólidos y escombros en el cauce y ronda de la quebrada Aguas Calientes 150
7.45. Fotografía - Zona de Piscina 152
7.46. Fotografía - Muros Laterales y Perpendiculares 152
7.47. Fotografía - Kioscos y construcciones en la zona en llanura de inundación o creciente 153
7.48. Fotografía - Construcciones y cabañas en zona de ronda . . . 153
7.49. Fotografía - Pozo séptico 154
7.50. Fotografía - Escombros y basura cauce quebrada 154
7.51. Fotografía - Infraestructura Termales Municipio Rivera 156
7.52. Fotografía - Canalizacion Quebrada El Salado 157
7.53. Fotografía - Estrangulamiento Quebrada El Salado 157
7.54. Fotografía - Tratamiento agua residual en pozo séptico 158
7.55. Fotografía - Procesos de erosión 200m aguas arriba de establecimiento 158
7.56. Fotografía - Arboles caidos que permanecen en el cauce de la quebrada antes del establecimiento 159
7.57. Fotografía - Muro y Duchas en cauce y llanura de inundación de Quebrada el Salado 161
7.58. Fotografía - Piscina en Llanura inundación 161
7.59. Fotografía - Puente madera en cauce quebrada El Salado . . . 162
7.60. Fotografía - Baños en Llanura inundación Quebrada El Salado 162
7.61. Fotografía - Puente que limita el área de inundación de Quebrada 163
7.62. Fotografía - Pozo séptico 163
7.63. Fotografía - Residuos sólidos en quebrada y Materiales depositados en llanura inundación 164
7.64. Fotografía - Residuos sólidos en quebrada y Materiales depositados en llanura inundación 164
7.65. Fotografía - Kiosco vivienda y baños en llanura inundación . 166
7.66. Fotografía - Tanques de almacenamiento acueducto El Salado 167
7.67. Fotografía - Troncos en el cauce de la Quebrada El Piñal . . . 168
7.68. Fotografía - Sedimentos que no se han removido de la zona . 169

7.69. Fotografía - Infraestructura construida en cauce y zona de inundación Quebrada Agua Caliente 171
7.70. Fotografía - Infraestructura construida en cauce y zona de inundación Quebrada Agua Caliente 171
7.71. Fotografía - Graves Problemas de Erosión que afectan la Quebrada 172
7.72. Fotografía - Alcantarilla tapada por falta mantenimiento . . . 172
7.73. Fotografía - Sistema tratamiento aguas residuales 173
7.74. Fotografía - Terraplén hecho con material del laquebrada para encausamiento 173
7.75. Fotografía - Palizada depositada en zona inundación de la quebrada 174
7.76. Mapa - Obras de mitigación sector termales 177
7.77. Fotografía - Dique Control Inundaciones – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Los Ángeles 177
7.78. Fotografía - Dique Control Inundaciones – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Los Ángeles 178
7.79. Fotografía - 16 Disipadores de Energía – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Comfamiliar y Los Ángeles 178
7.80. Fotografía - 16 Disipadores de Energía – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Comfamiliar y Los Ángeles 179
7.81. Fotografía - 22 Disipadores de Energía – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar 180
7.82. Fotografía - 22 Disipadores de Energía – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar 181
7.83. Fotografía - Canal Control de Inundación – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar 181
7.84. Mapa - Amenaza Por Movimientos En Masa - Zona Rural . . . 182
7.85. Mapa - Amenaza Por Movimientos En Masa - Zona Termales . 183
7.86. Mapa - Áreas con Condición de Amenaza por Movimientos en Masa - Zona Rural 184
7.87. Mapa - Áreas con Condición de Amenaza por Movimientos en Masa - Zona Termales 185
7.88. Mapa - Áreas con Condición de Riesgo por Movimientos en Masa - Zona Rural 186
7.89. Mapa - Áreas con Condición de Riesgo por Movimientos en Masa - Zona Termales 187
7.90. Mapa - Amenaza por Inundación - Zona Rural 188
7.91. Mapa - Amenaza por Inundación - Zona Termales 189
7.92. Mapa - Amenaza por Avenidas Torrenciales - Zona Rural . . . 190
7.93. Mapa - Amenaza por Avenidas Torrenciales - Zona Termales . 191
7.94. Mapa - Localización evento de movimiento en masa cerca al área de estudio 203

7.95. Mapa - Localización evento de movimiento en masa cerca al área de estudio . . . 205
7.96. Mapa - Índice relativo de afectación en el área de estudio . . . 206
7.97. Mapa - Índice relativo de afectación en Colombia . . . 207
7.98. Mapa - Vulnerabilidad ambiental periodo 2011-2040 en el área de estudio . . . 208
7.99. Mapa - Vulnerabilidad ambiental periodo 2011-2040 en Colombia . . . 209
7.100. Mapa - Vulnerabilidad Ambiental 2071 - 2100 en el área de estudio . . . 210
7.101. Mapa - Vulnerabilidad ambiental periodo 2071-2100 en Colombia . . . 211
7.102. Mapa - Clasificación climática Lang 2012 en el área de estudio 212
7.103. Mapa - Clasificación Climática Lang 2012 en Colombia . . . 213
7.104. Mapa - Clasificación climática Lang 2014 en el área de estudio 214
7.105. Mapa - Clasificación climática Lang 2014 en Colombia . . . 215
7.106. Mapa - Clasificación climática de Lang periodo 1971-2000 en el área de estudio . . . 216
7.107. Mapa - Clasificación climática de Lang periodo 1971-2000 en Colombia . . . 217
7.108. Mapa - Densidad de la energía eólica a 50m de altura. Promedio multianual en el área de estudio . . . 218
7.109. Mapa - Densidad de la energía eólica a 50m de altura. Promedio multianual en Colombia . . . 219
7.110. Mapa - Diferencia de temperatura del multimodelo entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en el área de estudio . 220
7.111. Mapa - Diferencia de temperatura del multimodelo entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en Colombia . . . 221
7.112. Mapa - Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 . . . 222
7.113. Mapa - Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en Colombia . . . 223
7.114. Mapa - Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en el área de estudio . . . 224
7.115. Mapa - Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en Colombia . . . 225
7.116. Mapa - Diferencia de temperatura media del multimodelo entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en el área de estudio . . . 226
7.117. Mapa - Diferencia de temperatura media del multimodelo entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en Colombia . . . 227
7.118. Mapa - Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en el área de estudio . . . 228

7.119. Mapa - Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en Colombia 229
7.120. Mapa - Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en el área de estudio 230
7.121. Mapa - Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en Colombia 231
7.122. Mapa - Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2011-2040 vs 1976-2005 en el área de estudio 232
7.123. Mapa - Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2011-2040 vs 1976-2005 en Colombia 233
7.124. Mapa - Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2071-2100 vs 1976-2005 en el área de estudio 234
7.125. Mapa - Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2071-2100 vs 1976-2005 en Colombia 235
7.126. Mapa - Radiación solar global promedio multianual 236
7.127. Mapa - Radiación solar global promedio multianual en Colombia 237
7.128. Mapa - Temperatura media anual y pisos térmicos periodo 1971-2000 Año 2012 en el área de estudio 238
7.129. Mapa - Temperatura media anual y pisos térmicos periodo 1971-2000 Año 2012 en Colombia 239
7.130. Mapa - Tendencia de la Temperatura Máxima Periodo 1971-2000 en el área de estudio 240
7.131. Mapa - Tendencia de la Temperatura Máxima Periodo 1971-2000 en Colombia 241
7.132. Mapa - Tendencia de la Temperatura Media Periodo 1971-2000 en el área de estudio 242
7.133. Mapa - Tendencia de la Temperatura Media Periodo 1971-2000 en Colombia 243
7.134. Mapa -Tendencia de la Temperatura Minima Periodo 1971-2000 en el área de estudio 244
7.135. Mapa -Tendencia de la Temperatura Minima Periodo 1971-2000 en Colombia 245
7.136. Mapa - Impacto potencial periodo 2011 - 2040 en el área de estudio 246
7.137. Mapa - Impacto potencial periodo 2011 - 2040 en Colombia . 247
7.138. Mapa - Impacto potencial periodo 2071 - 2100 en el área de estudio 248
7.139. Mapa - Impacto potencial periodo 2071 - 2100 en Colombia . 249
7.140. Mapa - Impacto potencial periodo 2071 - 2100 en el área de estudio 250

8.1. Registro fotográfico Inicio de socialización 251
8.2. Registro fotográfico de socialización 252

9.1. Cronograma general 256
9.2. Cronograma general 257
9.3. Cronograma general 258
9.4. Cronograma general 259

Lista de Tablas

4.1. Limites geográficos departamento del Huila 9

5.1. Interpretación general (ejemplo) de las categorías de amenaza para la escala 1:2000, caso piloto Guacamayas, Boyacá 29
5.2. Elementos expuestos. SGC 31
5.3. Valoración de elementos para evaluación del riesgo. SGC . . . 34
5.4. Tipología para edificaciones 35
5.5. Tipología para red vial 35
5.6. Clasificación de la red del sistema de acueducto 36
5.7. Clasificación de la red del sistema de alcantarillado, según clasificación del acueducto de Bogotá 36
5.8. Clasificación de la red del sistema eléctrico 36
5.9. Factores de fragilidad por tipología de estructuras 37
5.10. Factor de fragilidad por altura de la edificación 37
5.11. Factor de fragilidad por edad de la edificación 38
5.12. Vida útil en función del tipo de edificación 38
5.13. Parámetro de fragilidad de tuberías 39
5.14. Parámetro de fragilidad de red de alcantarillado 39
5.15. Parámetro de fragilidad de redes eléctricas y de comunicaciones 39
5.16. Clasificación de la vulnerabilidad para edificaciones y líneas vitales 42
5.17. Clasificación de la vulnerabilidad para personas 42
5.18. Impacto de los movimientos en masa sobre los elementos expuestos 45
5.19. Categorías de riesgo de bienes físicos y personas 49
5.20. Intervenciones y categorías de riesgo 49
5.21. Categorías del riesgo 51
5.22. Matriz preliminar para la identificación de actores (adaptado de JAM Ingeniería y Medio Ambiente 2016) 63
5.23. Aproximación conceptual a la caracterización de actores según rol o tipo de actor (adaptado de JAM Ingeniería y Medio Ambiente 2016) 63
5.24. Interés e Influencia (poder) de cada actor en relación con las problemáticas ambientales identificadas (Adaptado de JAM Ingeniería y Medio Ambiente 2016) 64
5.25. Caracterización de los actores según su rol/función y/o interés. 65

5.26. Herramientas de diálogo PMAM 66
5.27. Descripción General de trabajo para recopilación y análisis de información secundaria 67
5.28. Criterios de evaluación de información del Documento 69
5.29. Criterios de evaluación de información del Contenido 69
5.30. Ejemplo para establecer valoración de criterios 69

6.1. Cantidades de trabajos topográficos 73
6.2. Actividades de muestreo y Ensayos de laboratorios 75

7.1. Listado de información recopilada 95
7.2. Estratigrafía de la zona de estudio 96
7.3. Georreferenciación del municipio de Rivera 110
7.4. Unidades climáticas del municipio de Rivera 112
7.5. Estaciones ubicadas en el municipio de Rivera 114
7.6. Unidades Geológicas presentes en el Municipio de Rivera . . . 115
7.7. Unidades Geológicas presentes en el Municipio de Rivera . . . 117
7.8. Cuencas y microcuencas del municipio de Rivera 119
7.9. Tipos de bosque presentes en el Municipio de Rivera 121
7.10. Áreas protegidas y de conservación y ecosistemas estratégicos del Municipio de Rivera 122
7.11. Acciones a ejecutar en el marco del Plan Básico de Ordenamiento Territorial 125
7.12. Municipios que recibieron asesoría y asistencia técnica para afrontar emergencias generadas el incremento de las precipitaciones 2011 - 2024 126
7.13. Antecedentes Sector Termales 130
7.14. Parámetros de la proyección cartográfica Origen Nacional. . . 193
7.15. Registro de eventos (Base de datos DesInventar) 198
7.16. Registro de eventos (Base de datos SIMMA) 202

8.1. Registro de asistentes a socialización 252

Presentación

Los trabajos en forma general consisten en realizar Desarrollar las actividades para la elaboración de la etapa 1: Cartografía 1:10.000, aprestamiento; conocimiento del riesgo (amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos naturales de inundación, avenida torrencial y movimiento en masa); y el acotamiento de las rondas hídricas del plan de manejo ambiental de la microcuenca de la quebrada aguas calientes y sus quebradas tributarias el piñal y el salado en jurisdicción del municipio de Rivera- Huila, en cumplimiento de lo dispuesto en el decreto 1076 de 2015 y los lineamientos de los decretos 1807 de 2014, 1077 de 2015 para la incorporación del riesgo en el desarrollo territorial, el decreto 2245 de 2017 para el acotamiento de rondas hídricas y las guías metodológicas desarrolladas por el servicio geológico colombiano- sgc, el ideam, y las directrices para la gestión del cambio climático de la ley 1931 de 2018 y demás normas que se complementen, adicionen, sustituyan y/o modifiquen., y con base en estos diseñar de ser necesario las obras estructurales y/o plantear acciones no estructurales para mitigar la condición de riesgo.

El presente informe corresponde al Tomo I Generalidades.



Manuel Hernández Ruíz
Representante Legal Consorcio Maemuki

1 Introducción

El municipio de Riverase encuentran establecimientos turísticos, como lo son Termales Los Ángeles, Termales de Rivera, Termales Comfamiliar, entre otros, sitios de amplio reconocimiento a nivel local y regional, el cual como atractivo dispone de aguas termales integrando en el conjunto turístico el entorno natural enmarcado por fuentes hídricas tales como las Quebrada Aguas Calientes y sus quebradas tributarias de El Piñal y El Salado. Por tanto, está expuesta a diversos riesgos naturales, como deslizamientos de ladera, inestabilidad en cauces, inundaciones y avenidas torrenciales. Estos fenómenos representan una amenaza significativa para la infraestructura, los bienes y la vida de los habitantes en la región. La mitigación del riesgo, por lo tanto, se presenta como una estrategia integral destinada a reducir tanto la exposición como la vulnerabilidad de las personas y sus medios de subsistencia, mediante la implementación de medidas de prevención y control.

En cumplimiento del contrato de consultoría No. 376 de 2025, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y el Consorcio MAEMUKI, cuyo objetivo es realizar estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (AVR) por fenómenos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en la zona de influencia del municipio de Rivera, este informe presenta la metodología, el plan de trabajo y el cronograma para la ejecución del proyecto.

El informe incluye una recopilación y análisis de información secundaria a nivel físico, biótico, social, de ordenamiento territorial y de gestión del riesgo relacionada específicamente el área de estudio. Asimismo, se detallan las metodologías aplicadas para cumplir con los términos establecidos en el anexo técnico del contrato, junto con un plan de ejecución diseñado para asegurar el adecuado desarrollo de la consultoría.

El desarrollo de esta consultoría se fundamenta en los lineamientos de los decretos 1077 de 2015 y 2245 de 2017, que regulan la incorporación de la gestión del riesgo en el desarrollo territorial. El enfoque principal está en la evaluación de las condiciones de amenaza y vulnerabilidad en el área de estudio, con el fin de establecer estrategias efectivas para mitigar el impacto de los fenómenos naturales en las poblaciones afectadas.

Finalmente, se han consultado fuentes de información de nivel local, regional y nacional para conformar una base documental que incluye caracterización, metodología, conclusiones, ubicación y escala de trabajo, con el objetivo de asegurar la pertinencia y fiabilidad de los datos utilizados en los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, permitiendo así una toma de decisiones informada y efectiva.

2 Objetivos

2.1. Objetivo General

Elaborar un documento técnico que incluya la metodología de trabajo para la correcta ejecución del contrato, un plan detallado de trabajo con su respectivo cronograma, y una recopilación y análisis de información secundaria del municipio de Rivera.

2.2. Objetivos Específicos

Para el presente informe se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Consolidar dentro del documento técnico las metodologías a aplicar en el marco del desarrollo del contrato de consultoría No. 376 de 2025, con base en los decretos 1077 de 2015 y 2245 de 2017.
- Desarrollar y consolidar dentro del documento técnico un plan de trabajo detallado que incluya las actividades a realizar, el tiempo de ejecución de cada una de ellas, así como el personal, presupuestos e insumos requeridos para su correcta ejecución.
- Establecer y presentar un calendario con todas las actividades a desarrollar durante la ejecución del contrato, con sus respectivos tiempos de ejecución.
- Consolidar en un documento técnico el panorama y estado actual de la gestión del riesgo en el área de estudio, utilizando la información, documentación y productos recolectados de las entidades públicas de orden local, regional y nacional, así como de los resultados de la ejecución del objeto contractual.
- Identificar y analizar el inventario de eventos históricos ocurridos en los municipios y centros poblados objeto de estudio, consultando bases de datos de entidades relacionadas con la gestión del riesgo (como DESINVENTAR, SIMMA, UNGRD,

alcaldías locales, entre otras) junto con reportes de eventos en medios de comunicación.

3 Alcance

El alcance de la presente consultoría comprende la realización de estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (AVR) asociados a fenómenos naturales en el área de estudio establecido a cercanías del municipio de Rivera, que abarca aproximadamente 475 hectáreas. Los estudios se centrarán en fenómenos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. Adicionalmente, se incluirá el acotamiento de las rondas hídricas en la zona de estudio.

Las actividades principales que se desarrollarán en el marco del proyecto incluyen:

- **Recopilación y análisis de información existente:** Se revisará y evaluará la información secundaria disponible sobre aspectos físicos, bióticos, sociales, de ordenamiento territorial y de gestión del riesgo, a nivel local, regional y nacional, que sea relevante para los estudios de AVR en el municipio de Rivera.
- **Evaluación detallada de amenazas naturales:** Se llevarán a cabo estudios técnicos y de campo para identificar y caracterizar las amenazas naturales presentes en el municipio de Rivera. Esto incluirá el análisis de zonas susceptibles a deslizamientos de tierra, inundaciones y avenidas torrenciales, determinando su extensión, intensidad y probabilidad de ocurrencia.
- **Análisis de vulnerabilidad:** Se evaluarán las condiciones sociales, económicas y físicas de las comunidades y las infraestructuras dentro del área de estudio del municipio de Rivera, para determinar el grado de exposición y vulnerabilidad ante los fenómenos identificados. Esta evaluación permitirá clasificar los niveles de riesgo en diferentes sectores del casco urbano.
- **Determinación del riesgo:** Combinando los estudios de amenaza y vulnerabilidad, se establecerá el nivel de riesgo asociado a los fenómenos naturales en el municipio de Rivera. Esta evaluación servirá para la formulación de estrategias de mitigación y reducción del riesgo.
- **Acotamiento de rondas hídricas:** Se llevará a cabo la delimitación y acotamiento de las rondas hídricas en el municipio de Rivera, estableciendo zonas de pro-

tección y manejo ambiental para prevenir afectaciones futuras y garantizar una adecuada gestión del recurso hídrico.

- **Recomendaciones para la gestión del riesgo:** Con base en los resultados obtenidos en los estudios de AVR, se formularán recomendaciones para la implementación de medidas de mitigación, prevención y control de riesgos. Estas recomendaciones estarán dirigidas a las autoridades locales y regionales, así como a las comunidades afectadas.

Este proyecto tiene como objetivo generar una base sólida de información que permita a los actores locales y regionales tomar decisiones informadas y proactivas en cuanto a la gestión de riesgos en el municipio de Rivera, reduciendo la exposición y la vulnerabilidad de la población ante fenómenos naturales.

4 Localización

El departamento del Huila, dentro del cual se encuentra el municipio objeto de estudio, está ubicado al suroccidente del país entre los 3°55´12"y 1°30´04"de latitud norte (entre el nacimiento del Río Riachón, municipio de Colombia y el pico de la Fragua perteneciente al municipio de Acevedo), y los 74°25´24"y 76°35´16"de longitud al occidente del meridiano de Greenwich (entre el Alto de Las Oseras, municipio de Colombia y el páramo de Las Papas, municipio de San Agustín.). El departamento se encuentra enmarcado dentro de la superficie regional conocida como el Valle Superior del Magdalena y, a su vez, se encuentra limitado al oriente por la cordillera Central de Colombia y al occidente por la Cordillera Oriental, lo que hace que dentro del departamento se encuentre diferentes regiones topográficas que oscilan desde los paisajes llanos del valle del Magdalena hasta superar los 4.000 msnm del Macizo de la Cordillera Central.

La superficie del departamento es de 19.900 km2 según lo indicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, representando cerca del 1,8% de la superficie total del país. El departamento cuenta con límites geográficos presentados en la tabla 4.1:

Tabla 4.1: Limites geográficos departamento del Huila

Límite geográfico	Departamento limítrofe
Norte	Tolima, Cundinamarca
Oriente	Meta, Caquetá
Sur	Caquetá, Meta
Occidente	Cauca

Fuente: IGAC

A continuación, se detallan las áreas aproximadas de estudio para el municipio de estudio. Estas áreas serán ajustadas una vez inicien labores de campo para levantamiento topográfico. Las áreas de estudio a nivel de detalle es la siguiente:

- Municipio de Rivera: aproximadamente 475 hectáreas.

A continuación se presenta con mayor detalle la localización del municipio de Rivera:

- **Municipio de Rivera**

El municipio de Riveraestá situado en el noreste del departamento del Huila, en la región andina de Colombia. Se encuentra a unos 22 kilómetros al oriente de Neiva, la capital del departamento, y forma parte de la subregión del Norte del Huila. Su territorio se extiende aproximadamente sobre 435 kilómetros cuadrados de los cuales se distribuyen en 211 kilómetros cuadrados de zona urbana y 224 kilómetros cuadrados de zona rural, con altitud aproximada de 700 metros sobre el nivel del mar.

El municipio limita al norte con Neiva, al sur con Campoalegre, al este con el departamento del Meta y el municipio de Algeciras y al oeste con Palermo. La red vial del municipio se conecta principalmente a través de la Ruta Nacional 45 y luego tomando la vía Neiva - Rivera, facilitando el acceso desde otras localidades del departamento.

El municipio está ubicado en una zona de transición entre la vertiente occidental de la cordillera Oriental, con ríos como afluentes locales, como lo son Frío, Blanco, Negro y Arrayanal, naciendo en zonas altas y el valle del río Magdalena, donde el Magdalena actúa como eje principal.

A continuación, se presenta el Mapa 4.1 en el cual se presenta la localización de la zona de estudio en el departamento del Huila mas específicamente en el municipio de Rivera. Así mismo se presenta el Mapa 4.2 donde se evidencia el área de estudio directa.

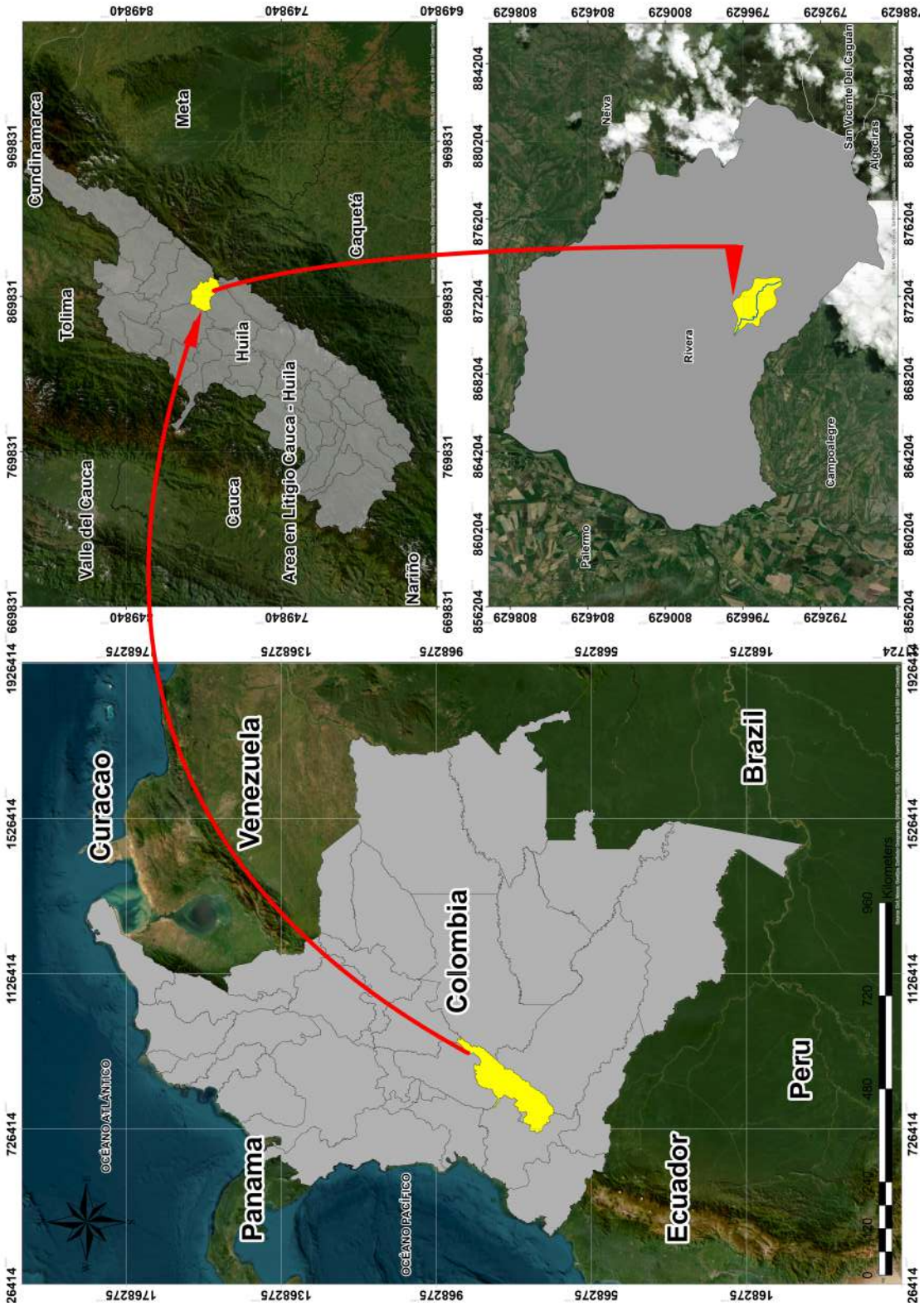


Figura 4.1: Mapa - Localización general del municipio de Rivera en el departamento del Huila



Figura 4.2: Mapa - Localización del área de estudio en el municipio de Rivera - Quebrada de Aguas Calientes

5 Metodología

Dentro de este capítulo se presentará la metodología que se aplicara dentro de la ejecución del contrato de consultoría 376 de 2025. Dentro del contrato se contempla el desarrollo del los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por avenidas torrenciales, movimientos en masa e inundaciones y, adicionalmente, se presentará la ronda hídrica de los drenajes seleccionados dentro del área de estudio del municipio objeto de estudio, razón por la cual, se presentarán dos metodologías de trabajo dentro de éste capítulo.

A continuación, se presenta el marco normativo a partir del cual está construida la metodología que se presentará en este capítulo.

5.1. Marco Normativo

5.1.1. Decreto 1077 de 2015

La Ley 1077 de 2015 define los principios para el ordenamiento territorial en Colombia, destacando la importancia de tener en cuenta las prioridades del plan de desarrollo municipal o distrital, así como los determinantes establecidos en normas de jerarquía superior. Estos determinantes incluyen:

- La conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales, y la prevención de amenazas y riesgos naturales.
- Las políticas y normas relacionadas con la conservación y uso de las áreas e inmuebles que son patrimonio cultural.
- La localización de infraestructuras clave como la red vial nacional y regional, puertos, aeropuertos, y sistemas de suministro de agua, energía, y servicios de saneamiento básico.

- Los componentes de ordenamiento territorial en los planes integrales de desarrollo metropolitano, en la medida en que sean aplicables.

La ley enfatiza la responsabilidad de la Administración Municipal o Distrital en la priorización de amenazas que deben ser evaluadas y zonificadas para su incorporación en el Plan de Ordenamiento Territorial.

5.1.2. Ley 1450 de 2011

El artículo 206 de la Ley 1450 de 2011, también conocida como la Ley de Planeación, establece que corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), Grandes Centros Urbanos y Establecimientos Públicos Ambientales realizar el acotamiento de las rondas hídricas. Esto debe llevarse a cabo en el área de su jurisdicción y dentro del marco de sus competencias, siguiendo los criterios definidos por el Gobierno Nacional. El acotamiento debe cumplir con lo estipulado en el literal d) del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974, así como con el área de protección o conservación relacionada.

5.1.3. Decreto 2245 de 2017

El Decreto 2245 de 2017 establece los aspectos técnicos para el acotamiento de las rondas hídricas. Define que la Autoridad Ambiental Regional debe establecer el orden de prioridad para el acotamiento de las rondas de las fuentes hídricas dentro de su jurisdicción, teniendo en cuenta criterios técnicos y ambientales para su adecuada delimitación y manejo.

5.1.4. Resolución 957 de 2018

La Resolución 957 de 2018 adopta la guía técnica para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia. Esta resolución establece los criterios para definir el orden de prioridades para el inicio del acotamiento, detalla desde dónde comenzar y hasta dónde debe llegar el límite físico de las rondas, y define las directrices para su manejo ambiental por parte de las autoridades competentes.

5.2. Metodología para análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo

En esta sección se presentan con detalle los procesos metodológicos que se deben seguir para cumplir con la normatividad en lo relacionado con las etapas de evaluación del riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales de modo que su ejecución sea viable a partir de la información y las herramientas disponibles y que con ello se consigan condiciones básicas de calidad, rigurosidad y uniformidad en los estudios.

La gestión del riesgo es un proceso social que enmarca tres componentes principales: el conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres, cuyo fin es contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. El proceso planteado en esta guía comprende tres grandes etapas: 1) análisis del riesgo, 2) evaluación del riesgo, y 3) mitigación y prevención del riesgo. Cada una de ellas consta, a su vez, de una serie de elementos y procesos que, de acuerdo con el tipo de evaluación que se realice, pueden ser de mayor o menor grado de detalle y complejidad.

5.2.1. Análisis de amenaza por movimientos en masa

La zonificación de amenaza por movimientos en masa dentro de este trabajo se realizará a escala 1:2000, aplicando análisis probabilísticos. Para efectuar los estudios de amenaza se requiere la cartografía básica del área de análisis a escala 1:5000 y a partir de ella se genera la cartografía temática, correspondiente a cartografía geológica en unidades de geología para ingeniería, la cartografía geomorfológica de acuerdo con sus subunidades geomorfológicas obtenidas a través de datos relacionados con la morfometría, morfología del terreno, así como la morfodinámica y morfogénesis y la cartografía de cobertura y uso del suelo. Además, se debe hacer un inventario de movimientos en masa y un registro histórico de estos (catálogo).

Tanto el catálogo como el inventario de los movimientos en masa permiten identificar las características de los eventos, su distribución espacial y temporal y su relación con los factores detonantes. La intervención antrópica se considera en los análisis a partir de la información de cobertura y uso del suelo y de los mismos levantamientos de cartografía básica, donde deben quedar identificados los cortes de terreno, taludes, rellenos y demás accidentes del terreno que intervienen en la estabilidad. A partir de los temas descritos se establece un modelo geológico-geotécnico en el que se requiere, como actividad adicional, efectuar una exploración geotécnica básica que permita caracterizar geomecánicamente los materiales del subsuelo y efectuar un análisis determinístico de estabilidad, que para el caso de taludes en suelos se hace por medio de un modelo de talud infinito y para el caso de taludes en roca, mediante modelos convencionales de estabilidad de macizos rocosos, según lo establezca el experto.

Para el primer caso se cuenta, entonces, con una distribución espacial de los espesores de suelo y de sus características mecánicas, además de una posición del nivel freático y de una aceleración sísmica, con lo cual se procede a calcular, por métodos de equilibrio límite, los factores de seguridad en diferentes celdas o “columnas” de suelo, para hallar así su distribución espacial. Con este procedimiento, el factor de seguridad es el dato discriminante para establecer las categorías de amenaza. Para taludes en roca, la zonificación de amenaza se basa en el método SMR (Romana, 1985), que tiene en cuenta las características geométricas del talud, las características estructurales del macizo y las propiedades mecánicas de las rocas SGC (2015).

La cartografía relacionada con los temas de geología para ingeniería y elementos geomorfológicos en los estudios de zonificación de amenaza por movimientos en masa

detallados es la misma que la generada en los estudios básicos, pero con un énfasis especial en la elaboración de columnas estratigráficas que permitan a partir de un modelo geológico-geotécnico y perfiles de análisis para unidades de ladera (definidos por el experto en aquellos sectores clasificados con condición de amenaza o riesgo), calcular la probabilidad de falla para deslizamientos superficiales, profundos o caídas de roca según corresponda. Este tipo de análisis permite considerar la incertidumbre en los parámetros de resistencia del terreno y la probabilidad de ocurrencia de los factores detonantes, es decir, la ejecución de análisis de estabilidad probabilísticos. La zonificación de la amenaza obtenida en los estudios de detalle debe contener, además de la probabilidad de falla de los taludes, la caracterización del proceso amenazante en materia de ubicación, clasificación del tipo de movimiento, material, magnitud, distancia de viaje, velocidad e intensidad, datos básicos para llevar a cabo los análisis cuantitativos de vulnerabilidad y riesgo. SGC (2015)

En la figura 6.1 se expresa el procedimiento a seguir para realizar un análisis de amenaza por movimientos en masa en escala 1:2000 presentado en la guía metodológica propuesta en SGC (2015)

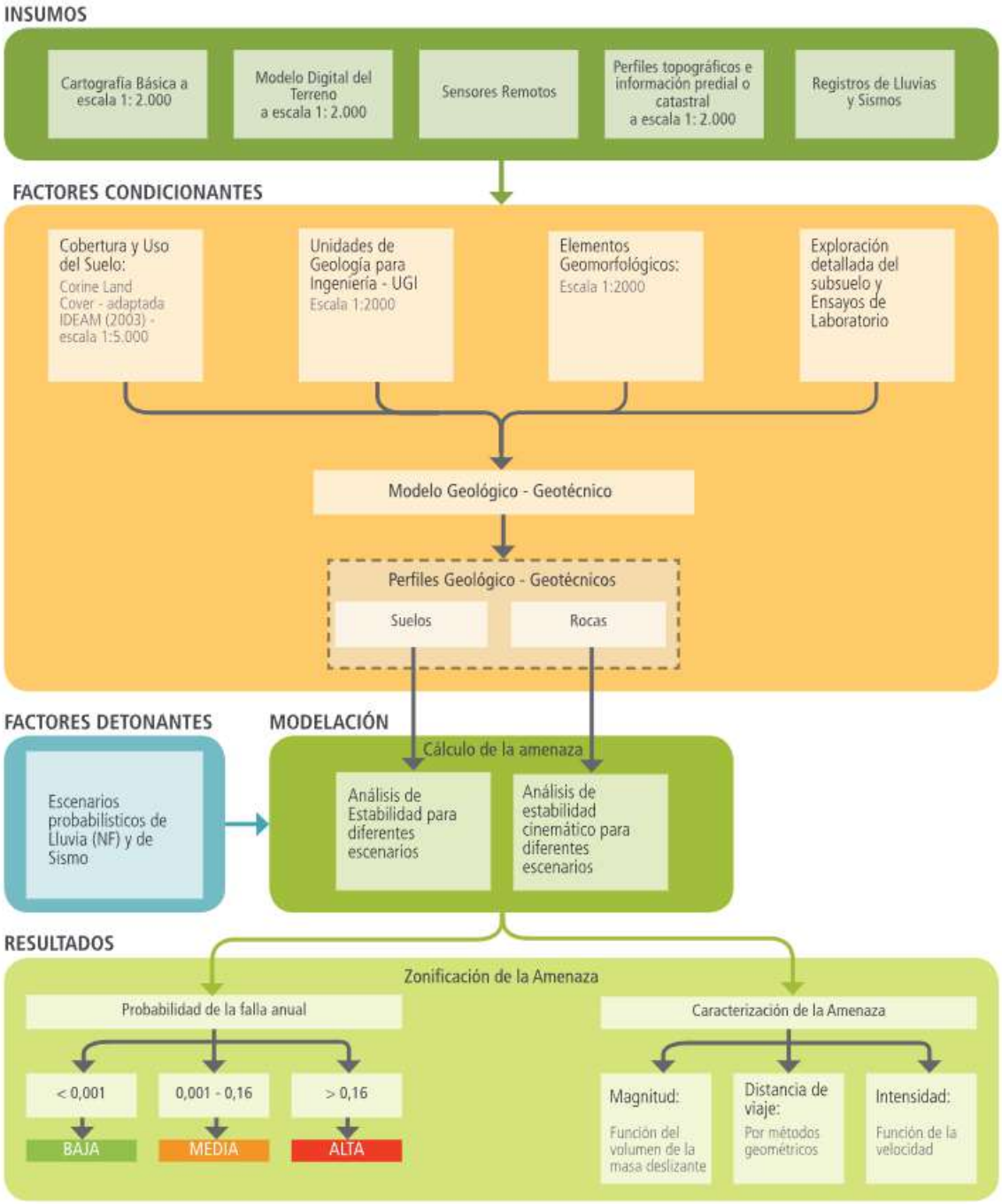


Figura 5.1: Zonificación detallada de amenaza por movimientos en masa a escala 1:2000.

Fuente:SGC (2015)

Para la determinación de los insumos requeridos en este análisis de amenaza y la correcta determinación y zonificación del mismo, se emplearán todos los requerimientos y cálculos presentados dentro del capítulo 3 de la guía SGC (2015) dónde se hace enfásis en cada uno de los detalles que se requerirán y las modelaciones pro-

babilísticas necesarias para la obtención satisfactoria de al análisis de amenaza por movimientos en masa en las zonas de estudio.

5.2.2. Análisis de amenaza por inundaciones

El análisis de amenaza por inundaciones se realizará mediante una metodología basada en modelación fluviodinámica y tránsito de crecientes, en línea con lo estipulado en el artículo 2.2.2.1.3.2.2.3 del Decreto 1077 de 2015, para un estudio detallado.E

En primer lugar, se procederá con la recopilación de información hidrológica e hidráulica, incluyendo datos históricos de precipitaciones, caudales máximos y crecidas extraordinarias. Esta información será obtenida principalmente del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y complementada con estudios locales y regionales existentes. Estos datos permitirán definir las condiciones de entrada para la modelación.

Posteriormente, teniendo en cuenta el Modelo Digital del Terreno (MDT) generado y presentado en el capitulo de "Topografía", el cual se obtendrá a través de levantamientos LIDAR. Este MDT será fundamental para identificar con precisión las características topográficas, como depresiones, flujos preferenciales y áreas bajas, que determinan el comportamiento del agua en la zona de estudio.

La modelación fluviodinámica se llevará a cabo mediante el uso de software especializado llamado HEC-RAS, aplicando modelos unidimensionales (1D) o bidimensionales (2D) según las características del cauce. Esta simulación permitirá evaluar la dinámica del flujo en diferentes escenarios de precipitación, analizando el comportamiento del agua en condiciones normales y durante eventos extremos, con especial atención a los puntos críticos de desbordamiento.

En paralelo, se desarrollará el análisis de tránsito de crecientes, simulando la propagación de los picos de caudal a lo largo del cauce. Esto permitirá identificar las áreas donde el agua tiende a acumularse, así como las zonas susceptibles de inundarse ante un evento hidrometeorológico significativo.

Con los resultados obtenidos de la modelación y el tránsito de crecientes, se procederá a la zonificación de amenaza por inundación, clasificando el territorio en áreas de alta, media y baja amenaza. Esta clasificación se realizará con base en parámetros como la profundidad del agua, la velocidad del flujo y la frecuencia de las inundaciones simuladas.

Para complementar y validar los resultados del modelo, se llevará a cabo un análisis histórico-geomorfológico, considerando los eventos de inundación registrados en la zona en años anteriores y las características de las geoformas presentes. El mapa geomorfológico permitirá evaluar la relación entre la dinámica fluvial y las distintas formas del terreno, asegurando que los patrones simulados en la modelación se correspondan con los registros históricos.

Finalmente, los resultados se presentarán a través de mapas de zonificación de amenaza por inundación, los cuales delimitarán las áreas con diferentes niveles de amenaza por desbordamiento, cumpliendo con las disposiciones del Decreto 1077 de

2015.

5.2.3. Análisis de amenaza por avenidas torrenciales

Las avenidas torrenciales son un tipo de movimiento en masa que se desplazan generalmente por los cauces de las quebradas, llegando a transportar volúmenes importantes de sedimentos y escombros, con velocidades peligrosas para los habitantes e infraestructura ubicados en las zonas de acumulación de cuencas de montaña susceptibles de presentar este tipo de fenómenos Caballero (2011).

La avenida torrencial es un flujo violento de agua en una cuenca, a veces reportado como creciente (súbito o rápido), o como torrente. Se aplica cuando en los reportes aparece como “avalancha”, cuando la avenida transporta troncos de árboles y/o abundantes sedimentos desde finos hasta bloques de roca. Pueden ser generados por lluvias, por ruptura de represamientos o por abundantes deslizamientos sobre una cuenca (DESINVENTAR).

La zonificación de la amenaza por avenida torrencial del casco se realizará a partir del análisis e identificación de los sectores y quebradas susceptibles a presentar un evento de avenida torrencial, con base a lo identificado en la geomorfología, en conjunto con los registros históricos de eventos torrenciales. Una vez se clasifiquen las unidades geomorfológicas con amenaza alta, se realizará un estudio de tránsito de crecientes a escala 1:2.000 que delimitó el desbordamiento de la lámina de agua durante eventos torrenciales.

La Guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales del Servicio Geológico Colombiano SGC (2021) proporciona un marco técnico y práctico para la evaluación de la amenaza de avenidas torrenciales, con el fin de integrarlo en los planes de gestión del riesgo y ordenamiento territorial. Las avenidas torrenciales, también conocidas como flujos de detritos o flujos hiperconcentrados, son fenómenos hidrometeorológicos intensos caracterizados por el rápido transporte de agua y sedimentos a lo largo de un cauce, lo que puede generar graves impactos en áreas pobladas o de desarrollo económico.

El objetivo de la metodología es reducir la subjetividad en los estudios de amenaza, proporcionando lineamientos técnicos claros que aseguren la coherencia y uniformidad en la elaboración de dichos estudios. Para ello, se sigue un enfoque multidisciplinario que integra datos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y climáticos, permitiendo evaluar tanto las zonas susceptibles a ser afectadas como los factores detonantes que pueden desencadenar estos eventos.

A continuación, se describe el proceso paso a paso para la zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales, estructurado en fases que van desde la delimitación del área de estudio hasta la evaluación de escenarios adicionales que puedan modificar la dinámica del flujo.

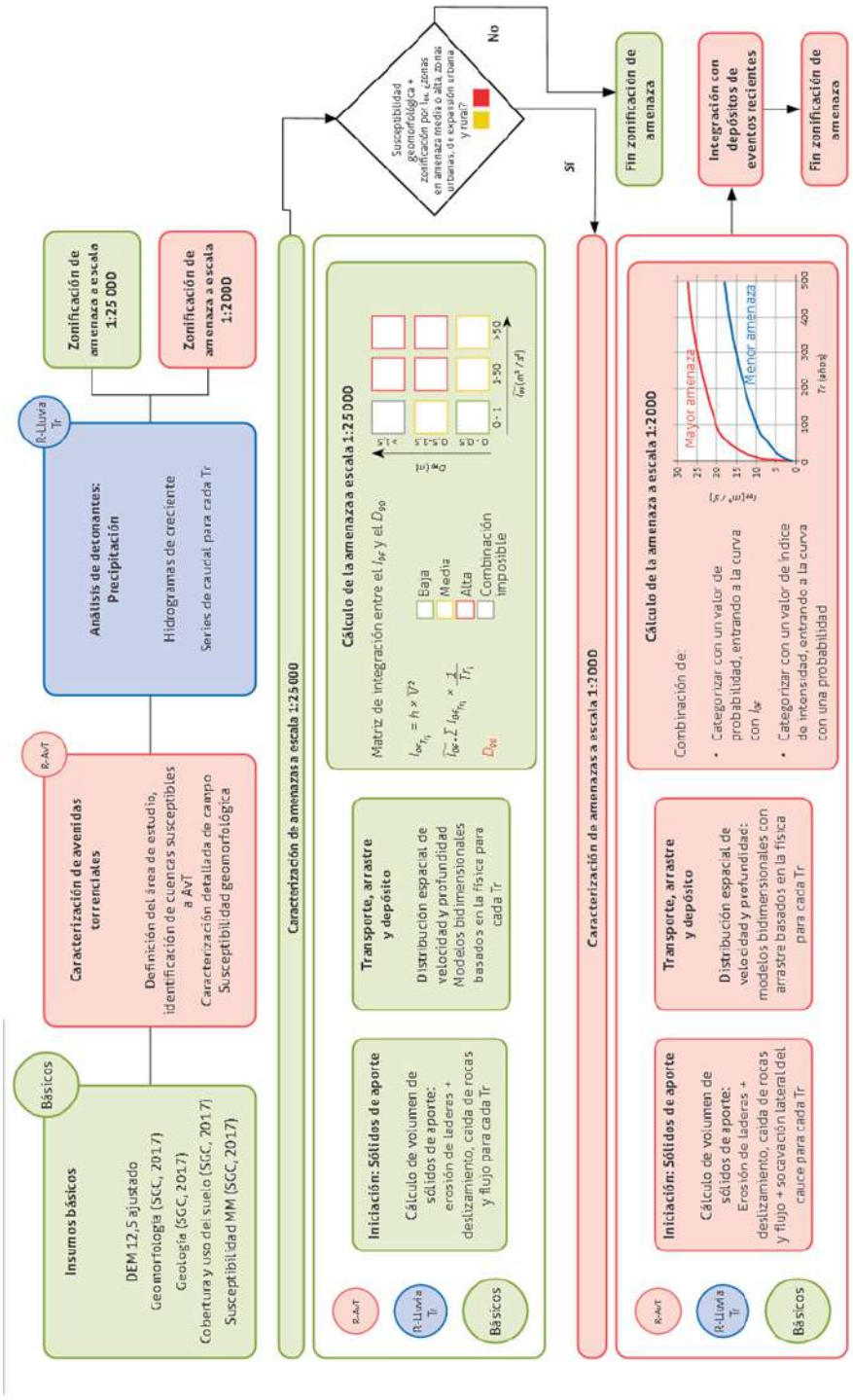


Figura 5.2: Esquema metodológico para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales

Fuente:SGC (2021)

Delimitación del área de estudio y escalas

El primer paso de la metodología implica la delimitación del área de estudio, que debe incluir tanto la cuenca de análisis como la cuenca o zona contribuyente. Estas áreas se definen con base en las divisorias de agua, considerando la topografía, el sistema de drenaje y la hidrografía del territorio.

Los insumos clave para esta etapa incluyen modelos digitales del terreno (MDT), cartografía básica, geología y geomorfología del área.

Caracterización de avenidas torrenciales

Esta etapa tiene como objetivo reconstruir la historia de avenidas torrenciales en la cuenca de estudio y analizar los factores que pueden influir en la ocurrencia de estos eventos. La caracterización de avenidas torrenciales se divide en tres fases (Ver figura 6.2):

1. Recopilación de información secundaria: Se recopilan datos históricos y se realiza fotointerpretación utilizando imágenes aéreas, satelitales y otros sensores remotos. También se revisan informes de entidades públicas y medios de comunicación que describan eventos anteriores.

2. Trabajo de campo: Se verifica in situ la información recogida en la fase anterior. Se inspeccionan los depósitos dejados por avenidas torrenciales y se cartografían las geoformas indicativas de aporte y depósito de sedimentos. Esto permite identificar los puntos críticos dentro de la cuenca donde los flujos tienden a depositar material.

3. Integración de resultados: La información obtenida en las fases previas se integra en un análisis más completo que considera tanto la evidencia histórica como las observaciones geomorfológicas actuales. Esto permite elaborar una imagen detallada de las áreas más propensas a sufrir avenidas torrenciales.

También se incluye un análisis multitemporal de los movimientos en masa, para identificar áreas de aporte continuo de sedimentos que puedan agravar el fenómeno.

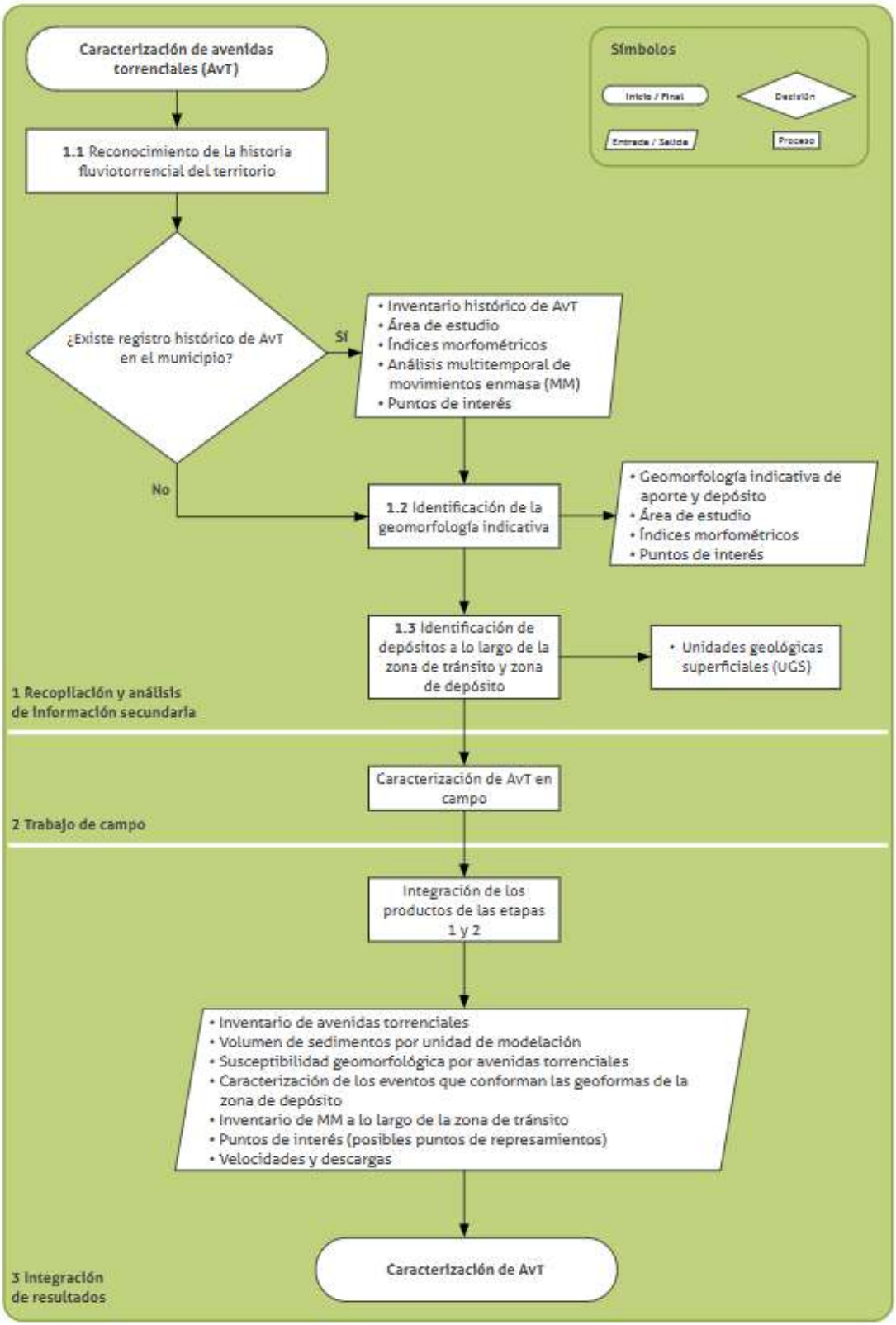


Figura 5.3: Flujo de trabajo y procedimiento para la caracterización de avenidas torrenciales

Fuente:SGC (2021)

Análisis de detonantes

Los detonantes de las avenidas torrenciales son los factores que desencadenan el evento, siendo la precipitación intensa el más común en Colombia. Para analizar este detonante, se desarrollan modelos hidrológicos que utilizan como insumo las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF). Estas curvas permiten definir la magnitud de los eventos de lluvia según su intensidad y duración, lo que es esencial para modelar la escorrentía superficial que alimenta las avenidas torrenciales.

Además, el modelo hidrológico incorpora la topografía y la cobertura del suelo para calcular cómo el agua se infiltra o genera escorrentía en diferentes zonas de la cuenca. Esto da lugar a hidrogramas de creciente, que son utilizados como insumos en la modelación fluidodinámica de los flujos.

Los periodos de retorno se establecen para varios escenarios de riesgo, que pueden ir desde eventos de baja probabilidad (p. ej., periodos de retorno de 500 años) hasta aquellos más frecuentes (p. ej., periodos de retorno de 2 a 10 años.

Modelación fluidodinámica

Una vez identificados los detonantes y la información sobre el flujo de agua y sedimentos, se procede con la modelación fluidodinámica. Esta etapa implica simular cómo se desplazan y depositan los materiales arrastrados por el agua en función de la pendiente, velocidad del flujo y cantidad de sedimentos transportados.

Se utilizan modelos bidimensionales basados en la física del flujo para predecir la velocidad y la profundidad del flujo en diferentes puntos de la cuenca. Los resultados de la modelación permiten calcular el índice de intensidad de flujo (IDF), una variable clave que combina la profundidad y la velocidad del flujo para medir su capacidad destructiva. Este índice se usa para categorizar la amenaza en diferentes niveles (alta, media, baja).

Los modelos también incluyen la consideración de volúmenes de material sólido, como lodos y detritos, que pueden ser arrastrados durante el evento.

Estudio hidráulico – tránsito de crecientes

El objetivo de este apartado es evaluar la capacidad hidráulica de los drenajes en el área de estudio en función de sus características de disposición para transitar los niveles de las crecientes máximas a las que se verán exigidas durante un evento de alta o prolongada precipitación. El estudio hidráulico se fundamentará en el análisis y tránsito de las crecientes probables, en la determinación de los parámetros hidráulicos de las crecientes con periodos de retorno de 15, 100, 500 y 1000 años que se puedan presentar en el área de estudio; así como la determinación de los respectivos caudales de las crecientes analizadas.

Para hallar los parámetros de dinámica fluvial en los tramos de los drenajes estudiados se utilizará el Modelo Matemático denominado HEC-RAS (Versión 5.0.4), RAS Mapper y su extensión en ArcGIS GEO-RAS, del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, utilizando el modelo de elevación digital del terreno -TIN, a partir del cual, se

realizará la modelación hidráulica en 2D.

Descripción general del modelo HEC-RAS

El modelo matemático HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos denominado "Water Surface Profiles", calcula los perfiles superficiales del agua para las condiciones de un flujo permanente o no permanente y gradualmente variado en canales naturales o artificiales. Este procedimiento está basado en solucionar la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas por medio de la ecuación de Manning; en el presente estudio se consideraron condiciones de flujo no estacionario.

Este modelo simula la hidráulica del flujo para canales sobre cualquier tipo de sección transversal bajo flujo gradualmente variado, trabajando de acuerdo con la ecuación de Bernoulli:

$$Z1 + Y1 + (V_1^2/2g) = Z_2 + Y_2 + (V_2^2/2g) + h \tag{5.1}$$

En donde:

Zi, nivel del fondo del canal aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, este término se denomina cabeza de posición, en m.

Yi, lámina de agua aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, este término se denomina cabeza de presión, en m.

V2/2g, cabeza de velocidad aguas arriba (1) y abajo del tramo (2), en m.

h, pérdidas de energía en el tramo, dividiéndose en pérdidas por fricción (hf) y localizadas (hl), en m.

Las pérdidas por fricción (hf), para flujo gradualmente variado en un tramo de longitud L del canal se pueden expresar por medio de la ecuación de Manning:

$$hf = ((Se_1 + Se_2)/2)L \tag{5.2}$$

En donde:

Se1 y Se2 corresponden a los valores de la pendiente de la línea de energía aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo. Estos valores se expresan por medio de la fórmula de Manning para flujo uniforme en cada sección del tramo:

$$Se = n^2V^2/R^{\frac{4}{3}} \tag{5.3}$$

En donde:

n, coeficiente de rugosidad de Manning, valor adimensional.

V, velocidad promedio del agua, en m/s.

R, radio hidráulico, en m, igual al área hidráulica A, en m², dividida entre el perímetro mojado P, en m.

El coeficiente de rugosidad de Manning se define de acuerdo con las caracterizaciones de campo (cobertura de suelo), y teniendo en cuenta las recomendaciones de

las diferentes referencias bibliográficas.

Parámetros

Los parámetros de análisis necesarios para desarrollar de manera adecuada el modelo 2D en este software son:

- Coeficiente de rugosidad n de Manning, en un shape de cobertura del suelo.
- Hidrogramas unitarios de caudales máximos de entrada.
- Pendientes de cada drenaje.
- Régimen de flujo sobre el cual se va a calcular (estacionario y no estacionario).

Definición de la geometría y condiciones de flujo

El presente modelo se trabajará en unidades internacionales (métricas), usa “GIS tools”, siendo esta herramienta la que apoya en la generación de un modelo de elevación uniforme, se importa el DEM con su propia georrefenciación. Una vez importado el DEM podemos visualizar la geometría en “Geometric Data”, luego se procederá a añadir el área de flujo en 2 dimensiones, esto se logra dibujando el área de interés; luego se procede a dibujar con la herramienta “SA/2d Area BC Lines” las cuales permiten establecer las condiciones de borde en el modelo, y así se establece las condiciones de frontera.

Luego se procede a editar el área de flujo dibujada previamente, se escoge la opción para generar puntos de cálculo en intervalos regulares con todas las líneas de corte, generando así dimensiones de 1.5 x 1.5 metros, en este caso para el casco urbano; forzamos la creación de la grilla de estas dimensiones, se guardan los cambios considerados en el modelo y se procede a modificar las condiciones de flujo una vez establecida la grilla y los datos de condiciones de borde.

Luego se editan las condiciones de flujo no estacionario, aquí se establecerán primero las condiciones de borde, y a su vez se le añaden las condiciones de pendiente en el caso de aguas abajo, y en aguas arriba se escogerá un hidrograma unitario de flujo; para cada uno se indicará el tiempo de simulación y estos datos de caudales serán importados desde un archivo excel el cual contiene los flujos en intervalos de tiempo, por último se guarda el archivo de “Información de flujo no estacionario”.

Finalmente, se corre la simulación como “Análisis de flujo no estacionario”, se coloca un ID para el plan, se escoge el archivo de geometría y el archivo de flujo no estacionario, se escogen adicionalmente los programas a modelar, entre los cuales está el preprocesador de geometría, el simulador de flujo inestable, el post procesador y el mapeo de la planicie de inundación por el evento de avenida torrencial, se establece la fecha de inicio y final, se establece los intervalos de computación y el resto de valores como el intervalo de salida de mapeo, el intervalo de salida del hidrograma unitario de flujo y el intervalo de salida detallado, por último se deben guardar los cambios y visualizar los resultados en las herramientas de GIS (RAS Mapper) de Hec-RAS, aquí se puede espacializar la información ejecutada en el modelo.

Resultados modelo 2D

Los resultados obtenidos se pueden observar gráficamente y/o en tablas predefinidas, las cuales muestran entre otros el la altura del nivel de agua y la velocidad del flujo.

La información de niveles de agua se traslada al programa computacional ArcGIS con el fin de elaborar el plano de la mancha de desbordamiento por un evento de avenida torrencial espacial sobre el área estudiada (la mancha de desbordamiento da los límites geométricos hasta donde llega la avenida torrencial). Sobre esta mancha de avenida torrencial se visualizan las obras de infraestructura que podrían verse afectadas.

En este, orden de ideas, los parámetros básicos de entrada al modelo matemático HEC-RAS para la zona de estudio son el modelo de elevación de terreno, los drenajes del área de estudio, la cobertura del suelo con sus respectivas rugosidades, los hidrogramas unitarios de flujo y las condiciones de flujo, que para este caso será modelado en flujo no estacionario.

Insumos requeridos para el modelo hidráulico

- **Drenajes de evaluación:** Estos drenajes fueron definidos para cada municipio en el contrato.

- **Modelo de elevación – DEM:** El levantamiento de la información de campo, se fundamentará en la obtención de una nube de puntos en las quebradas existentes dentro de las áreas de estudio, por medio de secciones batimétricas las cuales incluyen las áreas aledañas a los cauces, llamadas zonas probablemente inundables y estructuras hidráulicas, con el fin de conseguir un modelo de elevación digital del terreno. Posteriormente, se realizará la integración de la información del ortofotomosaico y del levantamiento topobatimétrico, para generar el producto final del modelo de elevación digital (MDT).

- **Cobertura de suelo:** La cobertura del suelo es el insumo principal para la selección del coeficiente de rugosidad a utilizar en la modelación hidráulica. La rugosidad (n de manning´s value) se define como la resistencia que genera una superficie a las fuerzas gravitatorias que generan el movimiento de un fluido, y por lo tanto alterando la velocidad de flujo. Los coeficientes de rugosidad de Manning son valores adimensionales los cuales varían por los siguientes factores.

Modelación hidráulica del pico de crecientes de la avenida torrencial

Para la modelación hidráulica del pico de crecientes de la avenida torrencial se transitararán 4 tipos, con caudales picos e hidrogramas unitarios triangulares con períodos de retorno 15, 100, 500 y 1000 años, los cuales fueron incrementados en un 40 % adicional, correspondiente al volumen de sedimentos y escombros que podrían llegar a transitar.

Zonificación y evaluación de amenaza 1:2000

La zonificación es el proceso de dividir el territorio en zonas con diferentes niveles de amenaza. Esta se realiza en función de los resultados de la modelación fluidodinámica y los análisis geomorfológicos previos.

1. **Cálculo del Índice de Intensidad de Flujo (I_{DF}):** Usando las profundidades y velocidades máximas del flujo, se calcula el índice $I_{DF} = h \cdot v^2$, donde h es la profundidad y v la velocidad del flujo. Este cálculo se realiza para diferentes periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 300 y 500 años).

2. **Construcción de las Curvas de Amenaza:** Con los índices de flujo calculados, se generan curvas de amenaza para cada escenario de análisis. Estas curvas se evalúan con base en: Probabilidad de excedencia (periodo de retorno). Índices de intensidad representativos de las diferentes amenazas.

3. **Clasificación del Nivel de Amenaza y Elaboración del Mapa:** Los resultados obtenidos se integran para clasificar las áreas según su nivel de amenaza (alta, media o baja). Finalmente, se construye el mapa de zonificación de amenaza. (Ver figura 5.4) SGC (2021).

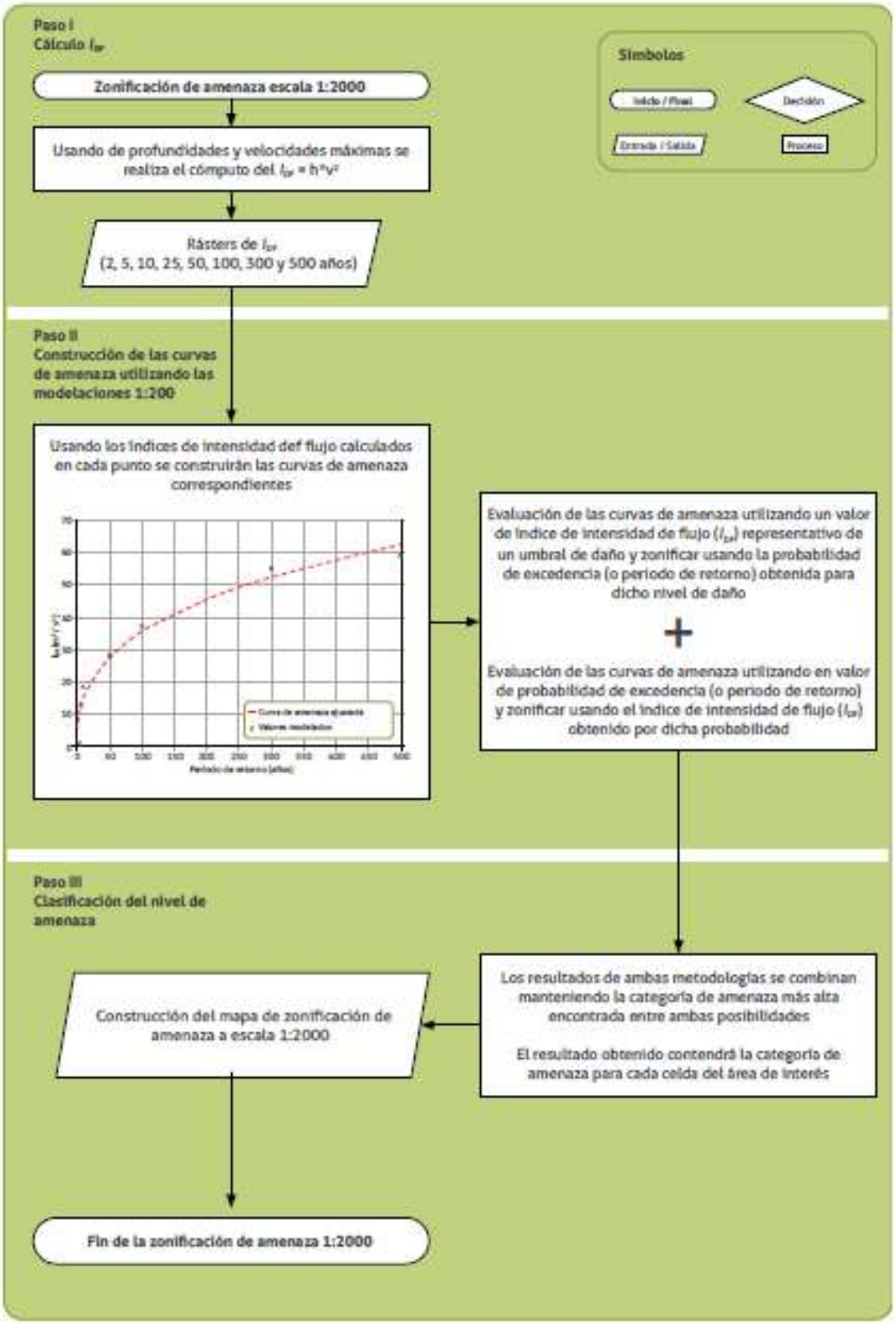


Figura 5.4: Procedimiento para la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales 1:2000

Fuente:SGC (2021)

La interpretación se resume en la tabla 5.1, en la que se presenta la correspondencia entre categorías y los criterios descritos con anterioridad. La interpretación mostrada es la base para la generación de la leyenda de amenaza a escala 1:2000, pero es necesario considerar que el cruce con los eventos fluviotorrenciales recientes que se presenta en la siguiente sección del documento y algunas recomendaciones adicionales deben incluirse dentro de la leyenda de zonificación de amenaza por avenidas torrenciales a escala 1:2000 SGC (2021).

Tabla 5.1: Interpretación general (ejemplo) de las categorías de amenaza para la escala 1:2000, caso piloto Guacamayas, Boyacá

Categoría	Descripción de la categoría
Alta Flujo - Avenidas torrenciales	Zonas que ocupan el 5,96% (11,83 ha) del área de estudio, asociadas principalmente a geoformas indicativas de depósito como cauce actual, terrazas de tipo fluviotorrencial, fluviotorrencial colgada, fluviotorrencial reciente, terraza de acumulación baja, abanico fluviotorrencial reciente, subreciente y antiguo; relacionadas con la evolución geomorfológica de las cuencas de las quebradas Surcabásiga y Los Leones. En estas cuencas se observan procesos de erosión intensa de tipo surco, cárcava, erosión lateral y áreas inestables que comprenden reptación superficial sobre laderas adyacentes al tramo de la vía que comunica las veredas La Laguna y Chiviche, que cruza la quebrada Surcabásiga. Igualmente, se puede presentar alguna de las siguientes condiciones: (i) alta probabilidad de presentar eventos de avenidas torrenciales con potencial de causar daños estructurales parciales en las viviendas y otras edificaciones expuestas con un periodo de retorno de menos de 25 años, (ii) alta probabilidad de presentar eventos de avenidas torrenciales con potencial de causar daños estructurales severos o eventualmente destrucción completa en caso de ocurrir un evento con periodo de retorno de 500 años, estas áreas no deben tener elementos expuestos (viviendas, edificaciones rurales, equipamiento público, infraestructura en general, entre otros) debido al poder destructivo y de afectación asociado a los eventos presentados en el pasado. En términos del índice de intensidad de flujo IDF se entiende que, el mayor valor esperado se asocia a una intensidad de evento mayor y correlacionable con el nivel de daño, para este caso el valor esperado es de 50 m^3/s^2, para eventos asociados a periodos de retorno a 25 años, con rangos predominantes de velocidad entre 4,27 m/s y 9,96 m/s, y alturas de flujo entre 0,31 m y 0,64 m; mientras que para un periodo de retorno de 500 años los valores predominantes de velocidad y alturas de flujo están en los rangos de 8,34 m/s - 11,47 m/s y 2,03 m - 2,88 m, respectivamente. La categoría comprende gran parte de las zonas que han sido afectadas por avenidas torrenciales de tipo flujo de lodo del año 1968 y flujo de detritos de los años 1944 y 2018.
Media Flujo - Avenidas torrenciales	Ocupa el 19,58% (38,86 ha) del área de estudio, comprende principalmente geoformas indicativas de depósito como: terraza de tipo fluviotorrencial reciente, abanico fluviotorrencial reciente, subreciente y antiguo, escarpe de abanico, cono o lóbulo de flujo de detritos, cono o lóbulo de deslizamiento traslacional; asociadas a la dinámica fluvial y a la evolución geomorfológica de las cuencas de las quebradas Surcabásiga y Los Leones. Presenta procesos erosivos de tipo surco, cárcava, erosión lateral y camino de ganado, mientras que en la zona media de la cuenca de la quebrada Los Leones, en sectores aledaños a la vía San Mateo-Guacamayas, se presenta reptación superficial asociada a inestabilidad y aporte de material al cauce. La categoría está asociada a alguna de las siguientes condiciones: (i) alta probabilidad de avenidas torrenciales con potencial de causar daños parciales en las viviendas y otras edificaciones expuestas, con un periodo de retorno promedio menor a 100 años, (ii) probabilidad de sufrir daños estructurales parciales a severos de los elementos expuestos en caso de ocurrir un evento con periodo de retorno menor a 500 años. En términos del índice de intensidad de flujo IDF se entiende que, el mayor valor esperado se asocia a una intensidad de evento mayor y correlacionable con el nivel de daño, para este caso el valor esperado es de 1 m^3/s^2 a 50 m^3/s^2, que corresponde a rangos predominantes de velocidad entre 0 m/s y 0,5 m/s, y alturas entre 0,08 m a 0,31 m para eventos asociados a un periodo de retorno de 25 años; mientras que para un periodo de retorno de 500 años los valores predominantes de velocidad y alturas de flujo están en los rangos de 2,71 m/s a 4,17 m/s y entre 0,15 m y 0,62 m, respectivamente. Estas zonas coinciden en gran parte con las áreas de afectación del flujo de lodos de 1968, dejada hacia el noroccidente del canal artificial (jarillón) y desde la calle 3 con carrera 2 hacia aguas abajo de la quebrada Surcabásiga.

Baja Flujo - Avenidas torrenciales	Áreas que ocupan el 74,46 % (147,82 ha), comprenden zonas que eventualmente pueden presentar avenidas torrenciales con potencial de causar daños en las viviendas y otras edificaciones expuestas, con una recurrencia promedio superior a 100 años, probablemente puede ocurrir alguna sedimentación, o incluso daños estructurales leves, en las viviendas y edificaciones expuestas en caso de que ocurra un evento con un periodo de retorno promedio de 500 años. El valor del índice de intensidad de flujo esperado para este evento es generalmente inferior a 1 m^3/s^2 y comprende rangos predominantes de velocidad entre 0 m/s y 0.5 m/s, y alturas predominantes de flujo entre 0 m y 0,08 m para un periodo de retorno de 25 años; mientras que para un periodo de retorno de 500 años los valores predominantes de velocidad y alturas de flujo están en los rangos de 1,52 m/s a 2,71 m/s y 0 m a 0,15 m, respectivamente. Esta categoría de amenaza coincide en menor proporción con algunas de las zonas de afectación del flujo de lodos de 1968, dejada hacia el noroccidente del canal artificial (jarillón) construido sobre las márgenes de la quebrada Surcabásiga y parte del casco urbano.

Fuente: SGC (2021)

5.2.4. Análisis de vulnerabilidad

Los análisis de vulnerabilidad a escala detallada (1:2000) se deben hacer en las zonas de amenaza alta, identificadas en la evaluación básica de amenaza a escala 1:5000. (SGC, 2015, p. 85)

El procedimiento que aquí se describe es aplicable fundamentalmente en las zonas ocupadas por edificaciones. En aquellas zonas sin ocupar o zonas de futura expansión urbana podrá usarse la metodología, pero planteando los escenarios futuros de ocupación o de cambio de uso. (SGC, 2015, p. 85)

De acuerdo con el Decreto 1077 de 2015, promulgado por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, las etapas generales que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad son:

- Identificación y localización de los elementos expuestos.
- Caracterización de los elementos expuestos: tipología, exposición y resistencia
- Tipos de daño o efectos esperados como resultado de los escenarios de vulnerabilidad.
- Zonificación de la vulnerabilidad.

A la escala de trabajo que se requiere, la vulnerabilidad se ha de evaluar en forma cuantitativa, para lo cual se analizan los escenarios de vulnerabilidad ante los tipos de movimientos en masa esperados. Dichos escenarios incluyen tanto la exposición de los elementos (bienes físicos y personas) como su grado de fragilidad ante el evento amenazante. Al relacionar la intensidad de las masas que se pueden desplazar (en cuanto a su energía, su volumen o su deformación), las áreas determinadas zonas inundables o las zonas susceptibles a eventos de avenidas torrenciales con la fragilidad de los elementos expuestos, se pueden establecer unos niveles de daño para cada edificación, y con base en estos niveles de daño se definen las categorías de vulnerabilidad física que permiten realizar los mapas de zonificación de vulnerabilidad. (SGC, 2015, p. 85)

Por su parte, la vulnerabilidad de las personas se define en función de los posibles niveles de afectación en materia de pérdidas probables de vidas o de lesiones corporales, asociadas con los niveles de daño de las edificaciones, previamente evaluados.

Aunque se trata de un aspecto importante, no es objeto de esta guía evaluar la vulnerabilidad social ni la vulnerabilidad funcional relacionada con probables pérdidas por interrupción de los sistemas productivos. No obstante, en las encuestas de vulnerabilidad se preguntan aspectos de tipo socioeconómico y cultural, que pueden emplearse en esta clase de análisis; de hecho, son necesarios para evaluar la vulnerabilidad de las personas, tales como edad, niveles de ingresos, grado de escolaridad, presencia de personas con algún tipo de discapacidad, redes sociales de apoyo, etc. (SGC, 2015, p. 85)

Con el fin de cumplir con los lineamientos del Decreto 1077 de 2015 y con las necesidades de evaluación cuantitativa, se requiere definir, en primer lugar, el área de estudio con base en la zonificación de amenaza realizada previamente a escala 1:5000. Las áreas sujetas a estudios de vulnerabilidad y de riesgo son aquellas zonas ya ocupadas que se identificaron en la categoría de amenaza alta y aquellas identificadas en amenaza media, pero que requieren un cambio de densidad o de uso. Luego de definidas las áreas de estudio, se debe aplicar el procedimiento general de evaluación de vulnerabilidad, tal como se desarrolla en este apartado. (SGC, 2015, p. 85)

Identificación y localización de elementos expuestos

Los elementos expuestos incluyen tanto elementos físicos (bienes e infraestructura) como servicios ambientales, recursos económicos y sociales y bienes culturales, que por su localización pueden resultar afectados por la materialización de una amenaza. La metodología propuesta en esta guía está orientada a la evaluación de vulnerabilidad física con fines de estimaciones cuantitativas de riesgo, para lo cual los elementos expuestos se reducen a dos grupos: bienes físicos y personas. En la tabla 5.2 se presenta el resumen de los bienes que podrían estar expuestos ante la materialización de una amenaza. (SGC, 2015, p. 86)

Tabla 5.2: Elementos expuestos. SGC

Clasificación		Identificación	Uso-Componentes
Bienes Físicos	Edificaciones	Indispensables-Grupo IV (norma NSR-10)	Salud (pública/privada)
		Atención a la comunidad - Grupo III (norma NSR-10)	Seguridad
			Emergencia
			Educación
		Ocupación especial - Grupo II (normaNSR-10)	Institucionales
			Gubernamentales
			Centros comerciales
			Industria
		Ocupación normal - Grupo I (norma NSR-10)	Residencial y comercio
	Líneas Vitales	Red Vial	Vías
			Puentes vehiculares
			Puentes peatonales
		Servicios públicos	Líneas de acueducto, alcantarillado y gas (tuberías)

Clasificación	Identificación	Uso-Componentes
		Redes eléctricas y comunicaciones
Personas		Población

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

En la figura 5.5 se presenta un flujo de trabajo para la realización del análisis de vulnerabilidad ejemplificado en la guía de trabajo para movimientos en masa publicada por el Servicio Geológico Colombiano en el año de 2015. (SGC, 2015, p. 86)

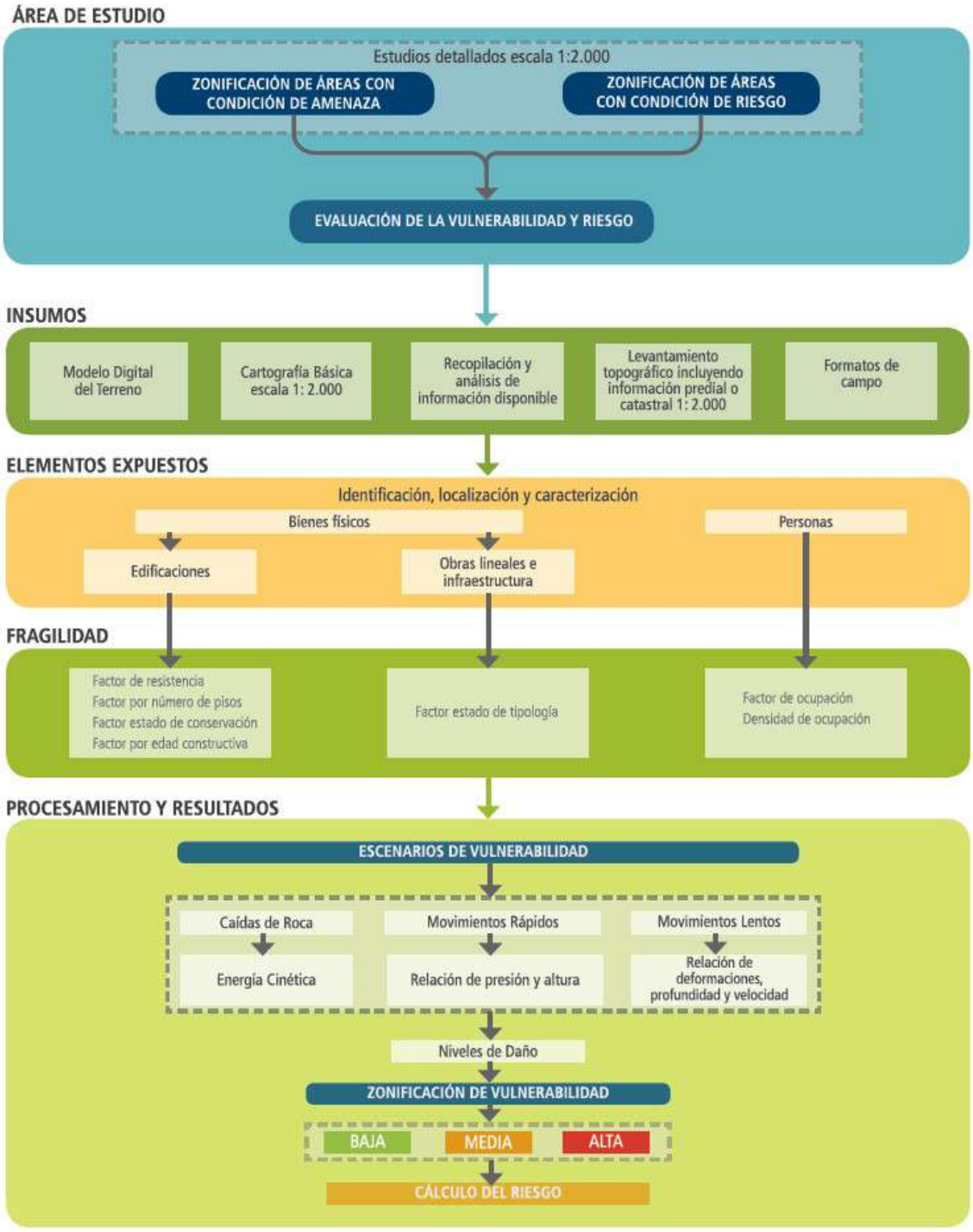


Figura 5.5: Procedimiento general para análisis de vulnerabilidad por movimientos en masa. Estudios detallados, a escala 1:2000.

Fuente:SGC (2015)

La base para la identificación y localización de los elementos expuestos será la información predial o catastral presentada en el levantamiento topográfico, de acuerdo

con los insumos mínimos para la elaboración de estudios detallados de amenaza y riesgo. Esta información se ha de complementar o actualizar, con el fin de representarla espacialmente sobre la base topográfica disponible. Cada bien físico representado de manera cartográfica se debe identificar y caracterizar mediante el diligenciamiento total del formato. Las categorías para la agrupación y posterior representación de los elementos deben permitir las primeras valoraciones cuantitativas (Ver tabla 5.3). Parámetros tales como el nivel socioeconómico (estratificación), avalúo catastral (millones de pesos) o aspectos macroeconómicos y sociales (avalúo comercial y uso del suelo) permiten identificar los elementos expuestos en materia de infraestructura, facilitando su representación y análisis espacial con SIG en el nivel de detalle requerido. (SGC, 2015, p. 88)

Tabla 5.3: Valoración de elementos para evaluación del riesgo. SGC

Uso	Parámetros		
Residencial de capacidad económica baja	Número de edificaciones	Área construida (miles de m2)	Valor de reposición (en millones de COP)
Residencial de capacidad económica media			
Residencial de capacidad económica alta			
Comercial			
Institucional			
Salud (pública o privada)			
Educación (pública o privada)			
Gubernamentales			
Otros			

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

La vulnerabilidad física de personas depende de factores relacionados tanto con la amenaza (tipo, tamaño, distribución e intensidad del evento) como con la capacidad de respuesta y resistencia de los individuos. A causa de la complejidad y dinámica de la naturaleza humana, la vulnerabilidad de las personas cambia en el tiempo e involucra grandes incertidumbres que inciden directamente en el planteamiento de metodologías de evaluación basadas en el conocimiento experto y datos empíricos. En el contexto de esta guía, la vulnerabilidad física de personas se considerará en conjunto con la vulnerabilidad física de las edificaciones, asociada como un factor de vulnerabilidad, con arreglo a relaciones empíricas como las que presentan Uzielli (2012) y y Ghesquiere F y Cardona O D y Ordaz M. G. (2013), o como un factor de ocupación por medio de factores como el uso del suelo y la clasificación socioeconómica de cada edificación. (SGC, 2015, p. 88)

La identificación y localización de personas se puede representar espacialmente con los siguientes indicadores:

- Distribución de la densidad poblacional por m2 de construcción, por manzana.
- Distribución de la densidad de la población por m2 de terreno, por manzana.

- Densidad poblacional por manzana (hab./km2).

Caracterización de los elementos expuestos

A partir de la información primaria conseguida tanto en los trabajos de topografía como en el diligenciamiento del formato B-1 del anexo B SGC (2015), se puede llevar a cabo la fase de caracterización de los elementos expuestos. De acuerdo con las exigencias de la normativa existente, con el tamaño de las áreas urbanizadas de los municipios categorías 5 y 6 y con la escala en que se requieren los estudios, la encuesta se debe aplicar en todos los predios dentro de las zonas con condición de amenaza y riesgo identificadas en los estudios básicos (1:5000), tal como se explicó previamente. (SGC, 2015, p. 89)

Cada elemento identificado y localizado se debe describir y categorizar en función de sus características de tipología, exposición y fragilidad, con el propósito de evaluar su vulnerabilidad física ante la ocurrencia de un movimiento en masa, evento de inundación o avenida torrencial. (SGC, 2015, p. 89)

Tipología Edificaciones

Las tipologías de edificaciones, se presentan en la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Tipología para edificaciones

Codigo	Tipo edificación
A	Edificaciones con reforzamiento especial
B	Edificaciones reforzadas
C	Mamposteria reforzada
D	Estructuras híbridas
E	Estructuras ligeras
F	Construcciones simples
G	Lotes vacíos

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Red vial

Se emplea la clasificación urbana de vías (Ver tabla 5.5). En el inventario de la red vial se deben incluir estructuras como puentes vehiculares o peatonales.

Tabla 5.5: Tipología para red vial

Clasificación	Tipo vía	Ancho (m)
Autopista	V-0	100
Arteria principal	V-1	60

Clasificación	Tipo vía	Ancho (m)
Arterial secundario	V-2	40
	V-3	25
Vial intermedia	V-4	22
	V-5	18
	V-6	16
Vial local	V-7	13
	V-8	10
	V-9	8

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Infraestructura de servicios públicos

La infraestructura urbana relacionada con servicios públicos se divide en esta guía en las redes constituidas por tuberías, en las que se incluyen los elementos de los sistemas de acueducto y alcantarillado, y en las redes aéreas, donde se incluye el sistema eléctrico y de comunicaciones. Estos dos grupos se clasifican en las categorías que se presentan a continuación en las tablas 5.6, 5.7 y 5.8.

Tabla 5.6: Clasificación de la red del sistema de acueducto

Clasificación	Diámetro (pulgadas)
Red matriz*	>12
Red primaria*	6-12
Red secundaria	2-6
Red local	1/2-2

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Las categorías mencionadas como * no son comunes en poblaciones menores de 20.000 habitantes.

Tabla 5.7: Clasificación de la red del sistema de alcantarillado, según clasificación del acueducto de Bogotá

Clasificación	Diámetro (pulgadas)
Red troncal	>18
Red secundaria	>18
Red local	<18
Canales	–

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Tabla 5.8: Clasificación de la red del sistema eléctrico

Clasificación	Uso
Alta tensión	Transporte y distribución
Media tensión	Producción y distribución
Baja tensión	Distribución y consumo

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

En el informe de los estudios efectuados con el estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, se debe incluir una inspección visual general, en la que se identifiquen los puntos críticos o en amenaza del trazado de tales redes.

Exposición En bienes físicos, esta respuesta y la intensidad de la solicitación dependen de dos aspectos: las características del elemento (tipología, calidad de construcción, mantenimiento, uso, etc.) y su posición relativa con respecto al área afectada por el evento (exposición). (SGC, 2015, p. 92-93)

Fragilidad Por fragilidad se entiende la respuesta de los elementos expuestos frente a las solicitaciones generadas por la interacción de los movimientos en masa con dichos elementos. En bienes materiales, esta respuesta depende de las características del elemento expuesto, y en personas, de la capacidad de respuesta y la posición relativa con respecto al área afectada por el evento. (SGC, 2015, p. 94)

Factor de fragilidad por tipo de estructura (Stip).

Para el tipo de estructura se consideran los factores de resistencia (Ver tablas 5.9). (SGC, 2015, p. 94)

Tabla 5.9: Factores de fragilidad por tipología de estructuras

Codigo	Tipologia	Fragilidad	Stip
F	Construcciones simples	Muy alta	1.0
E	Estructuras ligeras	Alta	0.9
D	Estructuras híbridas	Media	0.7
C	Mampostería reforzada	Baja	0.5
B	E. reforzadas	Muy baja	0.3
A	E. reforzamiento especial	Extremadamente baja	0.1

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Factor de fragilidad por altura de la estructura (Stip).

La fragilidad de la estructura en función de su número de pisos se aprecia en la tabla 5.10.

Tabla 5.10: Factor de fragilidad por altura de la edificación

Tipología	Pisos	Salt
F, E	>2	0.9
D	>4	0.9
D	2 y 3	0.6
Demás tipologías y alturas		0.05

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Factor de fragilidad por edad de la estructura (Sed).

El parámetro de fragilidad relativo a la edad de la edificación se estima a partir de la relación de los años de servicio con respecto a la vida útil de diseño de la edificación (servicio/vida útil) en la tabla 5.11. (SGC, 2015, p. 96)

Tabla 5.11: Factor de fragilidad por edad de la edificación

Relación años servicio/vida útil	Sed
<0.1	0.05
0.1-0-4	0.1
0.4-0.6	0.3
0.6-0.8	0.5
0.8-1.0	0.7
1.0-1.2	0.8
>1.2	1.0

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

El profesional a cargo de la evaluación del riesgo deberá determinar la edad de las edificaciones y su periodo de diseño, en caso de que estas tengan un diseño formal. En el evento de que no se hallara información sobre el periodo de diseño de la edificación, el profesional podrá calcular la vida útil de la estructura con base en sus características, a partir de información secundaria debidamente soportada. Se recomienda emplear los valores de vida útil en función del tipo de edificación (Ver tabla 5.12). (SGC, 2015, p. 96)

Tabla 5.12: Vida útil en función del tipo de edificación

TIPOLOGÍA	VIDA ÚTIL
A y B	50 años
C y D	30 años
E	15 años
F	1-2 años

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Fragilidad en las líneas vitales

Para el caso de las líneas vitales, su fragilidad se estima a partir de un solo parámetro de fragilidad. La formulación de los parámetros que acá se presentan se hizo con base en la información disponible de los fabricantes de los elementos considerados. (SGC, 2015, p. 96)

Red vial

El parámetro de fragilidad para las vías se establece en función de su ancho, de acuerdo con la ecuación:

$$S_{Ancho} = 3{,}0/W_{via} \tag{5.4}$$

Fuente: Tomado de SGC (2015)

Dónde:

W vía: es el ancho de la vía en metros y 3,0 corresponde al ancho de carril mínimo para que un vehículo pueda transitar en condiciones normales.

Red de acueducto

A partir del diámetro de las tuberías de la red se establece el parámetro de fragilidad de estas (Ver tabla 5.13).

Tabla 5.13: Parámetro de fragilidad de tuberías

Diámetro (Pulgadas)	Sdiam
1/2	1.0
3/4	0.44
1	0.25
1 1/4	0.16
1 1/2	0.11
2	0.06

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Red de alcantarillado

De modo similar, se define el parámetro de fragilidad de las tuberías de las redes de alcantarillado en función de su material de fabricación (Ver tabla 5.14). (SGC, 2015, p. 97)

Tabla 5.14: Parámetro de fragilidad de red de alcantarillado

Material	Smat
Asbesto cemento	0.9
Gres	0.6
Concreto simple	0.6
Polietileno	0.5
Concreto reforzado	0.1

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Redes eléctricas y de telecomunicaciones

Se considera la vulnerabilidad de las redes aéreas como el daño que sufren los postes que las conforman. El parámetro de fragilidad para este tipo de red se define entonces a partir de la carga nominal de rotura de los postes de concreto, de acuerdo con las normas Retie e Icontec (Ver tabla 5.15). (SGC, 2015, p. 97)

Tabla 5.15: Parámetro de fragilidad de redes eléctricas y de comunicaciones

Carga mínima de rotura(kN)	Scarga
Madera	1.0
5001	0.9
7355	0.82
10300	0.7
13220	0.62
17640	0.53

19600	0.51

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

En caso de que no se pueda determinar la carga mínima nominal de rotura de los postes de concreto que conforman la red, se presume que esta corresponde a la menor, asignándole el valor de 5001 N y el correspondiente parámetro de fragilidad. (SGC, 2015, p. 98)

Fragilidad de personas Como ya se mencionó, la vulnerabilidad física de personas se evaluará en conjunto con la vulnerabilidad de edificaciones. Algunos autores han propuesto la fragilidad de personas como una función exponencial de la fragilidad de las edificaciones (Ragozin & Tikhvinsky, 2000; Uzielli, 2006); otros, valores fijos de vulnerabilidad, de acuerdo con criterio experto y recopilación de información antecedente (AGS, 2007c) (Ver figura 5.6). En esta metodología se propone la fragilidad de personas en estructuras en función de la fragilidad de tales estructuras, de acuerdo con la ecuación 5.5. (SGC, 2015, p. 98)

$$S_{per} = (S_e)^3,2 \tag{5.5}$$

Fuente: Tomado de SGC (2015)

Dónde:

S_{per} es la fragilidad de las personas.

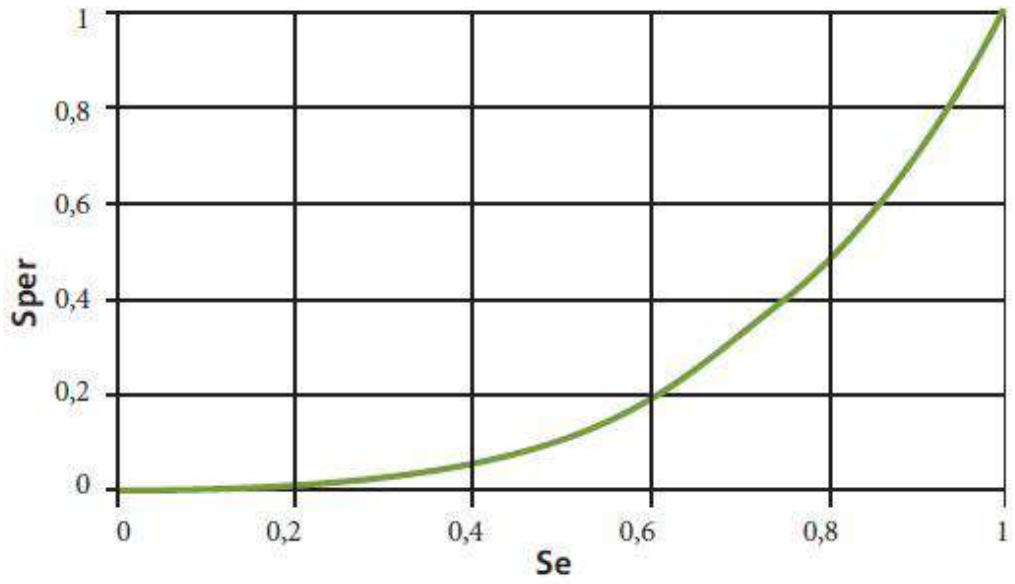


Figura 5.6: Modelo de fragilidad propuesto para personas en estructuras

Fuente: Tomado de SGC (2015)

Cálculo y zonificación de vulnerabilidad

Siguiendo la metodología desarrollada por Uzielli et al. (2008), Li et al. (2010) y Du et al. (2013), la vulnerabilidad es función de la fragilidad de las estructuras (denominada susceptibilidad en algunos documentos y resistencia en otros) y de la intensidad del evento amenazante. Para esta guía se adopta el modelo de Du et al. (2013) y Du et al. (2014), definido por la ecuación 5.6. (SGC, 2015, p. 106-107)

$$\nu = \begin{Bmatrix} \frac{1}{2}\left(\frac{\iota}{1-s}\right)^2 \iota \leq 1-s \\ 1-\frac{1}{2}\left(\frac{1-1}{s}\right)^2 \iota > 1-s \end{Bmatrix} \tag{5.6}$$

Fuente: Tomado de SGC (2015)

dónde:

ν es la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la amenaza

ι es la intensidad del evento

S es la fragilidad del elemento expuesto

Para estructuras, 1,0 significa la destrucción completa de la estructura; los valores menores que 1,0 representan el grado de daño, y 0 significa que la edificación no presenta ningún daño. En personas, 1 significa la pérdida de la vida, y los valores menores que 1 se traducen como la probabilidad de pérdida de la vida. A continuación se presentan curvas de vulnerabilidad para diversos valores de intensidad y de fragilidad (ver figura 5.7), según la ecuación 5.6. Para personas, el valor de fragilidad calculado mediante la ecuación 5.5 se relaciona con la intensidad del evento, para el cálculo final de la vulnerabilidad. (SGC, 2015, p. 107)

Así mismo, se determinan tres niveles de daño para edificaciones y líneas vitales con fines de zonificación de la vulnerabilidad. Dichos valores numéricos de vulnerabilidad permiten definir cualitativamente los daños esperados para los elementos expuestos. (SGC, 2015, p. 107)

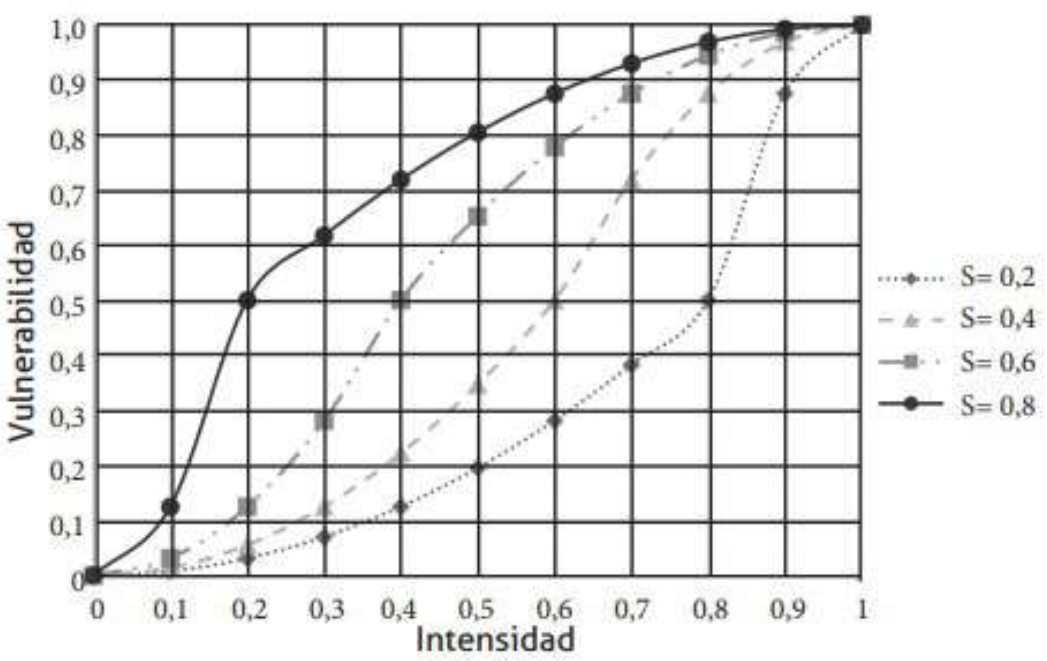


Figura 5.7: Cálculo de vulnerabilidad para estructuras

Fuente: Tomado de SGC (2015)

Tabla 5.16: Clasificación de la vulnerabilidad para edificaciones y líneas vitales

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALOR	NIVEL DE DAÑO
ALTA	0.50 - 1.0	Total-colapso
MEDIA	0.10 - 0.50	Grave
BAJA	0.02 - 0.10	Moderado
	0.0 - 0,02	Leve

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Con base en los valores de vulnerabilidad definidos 5.16 se preparará un mapa en el que se identifiquen y clasifiquen los elementos expuestos, de acuerdo con la clasificación de la vulnerabilidad correspondiente. La vulnerabilidad alta se identificará con color rojo, la vulnerabilidad media con color amarillo y la vulnerabilidad baja con color verde. (SGC, 2015, p. 109)

Por su parte, las categorías de vulnerabilidad para personas en edificaciones se pueden definir así 5.17

Tabla 5.17: Clasificación de la vulnerabilidad para personas

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	RANGO	DESCRIPCIÓN
ALTA	0.50 - 1.0	Alta posibilidad de muerte o lesiones serias

MEDIA	0.20 - 0.50	Alta posibilidad de lesiones moderanas Baja posibilidad de muertes
BAJA	0.0 - 0,2	Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Los procedimientos hasta aquí indicados permiten definir unos valores numéricos de vulnerabilidad tanto física como de personas, los cuales se pueden plasmar en mapas que se cruzarán posteriormente con los mapas de amenaza. (SGC, 2015, p. 109)

5.2.5. Análisis del riesgo

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, el análisis del riesgo implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir, mediante la relación cualitativa, semicuantitativa o cuantitativa de la amenaza y la vulnerabilidad, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales, y sus probabilidades. Como resultado de la etapa de análisis del riesgo, se obtiene una estimación de daños, costos asociados y pérdidas potenciales, denominado cálculo del riesgo. En esta etapa se incluye la aplicación de métodos y procesos para cuantificar el riesgo a partir de los escenarios de amenaza identificados y de las condiciones de vulnerabilidad que se relacionan con tales escenarios. (SGC, 2015, p. 15)

Cálculo del riesgo

En razón de que el riesgo está relacionado con la probabilidad de que se causen efectos adversos y consecuencias negativas en los contextos material, social y ambiental, existe una necesidad implícita en la toma de decisiones de desarrollar análisis que permitan su estimación cuantitativa.Estos análisis pueden llevarse a cabo, por ejemplo, en forma determinística, de modo que la estimación del impacto probable se hace con base en un solo evento o escenario o aleatoriamente, integrando el análisis de escenarios múltiples, cada uno con una frecuencia de ocurrencia dada, para obtener así una estimación genérica del riesgo y Ghesquiere F y Cardona O D y Ordaz M. G. (2013). (SGC, 2015, p. 113)

Las cuantificaciones son claves, puesto que permiten hacer determinaciones de una manera objetiva y reproducible, con resultados que se pueden comparar en distintas zonas; más aún, ayudan a identificar vacíos en los datos de entrada y las posibles debilidades o falencias de los análisis empleados. La cuantificación es también útil para gestión del riesgo, debido a que permite integrar análisis de costo-beneficio y proporciona la base para la priorización de acciones de mitigación y designación de recursos; además, facilita la comunicación entre profesionales, propietarios y tomadores de decisiones. (SGC, 2015, p. 113)

Resulta indispensable, por tanto, determinar tanto el riesgo específico debido a un

proceso de inestabilidad como el riesgo total a causa de la suma de todos los procesos posibles (o probables). Analíticamente, el riesgo específico se puede describir así: (SGC, 2015, p. 113)

$$R_s = P(H_i) * V * E \tag{5.7}$$

Fuente: Tomado de SGC (2015)

Donde

Rs es riesgo específico o grado de pérdidas esperadas debido a una amenaza de magnitud o intensidad (Hi), que ha ocurrido en un área específica y en un tiempo dado.

P(Hi) es amenaza o probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa, inundación o avenidad torrencial, con una magnitud o intensidad específica (Hi) en un tiempo dado y en un área específica.

V es vulnerabilidad del elemento expuesto o la proporción de E probablemente afectada en forma negativa por el evento de magnitud (Hi) expresada en una escala entre 0 y 1.

E es el valor total o costo de los elementos físicos expuestos o amenazados por el movimiento en masa; para el caso de personas, E = máximo número de personas expuestas (que ocupan las edificaciones).

El indicador de riesgo más empleado y de fácil incorporación en la planificación territorial es la pérdida anual esperada y Ghesquiere F y Cardona O D y Ordaz M. G. (2013), por lo que se debe hacer el cálculo del riesgo en cuanto a la probabilidad de falla anual para el caso de la amenaza y la valoración económica de los elementos expuestos según su valor presente (VP) en pesos (); para personas se puede usar el indicador de número de personas por predio o número de personas por metro cuadrado de construcción. (SGC, 2015, p. 113)

Considerando la suma de los riesgos específicos para todo tipo de eventos y magnitudes potenciales, se puede describir el riesgo total 5.8

$$R_t = \sum R_s(evento1, ..., n) \tag{5.8}$$

Fuente: Tomado de SGC (2015)

Pérdidad económicas directas o indirectas

Dado que en la evaluación del riesgo se consideran criterios y juicios de decisión, es necesario evaluar los posibles impactos que a corto, mediano y largo plazo pueden generar los eventos sobre los elementos expuestos. (SGC, 2015, p. 114)

En compatibilidad con los componentes de la vulnerabilidad descritos, los movimientos en masa pueden producir efectos directos o a corto plazo, ocasionados por la acción directa e inmediata del evento adverso sobre los elementos expuestos e indirectos, que corresponden a aquellos que se derivan de los efectos directos y se materializan a mediano o largo plazo (SGC, 2015, p. 114)

Las pérdidas económicas directas e indirectas asociadas con tales efectos son aquellas que se pueden estimar en términos económicos o monetarios, debido a que es posible establecer un valor comercial de los elementos. Algunos de los impactos que se pueden considerar para la estimación de pérdidas directas o indirectas se presentan en la tabla siguiente 5.18. (SGC, 2015, p. 114)

Para el caso de esta guía, la estimación de pérdidas económicas se referirá únicamente a pérdidas en bienes físicos. (SGC, 2015, p. 114)

Tabla 5.18: Impacto de los movimientos en masa sobre los elementos expuestos

IMPACTOS	ELEMENTOS	
	BIENES	PERSONAS
DIRECTOS O CORTO PLAZO	Construcciones Infraestructura Instalaciones y equipos Contenidos	Victimas Heridos o traumas Personas sin hogar Personas sin trabajo
INDIRECTOS O LARGO PLAZO	Interrupción de servicios Efectos en producción Servicios Efectos en sistemas Contaminación	Pérdida de resiliencia Empobrecimiento Calidad de vida Desarrollo humano Enfermedades

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

A causa de la dificultad y complejidad que representa calcular todos los efectos económicos de los movimientos en masa sobre los elementos expuestos, hay una tendencia a restringir la evaluación de pérdidas solo a la estimación de pérdidas directas. Esta restricción implica la exclusión de costos secundarios relacionados con interrupción de transporte, servicios, contaminación, etc., además del planteamiento de límites temporales y espaciales, considerando solo los efectos durante la ocurrencia del evento y únicamente sobre los límites físicos de los movimientos en masa, inundaciones o avenidas torrenciales. (SGC, 2015, p. 115)

Para la cuantificación de pérdidas directas en bienes físicos se pueden utilizar criterios tales como costos de remplazo, costos de reparación o mantenimiento y costos del contenido de las edificaciones. Para la cuantificación de pérdidas indirectas se pueden incluir costos por interrupción de transporte y servicios, pérdida de producción, bienes manufacturados, pérdida de negocios, costos de limpieza, contaminación de agua o tierra y costos por enfermedad y desempleo. (SGC, 2015, p. 115)

En el marco de esta guía, se proponen los siguientes indicadores para la estimación de pérdidas en bienes físicos:

- Valor comercial por unidad de área del terreno (valor unitario del metro cuadrado de terreno).
- Valor comercial por unidad de área de la construcción (valor unitario del metro cuadrado de construcción).
- Actividad comercial o industrial.
- Producto interno por sectores.

- Estadísticas de transporte y comercio interno para vías.
- Cubrimiento de servicios públicos.
- Número de usuarios de servicios públicos.
- Usuarios del sector de la salud.
- Estrato socioeconómico (por manzanas).

Para personas que ocupan edificaciones:

- Población total.
- Población laboral.
- Empleados de sectores comerciales o industriales y públicos.
- Estudiantes por planteles educativos.
- Distribución de la densidad poblacional por metro cuadrado de construcción por manzana.
- Distribución de la densidad de la población por metro cuadrado de terreno por manzana.
- Densidad poblacional por manzana (hab./km2).

Como lo proponen en y Ghesquiere F y Cardona O D y Ordaz M. G. (2013), hay que normalizar algunos indicadores, por ejemplo, por el área de estudio o por la población considerada. La mayoría de los indicadores propuestos se pueden evaluar para calcular pérdidas directas o indirectas; no obstante, el criterio para la elección del indicador y el cálculo del riesgo asociado depende del juicio de quien ejecuta el estudio de riesgo. (SGC, 2015, p. 115)

Evaluación del riesgo

Una vez culminada la etapa de análisis del riesgo, cuyo resultado se ha presentado en términos cuantitativos, es posible establecer criterios generales para definir las categorías de riesgo y los tipos de intervención y alcances en su reducción, proceso denominado etapa de evaluación del riesgo en este documento (ver figura 5.8). (SGC, 2015, p. 119)

Los criterios fijados para la aceptabilidad del riesgo en bienes físicos y personas se basan en comparaciones con estimaciones de pérdidas anuales o en probabilidad de personas afectadas anualmente, en ese orden. De acuerdo con JAM (2007), las pérdidas en bienes se pueden calcular como el costo aproximado de daños, definido este como el porcentaje de daño del valor comercial del elemento, incluyendo el terreno y la estructura intacta. (SGC, 2015, p. 119)

El costo aproximado es un estimado del costo directo de daño en el cual se pueden considerar, entre otros, el costo de reintegro de la parte afectada (terreno más estructura), trabajos de estabilización requeridos para llevar el riesgo a un nivel tolerable de acuerdo con la amenaza potencial, honorarios de profesionales, diseño de medidas y costos indirectos, tales como honorarios y alojamiento temporal. (SGC, 2015, p. 119)

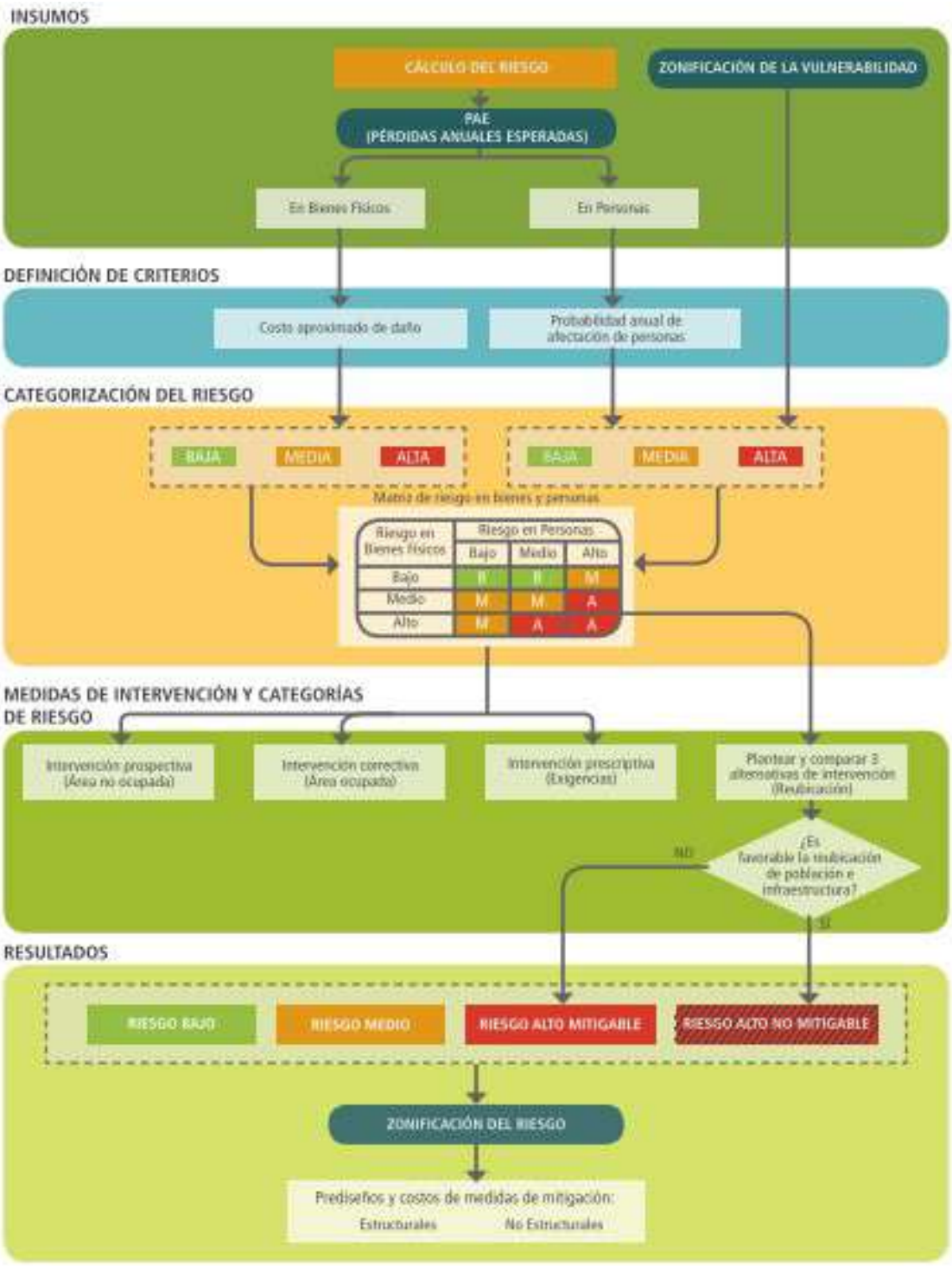


Figura 5.8: Esquema metodológico para la evaluación de riesgo.

Fuente: Tomado de SGC (2015)

Categorización del riesgo

Establecidos los criterios para determinar los costos aproximados de daño y el grado de afectación de personas, se procede a categorizar el riesgo y a definir posibles medidas de intervención y reducción del riesgo. En este caso, se propone categorizar el riesgo de bienes físicos y personas por separado (en alto, medio y bajo), para luego integrar los dos resultados en la definición final del riesgo (Ver tabla 5.19). Asociadas a cada categoría se plantean algunas medidas de intervención o reducción. En el caso de la categoría de riesgo alto, se plantea adicionalmente la evaluación con medidas de intervención o estrategias de gestión, con el propósito de definir su viabilidad técnica, financiera y urbanística. (SGC, 2015, p. 121)

Tabla 5.19: Categorías de riesgo de bienes físicos y personas

R	RIESGO EN PERSONAS		
EN BIENES FÍSICOS	ALTO	MEDIO	BAJO
ALTO	A	A	A
MEDIO	A	M	M
BAJO	A	B	B

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Medidas de intervención y categorización del riesgo

En el numeral anterior se presentaron brevemente algunas medidas de intervención, de acuerdo con las categorías de riesgo definidas. Con arreglo a la terminología descrita al inicio de este documento y presentada en la Ley 1523 de 2012, es posible plantear medidas de intervención prospectiva, correctiva y prescriptiva para cada categoría de riesgo, basadas en la propuesta de riesgo implícito. En todo caso, para la categoría de riesgo alto hay que evaluar medidas de intervención específicas con el objeto de definir su categoría final en riesgo alto mitigable o riesgo alto no mitigable (Ver tabla 5.20). (SGC, 2015, p. 122-123)

Tabla 5.20: Intervenciones y categorías de riesgo

CATEGORIA DEL RIESGO	INTERVENCIÓN PROSPECTIVA (AREA NO OCUPADA)	INTERVENCIÓN CORRECTIVA (AREA OCUPADA)	INTERVENCIÓN PRESCRIPTIVA (EXIGENCIAS)
ALTO	Prohibición de asentamientos e infraestructura	Reubicación de asentamientos e infraestructura. Evaluación económica +sistemas de alerta	Reducción de la amenaza y evaluar económicamente las intervenciones
MEDIO	Controlar aumento del riesgo+sistemas de alerta	Protección del área + sistemas de alerta	Controlar el aumento de la amenaza y proteger el área
BAJO	Controlar aumento de la amenaza y prevenir aumento del riesgo	Sin condicionantes	Controlar el aumento de la amenaza

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

Riesgo alto mitigable o no mitigable

Luego de definir las zonas de alto riesgo, se requiere una evaluación adicional con el propósito de definir la viabilidad de mitigación del riesgo en estas zonas. (SGC, 2015, p. 123)

Siguiendo los lineamientos presentados en la legislación vigente (Decreto 1077 de 2015), metodológicamente se propone plantear por lo menos tres opciones de intervención física (estructural y no estructural) para reducir y evitar el incremento del riesgo. Estas opciones se deben evaluar de acuerdo con criterios de viabilidad técnica, financiera y urbanística, y en todos los casos se han de dirigir a disminuir la categoría de riesgo alto a riesgo medio. Así, se proponen las siguientes evaluaciones:

- Calcular los costos de reubicación de asentamientos e infraestructura, aparte de los costos o pérdidas por prohibición de asentamientos y costos de obras para controlar la influencia de los eventos en áreas ocupadas.
- Hacer una evaluación económica detallada de la reducción del riesgo en áreas ocupadas, por medio del planteamiento de dos medidas de intervención distintas de la anterior.
- Transferir el costo de reducción del riesgo para el desarrollo de infraestructura en áreas no ocupadas.

Una vez calculados los beneficios económicos de la mitigación, se deben comparar con los costos de reubicación de asentamientos e infraestructura, para definir la mitigabilidad del riesgo en las zonas analizadas. Todas las evaluaciones y comparaciones económicas se deben hacer en términos del valor presente (VP) de costos o pérdidas anuales para el tiempo de intervención considerado. En estas evaluaciones hay que tener presente que la restricción o regulación del uso del suelo puede disminuir o aumentar las pérdidas a largo plazo, de acuerdo con las características ambientales y con el plan de desarrollo del municipio. (SGC, 2015, p. 125)

Cuando los costos de reubicación de asentamientos e infraestructura excedan los costos de las dos medidas de intervención propuestas, se considera que el riesgo es mitigable. Si, por el contrario, los beneficios de la reubicación de asentamientos e infraestructura representan la mejor opción económica, se deduce que el riesgo es no mitigable. (SGC, 2015, p. 125)

Zonificación del riesgo

Al final del proceso de evaluación es necesario presentar los resultados mediante un mapa de zonificación de riesgo. Las zonas de riesgo bajo y medio se definen conforme a la tabla siguiente 5.21. Las zonas de riesgo alto se presentan diferenciadas en riesgo alto mitigable y no mitigable, de acuerdo con los criterios presentados anteriormente. Para este efecto se propone conservar los colores rojo, amarillo y verde para las zonas de riesgo alto, medio y bajo, en ese orden, diferenciando con una simbología de achurado las zonas de riesgo alto mitigable y no mitigable. (SGC, 2015, p. 125)

Tabla 5.21: Categorías del riesgo

COLOR	CATEGORÍA
	Alto no mitigable
	Alto mitigable
	Medio
	Bajo

Fuente: Adaptado de SGC (2015)

5.3. Metodología de Acotamiento de Rondas Hídricas

La metodología para el acotamiento de rondas hídricas se basa en el numeral 4.1 de la "Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia"MADS (2018). De acuerdo con esta guía, el punto de partida debe considerar la información oficial sobre cuerpos de agua lóticos (ya sean permanentes, estacionales o efímeros) y lénticos, a una escala mínima de 1:25,000 dentro de la subzona hidrográfica correspondiente o el nivel subsiguiente de la zonificación hidrográfica nacional.

La red de drenaje se estructurará hasta el nivel que sea identificable en la escala de trabajo, teniendo en cuenta los casos particulares que puedan surgir durante el proceso de priorización. Además, se incorporará la información oficial de sistemas lénticos identificables a la escala de trabajo establecida por la Autoridad Ambiental, a partir de la mínima establecida de 1:25,000.

La información utilizada para este acotamiento fue proporcionada por la Corporación Autónoma Regional (CAM) y corresponde a los datos trabajados en el Estudio Regional del Agua (ERA). Esta información ha sido revisada, modificada y complementada con la codificación de cuencas realizada por la CAM en el año 2005.

Este capítulo detalla la metodología aplicada para el acotamiento de rondas hídricas, siguiendo los lineamientos de la "Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia"MADS (2018). La metodología abarca desde el alistamiento institucional hasta la definición final de las rondas, integrando aspectos hidrológicos, ecosistémicos, geomorfológicos y de manejo ambiental.

5.3.1. Alistamiento Institucional

Se iniciará con el diseño de una estrategia de participación para asegurar la involucración de partes interesadas, incluyendo comunidades locales y autoridades, en el proceso de acotamiento. Esto permitirá recoger diversas perspectivas y necesidades. Además, se desarrollará una base de datos geográfica conceptual para organizar y gestionar la información relevante sobre las rondas hídricas, garantizando la adecuada integración y análisis de datos.

5.3.2. Delimitación del Cauce Permanente

La delimitación del cauce permanente se realizará mediante técnicas geoespaciales para definir claramente sus límites. Esta etapa es crucial para asegurar que el cauce se represente con precisión en los mapas y modelos, facilitando una adecuada gestión y planificación de las rondas hídricas.

5.3.3. Componente Hidrológico

El estudio hidráulico analizará el tránsito de crecientes en la quebrada Yaguilga para entender cómo el caudal afecta el cauce y las rondas hídricas. La metodología incluirá la utilización del modelo HECRAS para simular el comportamiento del flujo de agua y su impacto en el cauce. Con base en estos estudios, se elaborarán recomendaciones para mejorar la capacidad del cauce y reducir el riesgo de inundaciones.

5.3.4. Componente Ecosistémico

En esta sección se evaluará cómo las rondas hídricas afectan los ecosistemas acuáticos y terrestres circundantes. Se propondrán recomendaciones de medidas para proteger y restaurar los hábitats impactados, asegurando que el acotamiento de las rondas hídricas no comprometa la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de la región.

5.3.5. Componente Geomorfológico

Se realizará una identificación y clasificación de las geoformas asociadas al cauce para entender cómo influyen en la dinámica del flujo y la delimitación de las rondas hídricas. El análisis de la pendiente longitudinal y la geometría hidráulica ayudará a definir las características del cauce. Además, se evaluará la migración lateral del cauce para ajustar los límites de las rondas hídricas según los cambios en la trayectoria del flujo.

5.3.6. Definición de Ronda

Se establecerán los límites y características definitivas de las rondas hídricas, integrando los datos obtenidos de los análisis anteriores. Esta definición se documentará con mapas y documentación técnica para su aprobación y aplicación en la gestión ambiental.

5.3.7. Generalidades Manejo Ambiental

Se presentarán los principios generales del manejo ambiental relacionados con las rondas hídricas. Este enfoque garantizará la protección y conservación de los recursos hídricos y los ecosistemas asociados, integrando prácticas de gestión sostenible.

5.3.8. Estrategias de Manejo Ambiental

Finalmente, se propondrán estrategias de manejo ambiental para asegurar la sostenibilidad de las rondas hídricas. Las recomendaciones incluirán medidas preventivas y correctivas para mitigar impactos y garantizar una gestión efectiva de los recursos hídricos.

5.4. Metodología del Cambio Climático

La metodología con respecto al cambio climático se basa en la guía "Consideraciones de Cambio Climático para el Ordenamiento Territorial"MADS et al. (2023). De acuerdo con esta guía, el punto de partida debe considerar la información oficial teniendo en cuenta la visión de desarrollo territorial en el corto, mediano y largo plazo.

Por ende, es importante usar los instrumentos de ordenamiento como herramientas para considerar acciones de cambio climático sobre el territorio y, en especial, sobre los sistemas que lo estructuran, entre los que se encuentran el sistema vial, la infraestructura del sistema vial principal y transporte, las redes primarias de servicios públicos y las áreas de protección y conservación de los recursos naturales, entre otros elementos de importancia como: la vivienda, la estructura ecológica principal, el espacio público, los equipamientos colectivos y el patrimonio cultural, entre otros.

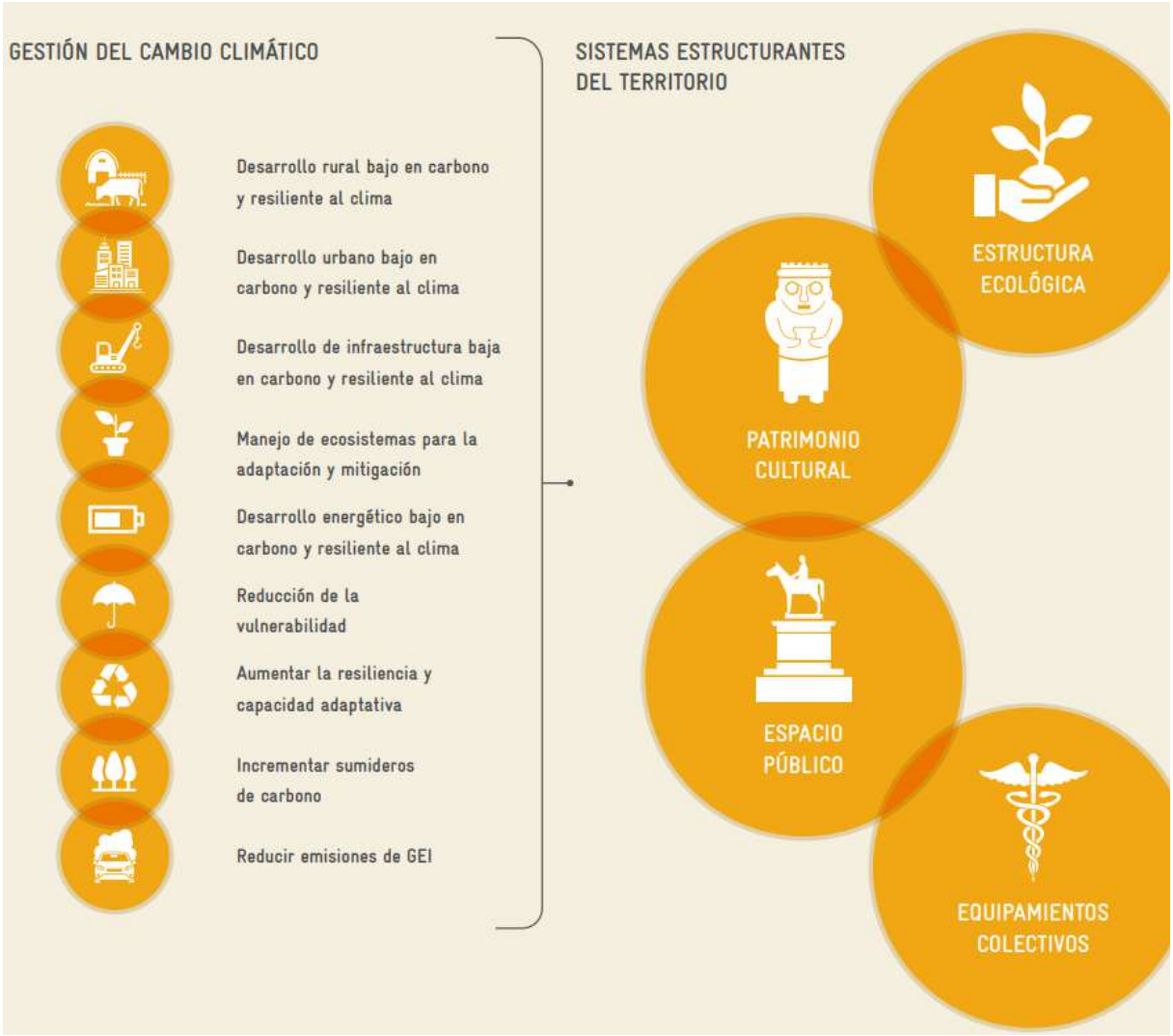


Figura 5.9: Convergencia de la gestión del cambio climático y la planificación territorial municipal en los elementos prioritarios de los territorios

Fuente: Tomado de MADS et al. (2023)

5.4.1. Etapa Diagnostico

La etapa de diagnóstico en los instrumentos de ordenamiento territorial (POT) permite caracterizar el estado actual del territorio y compararlo con la visión deseada de desarrollo. Este análisis abarca múltiples dimensiones: ambiental, económica, sociocultural, funcional e institucional, y se fundamenta en información oficial y estudios técnicos, incluidos aquellos relacionados con cambio climático.

Durante esta fase, los municipios o distritos deben solicitar a la autoridad ambiental correspondiente las determinantes ambientales, sustentadas en estudios técnicos y cartografía. Estas determinantes son insumos clave para la planificación territorial y deben ser incorporadas al POT, con posibilidad de asistencia técnica por parte de la

autoridad ambiental.

Aunque el Decreto 1077 de 2015 no menciona explícitamente el cambio climático como contenido obligatorio del POT, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) ha desarrollado orientaciones para integrar el cambio climático de forma transversal a través de las determinantes ambientales, conforme a su cartilla técnica .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"(MinAmbiente, 2022).

5.4.2. Determinantes Ambientales

Las determinantes ambientales son condiciones establecidas por las autoridades ambientales para asegurar la sostenibilidad en los procesos de ordenamiento territorial. Estas se definen como lineamientos, regulaciones y directrices que orientan el uso adecuado del territorio.

Su identificación es competencia exclusiva de las autoridades ambientales dentro de su jurisdicción, conforme a la Ley 388 de 1997, aunque los municipios pueden incorporar criterios adicionales para la conservación y restauración ambiental. La concertación ambiental con los entes territoriales se desarrolla en el marco de la Ley 99 de 1993.

El Artículo 32 de la Ley 2294 de 2023 (Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026) introdujo una jerarquía normativa, ubicando en el primer nivel a las determinantes relacionadas con:

- Conservación y protección ambiental.
- Ciclo del agua.
- Recursos naturales.
- Prevención de riesgos y desastres.
- Gestión del cambio climático.
- Soberanía alimentaria.

La cartilla técnica del MinAmbiente (2022) clasifica las determinantes en cuatro ejes temáticos:

- **Medio natural:** Incluye áreas protegidas y ecosistemas.
- **Medio transformado:** se relaciona con actividades que generan impactos o contaminación.
- **Ocupación en suelo rural:** Abarca condiciones para suburbanización, corredores viales y límites de densidad.

- **Gestión del riesgo y cambio climático:** Incorpora criterios técnicos para enfrentar amenazas naturales y fenómenos climáticos.

5.4.3. Determinantes Relacionadas con el Medio Natural

Los modelos de ocupación territorial deben incorporar análisis de sensibilidad que consideren tanto las dimensiones territoriales como las determinantes ambientales, con el fin de asegurar la protección de ecosistemas y sus servicios ecosistémicos. Ecosistemas como páramos, humedales, manglares, arrecifes y bosques secos son particularmente vulnerables al cambio climático debido a sus condiciones físicas y biológicas, siendo aún más sensibles aquellos que están en procesos de regeneración tras intervenciones antrópicas recientes.

La variabilidad climática puede modificar la distribución de especies, alterar nichos ecológicos y transformar el paisaje. En el contexto colombiano, el 52% del territorio es bosque natural, con el 65,6% de esta cobertura concentrada en la región amazónica.

5.4.4. Determinantes del Medio Transformado

Las determinantes ambientales del medio transformado comprenden regulaciones y lineamientos derivados de políticas y normativas que buscan prevenir, mitigar y gestionar los impactos negativos generados por actividades humanas sobre el territorio, orientando así el modelo de ocupación municipal o distrital.

Estas determinantes promueven una planificación territorial basada en la disponibilidad de servicios ecosistémicos, con el objetivo de reducir impactos sobre la biodiversidad, mejorar la calidad de vida y fomentar el desarrollo sostenible. Particularmente, se resalta la importancia de identificar áreas fuente con alta concentración de emisiones fijas, considerando criterios técnicos definidos por la autoridad ambiental, como el tipo y magnitud de las emisiones, condiciones atmosféricas locales y el índice de calidad del aire.

5.4.5. Determinantes Relacionadas con las Densidades de Ocupación en Suelo Rural

Las determinantes ambientales relacionadas con la ocupación del suelo, según el Decreto 1077 de 2015, abarcan aspectos como densidades máximas de ocupación, extensión de corredores viales suburbanos y umbrales de suburbanización. Estas deben incorporar criterios ambientales definidos por las autoridades competentes, ajustados a las características del territorio.

La cartilla técnica del MinAmbiente (2022) desaconseja promover la suburbanización debido a sus impactos negativos sobre las zonas rurales, alineándose con la política urbana nacional que fomenta un modelo de ciudad compacta. Este enfoque prioriza la densificación del suelo urbano antes de expandirse hacia áreas rurales, aclarando que no es obligatorio para los municipios definir suelo suburbano.

5.4.6. Determinantes de Gestión del Riesgo y el Cambio Climático

El Decreto 1077 de 2015 asigna a los municipios la responsabilidad de integrar la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial, priorizando fenómenos como movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, en articulación con la gestión del cambio climático.

Este proceso debe sustentarse en la zonificación de áreas vulnerables y en estudios técnicos que incluyan escenarios climáticos proyectados (2011–2040), con énfasis en variables como temperatura y precipitación. El análisis permite identificar amenazas hidrometeorológicas y sus impactos en ecosistemas estratégicos, asentamientos humanos, infraestructura, actividades agropecuarias e industriales, contemplando medidas de adaptación diferenciadas y mitigación de GEI.

Asimismo, se fomenta la planificación con enfoque territorial mediante la identificación de oportunidades económicas, como la diversificación de cultivos frente al nuevo clima. Esto posibilita establecer medidas urbanísticas concretas (reforestación, riego intrapredial, distritos térmicos) que incrementen la resiliencia municipal y orienten el desarrollo hacia una transición sostenible y adaptativa ante el cambio climático.



Figura 5.10: Esquema de la articulación de la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático

Fuente: Tomado de MADS et al. (2023)

5.4.7. Aproximación de Cambio Climático en el Componente Rural

El componente rural del POT orienta el uso y ordenamiento del suelo rural con base en su vocación productiva, condiciones biofísicas y criterios ambientales, incluyendo conservación, producción agropecuaria y aprovechamiento de recursos naturales. La planificación territorial debe incorporar la información climática (cambios en temperatura y precipitación) para reducir la vulnerabilidad, aumentar la resiliencia y orientar el desarrollo hacia un modelo bajo en carbono.

El sector de la Agricultura, Ganadería, Silvicultura y otros Usos de la Tierra o sus siglas en ingles AFOLU, representa la mayor fuente de emisiones de GEI en Colombia, por lo que se prioriza la conservación de ecosistemas, el fortalecimiento de sumideros de carbono y el uso sostenible del suelo.

Se establecen lineamientos para integrar el cambio climático en el ordenamiento rural, como: Definir áreas estratégicas de conservación, ajustar la aptitud agrícola a escenarios climáticos, implementar sistemas productivos resilientes, ubicar infraestructuras clave (distritos de riego, distritos térmicos, centros de acopio, etc.), y prever riesgos y amenazas climáticas. También se promueve la conectividad urbano-rural, la seguridad alimentaria, el manejo eficiente de recursos hídricos y energéticos, la adaptación de infraestructuras y la identificación de áreas para compensaciones forestales.

En conjunto, estas medidas permiten un desarrollo rural sostenible, competitivo y adaptado al cambio climático.

5.4.8. Consideraciones de Cambio Climático en el Programa de Ejecución del POT

El programa de ejecución del POT establece las acciones estratégicas y proyectos prioritarios a corto, mediano y largo plazo, alineados con los componentes general, urbano y rural, e integrando las políticas de cambio climático según la Ley 1931 de 2018. Este programa, con horizonte de 12 años, debe articularse con el plan de inversiones y los planes de desarrollo municipal para garantizar la asignación presupuestal necesaria.

Incluye medidas de adaptación y mitigación del cambio climático, basadas en los PIGCCT, PIGCCS y la Huella de Carbono (HaC), ajustadas al contexto territorial. Además, promueve la coordinación con instrumentos de gestión ambiental y planes sectoriales, integrando enfoques como Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y estrategias EcoRED, orientadas a la sostenibilidad, resiliencia y funcionalidad del territorio.



Figura 5.11: Relación entre los elementos priorizados de los sistemas estructurantes y las líneas de adaptación y mitigación

Fuente: Tomado de MADS et al. (2023)

5.5. Metodología del Aprestamiento

La metodología para el aprestamiento de rondas hídricas se basa en el numeral 3 de la "Guía Metodológica para la Formulación de los Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas - PMAM"MADS (2017). De acuerdo con esta guía, se determinan li-

neamientos administrativos y técnicos que incluyen: conformación del equipo técnico, recopilación de información secundaria, caracterización de actores, creación de instancias de participación, diseño de estrategias de socialización, análisis de capacidad institucional, identificación preliminar de problemáticas y formulación del plan operativo de trabajo para cada fase del PMAM, enmarcando así una metodología estructurada para su desarrollo integral (Ver figura 5.12).

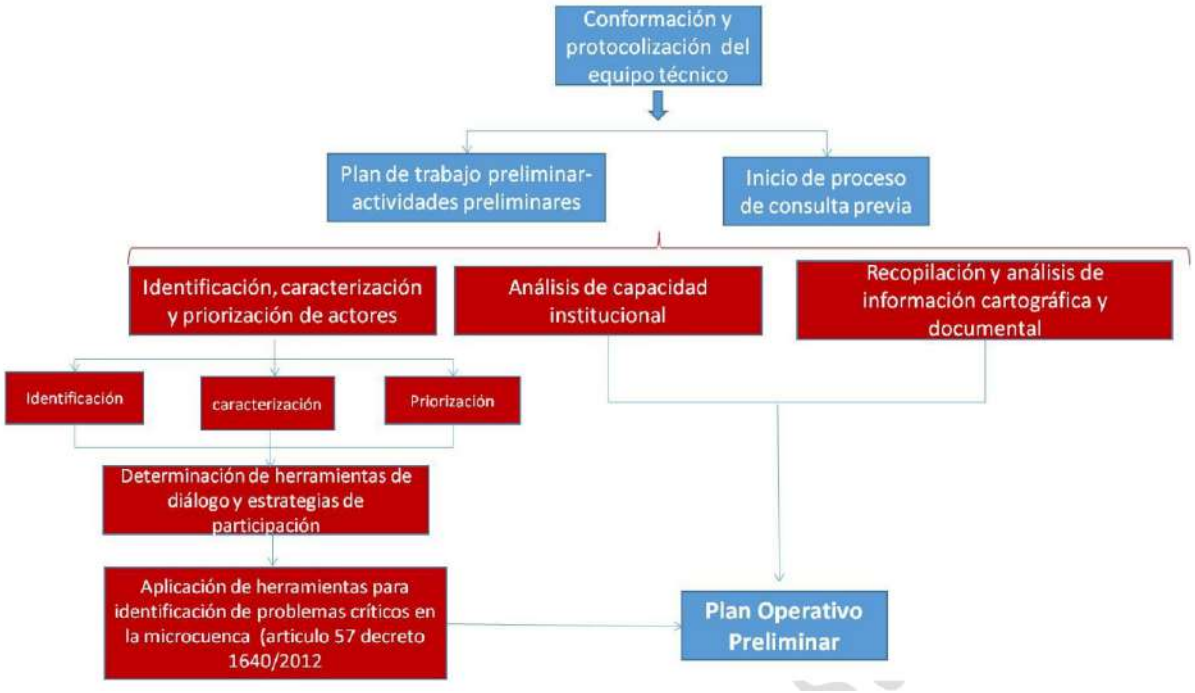


Figura 5.12: Metodología Fase de aprestamiento PMAM

Fuente: Tomado de MADS (2017)

Es recomendable que el equipo técnico sea integrado por profesionales y técnicos con el conocimiento, la experiencia y la disponibilidad de tiempo para acompañar la formulación del Plan, estos perfiles dependerán de la problemática identificada.

5.5.1. Identificación, Caracterización, Priorización de Actores y Diseño de Estrategias de Socialización y Participación

Un actor social se define como una persona natural o jurídica, individual o colectivamente organizada, que interactúa con otros actores y con la naturaleza desde un contexto de legitimidad institucional o comunitaria. En el marco del PMAM, la identificación, caracterización, mapeo y priorización de actores sociales busca garantizar su participación efectiva en todas las fases del proceso de gestión ambiental, entendida esta como un ejercicio democrático, dinámico y colectivo, orientado a la construcción

concertada de soluciones a partir de intereses comunes y diferencias, mediante aportes conscientes, cualificados y proactivos.

En la figura 5.13 se presentan los pasos metodológicos para la identificación, caracterización, mapeo y priorización de actores.



Figura 5.13: Pasos metodológicos para la identificación, caracterización, mapeo y priorización de actores

Fuente: Tomado de MADS (2017)

5.5.2. Identificación y Caracterización de Actores

La identificación y caracterización de actores en una microcuenca constituye un proceso estratégico para la Autoridad Ambiental, ya que permite comprender las dinámicas históricas, sociales, culturales, económicas y productivas que han influido en el uso y transformación del territorio. A través de herramientas participativas se recolecta información primaria que posibilita mapear la distribución, roles y relaciones de los actores (flotantes o asentados) respecto al aprovechamiento de los recursos naturales.

Diversas metodologías (MADS, Instituto Humboldt, PNN, CVC, entre otras) coinciden en que la identificación de actores debe centrarse en un objetivo común, como la conservación o el desarrollo sostenible, y orientarse a establecer su grado de influencia y compromiso en la gestión integral de la microcuenca, definiendo su participación y responsabilidades a lo largo de todas las fases del proceso.

Como herramienta preliminar para definir el listado de actores se puede tomar como ejemplo la tabla 5.22

Tabla 5.22: Matriz preliminar para la identificación de actores (adaptado de JAM Ingeniería y Medio Ambiente 2016)

No.	Actor (nombre de la organización)	Personas de contacto y cargo	Correo electronico	Telefono	Orden	Sector	Actividades realizadas	Medios de comunicacion	Sitios / Dias de reunion
					Local, regional, nacional	*Institucional, Academico, Productivo, Social o Servicios*		*Utilizados por la organizacion para comunicar o informar*	*Reuniones de la Organizacion*

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

La caracterización de actores, posterior a su identificación, permite determinar atributos clave como el sector al que pertenecen, las actividades que desempeñan, sus fortalezas, debilidades, y su rol frente al objetivo de intervención, con el fin de clasificarlos de acuerdo con variables definidas por la entidad ejecutora.

Este proceso facilita la construcción de una tipología de actores basada en criterios como el ámbito geográfico de influencia y las disposiciones normativas vigentes, particularmente lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, lo cual garantiza una visión estructurada y funcional de su participación en la gestión ambiental.

Tabla 5.23: Aproximación conceptual a la caracterización de actores según rol o tipo de actor (adaptado de JAM Ingeniería y Medio Ambiente 2016)

Tipo de Actor	Aproximación Conceptual
Competencia	Aquellos que cumplen funciones específicas o relacionadas con el desarrollo sostenible (por ejemplo, manejo de los recursos naturales renovables, ordenación y uso del suelo) y la gestión del riesgo.
Incidencia	Aquellos que por sus funciones específicas controlan, orientan o definen acciones que están relacionadas con el uso y el manejo del territorio (por ejemplo, titulación minera, licencias ambientales, impulso a actividades agropecuarias, etc.)
Impacto	Aquellos con capacidad de mantener, modificar, alterar o transformar el 27 territorio. (por ejemplo: propietarios, empresarios, etc.)
Afectación	Aquellos que se prevé podrán ser afectados por eventos amenazantes en relación con la oferta hídrica (calidad, cantidad), riesgos naturales o antrópicos, entre otros.
Apoyo	Aquellos con capacidad de liderazgo, técnica, conocimiento, experiencia en la identificación, y/o implementación de alternativas para enfrentar las problemáticas críticas identificadas.

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

El Decreto 1076 de 2015 establece que en los Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas (PMAM) debe realizarse consulta previa a comunidades étnicas cuando corresponda, siendo responsabilidad de la Autoridad Ambiental solicitar al Ministerio del Interior la certificación sobre la existencia o no de comunidades étnicas en el área de interés. Si se confirma su presencia, la Autoridad debe gestionar ante la Dirección de Consulta Previa el inicio del proceso conforme al marco legal vigente (Constitución, Leyes 21 de 1991 y 99 de 1993, Decreto 1320 de 1998 y directivas presidenciales).

La coordinación de estos procesos es competencia exclusiva del Ministerio del Interior, según la Directiva Presidencial 01 de 2010, garantizando el cumplimiento del derecho fundamental a la consulta previa frente a intervenciones planificadas por el Estado.

5.5.3. Mapeo de actores

El mapeo de actores es una herramienta técnica que permite representar las relaciones entre los actores sociales y el objetivo de una intervención, así como las interacciones entre ellos, considerando sus roles e influencias. Este proceso parte de la identificación de los intereses y niveles de incidencia de cada actor respecto al objetivo planteado, lo que permite clasificar y ubicar a los actores en un esquema relacional, facilitando el análisis estratégico de su participación e impacto en la gestión territorial o ambiental.

Se puede tomar como ejemplo la figura 5.14, en la que se puede establecer la relación de poder del actor con la problemática identificada; allí se relaciona la problemática ambiental identificada mediante un ejercicio previo de mapeo participativo (cartografía social) con el interés y la influencia que cada actor tiene en cada una de éstas, definidos así:

- **Interés:** Valor que le da el actor a la resolución de una problemática según su nivel de conveniencia, beneficio, provecho, utilidad o ganancia.
- **Influencia o nivel de poder:** Capacidad del actor de incidir en la definición y/o implementación de las acciones para resolver las problemáticas ambientales de la microcuenca.

El mapeo de actores, además de identificar y clasificar las relaciones entre ellos, facilita el diseño de estrategias de participación y la selección de herramientas de diálogo apropiadas para garantizar la colaboración de los actores clave vinculados al objetivo de la intervención.

Como resultado inicial, se genera un listado de actores con presencia territorial o con competencias e intereses relacionados, el cual se complementa con información aportada por los actores locales. Este proceso permite definir una tipología de relaciones entre actores, categorizadas como fuertes (colaborativas), débiles (puntuales) o tensas (conflictivas), aportando insumos clave para la planificación participativa (Ver Tabla 5.24).

Tabla 5.24: Interés e Influencia (poder) de cada actor en relación con las problemáticas ambientales identificadas (Adaptado de JAM Ingeniería y Medio Ambiente 2016)

No.	Problemática	Interés				Influencia			
		Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Ninguno	Bajo	Medio	Alto

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

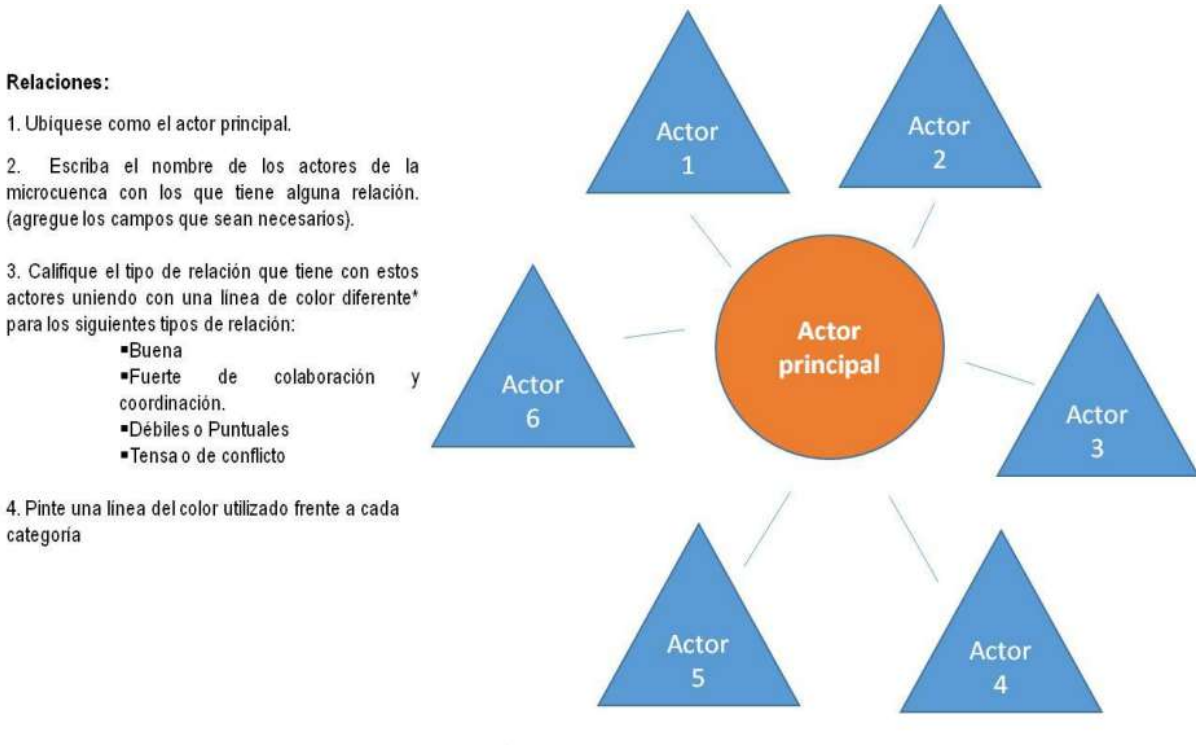


Figura 5.14: Mapa de relaciones entre actores sociales (Adaptado de JAM Ingeniería y Medio Ambiente 2016)

Fuente: Tomado de MADS (2017)

El análisis de competencias consiste en revisar el marco normativo que define los objetivos y funciones de entidades públicas y privadas con injerencia en la administración de recursos naturales renovables y la gestión del riesgo, así como de aquellas cuyas acciones inciden en el manejo ambiental de la microcuenca.

A partir de la delimitación del área, se identifican los municipios involucrados para realizar reuniones que permitan recolectar información secundaria, reconocer actores preliminares y diagnosticar problemáticas ambientales. Posteriormente, se caracteriza a los actores sociales según su rol (competencia, incidencia, impacto, afectación o apoyo) y su escala de intervención, clasificada en niveles local, subregional, departamental, regional, nacional o internacional (Ver Tabla 5.25).

Tabla 5.25: Caracterización de los actores según su rol/función y/o interés.

Actor	Rol / Función y/o Interés – Actividades

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

5.5.4. Estrategia de Participación

La Autoridad Ambiental debe diseñar una estrategia de participación que asegure la inclusión activa, representativa y sostenida de todos los actores involucrados en la

formulación del PMAM, considerando el territorio de la microcuenca como una construcción social integrada por dinámicas biofísicas, ecológicas y productivas.

Esta estrategia debe promover la articulación institucional y social mediante espacios de coordinación que transformen conflictos en intereses comunes hacia la sostenibilidad. Se deben tener en cuenta las particularidades de cada municipio dentro de la microcuenca —como formas de organización social, tenencia de la tierra y sistemas de producción—, ya que estos elementos constituirán la base estructurante del proceso participativo y guiarán la selección de herramientas de diálogo en cada fase del plan (Ver Tabla 5.26).

Tabla 5.26: Herramientas de diálogo PMAM

Fases	Actividades	Propósito	Resultados Esperados	Herramientas de Diálogo

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

5.5.5. Aplicación de Herramientas para Identificación Preliminar de Problemas Críticos en la Microcuenca a partir del Trabajo con Actores

La identificación preliminar de problemáticas en la microcuenca se apoya en herramientas participativas adaptadas al enfoque metodológico y la fase del proceso, con el objetivo de recoger percepciones de los actores sociales.

Entre las técnicas recomendadas se incluyen:

- Visión de futuro
- Juego de actores Mapeo contextual
- Matriz de Decisión
- Proyecciones
- Árboles de decisión
- Análisis DOFA
- Método IAP

La Autoridad Ambiental, junto con el equipo técnico, seleccionará la estrategia más adecuada para captar estas percepciones, las cuales serán posteriormente validadas mediante una evaluación técnica en la fase diagnóstica, lo que permitirá definir con precisión las problemáticas prioritarias a abordar en el PMAM.

5.5.6. Recopilación y Análisis de Información Secundaria Existente

En la fase de aprestamiento del PMAM, se realiza un análisis técnico y contextual de la microcuenca mediante la recopilación, revisión, análisis y evaluación de información secundaria proveniente de diversas entidades. Este proceso permite conocer las condiciones físico-bióticas, sociales, económicas y ambientales del área, apoyando la caracterización inicial. La información es evaluada con base en criterios de calidad, pertinencia, actualidad y fiabilidad, usando formatos estandarizados para su registro y análisis, lo que facilita la planificación técnica y presupuestal para la formulación del plan (Ver Tabla 5.27).

Tabla 5.27: Descripción General de trabajo para recopilación y análisis de información secundaria

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Solicitud de Información	Solicitar a las diferentes entidades de orden local, regional y nacional los estudios realizados referentes a los aspectos físicos, bióticos, sociales, económicos, culturales y de amenazas, vulnerabilidad y riesgos en los que se contemple el área o parte de la microcuenca.
Registro de revisión de información	Para el control de revisión de la información, se establece el formato “ficha de revisión de información secundaria” en el cual se registrará de manera específica el contenido de cada uno de los documentos consultados para la formulación del PMAM. Esta ficha técnica contiene cada uno de los criterios de registro necesarios para consolidar la matriz de análisis de información secundaria, por lo tanto, cada profesional describe los datos básicos del documento, como también la evaluación de la información.
Análisis de información	En el documento principal se analiza la información contenida en cada uno de los documentos recopilados de acuerdo a los aspectos que se requieren con el fin de definir la aplicabilidad de la información en la formulación del plan
Evaluación de la información	Luego de realizar una revisión y análisis de cada uno de los documentos obtenidos, se ejecuta la evaluación de los mismos, calificando la información suministrada de acuerdo a la pertinencia, fiabilidad, actualidad y calidad que el profesional defina según su criterio.

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

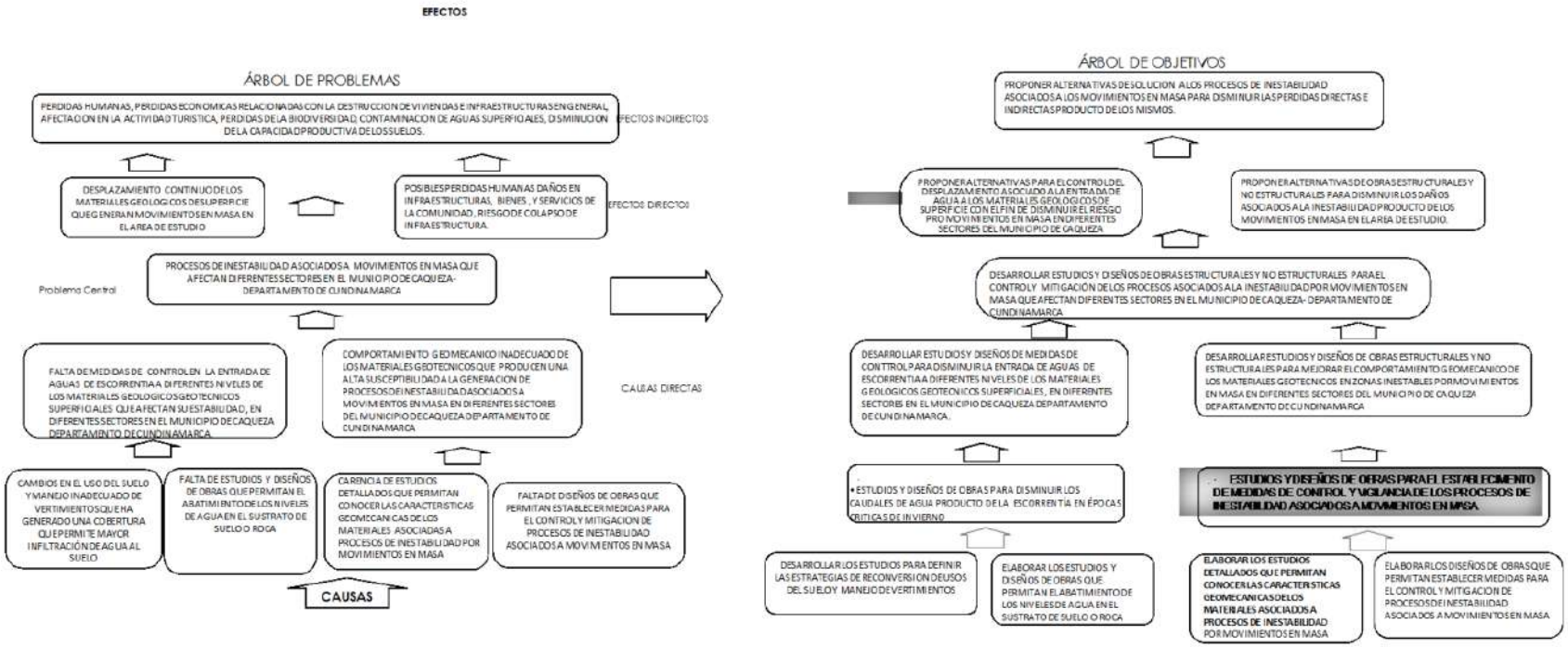


Figura 5.15: Ejemplo de árbol de problemas para priorización preliminar de problemáticas a partir de trabajo con actores (CORPORINOQUIA, 2015)

Fuente: Tomado de MADS (2017)

Tabla 5.28: Criterios de evaluación de información del Documento

CRITERIO	CALIFICACIÓN	
	FIABILIDAD	
	CONFIABLE	**Valoración**
Se refiere a la funcionalidad del documento para las condiciones actuales y dadas	POCO CONFIABLE	**Valoración**
	NO CONFIABLE	**Valoración**
	ACTUALIDAD	
	<5 AÑOS	**Valoración**
Se refiere al tiempo en el cual fue desarrollado lo cual le da aplicabilidad al mismo	5-15 AÑOS	**Valoración**
	>15 AÑOS	**Valoración**

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

Tabla 5.29: Criterios de evaluación de información del Contenido

CRITERIO	CALIFICACIÓN	
	FIABILIDAD	
	MUY PERTINENTE	**Valoración**
Se refiere a que lo que se desarrolla en el documento se relacione con la temática en evaluación	PERTINENTE	**Valoración**
	POCO PERTINENTE	**Valoración**
	CALIDAD	
	ALTA	**Valoración**
La Norma ISO 9000 (2015) define a la calidad como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.	MEDIA	**Valoración**
	BAJA	**Valoración**

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

Tabla 5.30: Ejemplo para establecer valoración de criterios

CRITERIO	CALIFICACIÓN	VALOR TOTAL MÁXIMO	VALOR TOTAL MINIMO
Fiabilidad	Entre 1 y 5		
Actualidad	Entre 1 -10	30	4
Pertinencia	Entre 1 y 5		
Calidad	Entre 1 y 10		

Fuente: Adaptado de MADS (2017)

6 Plan de trabajo

En este capítulo se presenta con detalle el plan de trabajo que desarrollará para la correcta ejecución del cronograma propuesto para el contrato de consultoría 376 de 2025. A continuación, se listan por separado cada una de las actividades principales a ejecutar con sus especificaciones y detalles:

6.1. Visita técnica

Se debe realizar una visita técnica con el fin de establecer las condiciones de acceso para llegar hasta los sitios de estudio, las condiciones socioeconómicas y posibilidades de infraestructura y logística para los estudios y realización de las obras, situación de orden público, reconocimiento general.

6.2. Levantamiento topográfico e hidrométrico

El área mínima de interés de cada sector se describe en las figuras 6.1 y 5.5, de la cual se debe obtener un modelo digital de terreno a partir una restitución de fotografías aéreas tomadas con UAV, debidamente geoposicionadas y octorectificadas con puntos GPC amarrados a coordenadas reales MAGNA SIRGAS. Los cauces a estudiar serán levantados mediante técnicas topobatimetricas para generar junto con la fotogrametría un modelo digital de terreno detallado que permita determinar área, volumen y localizar las obras de mitigación y control.

- Area de estudio cercano al Municipio de Rivera: aproximadamente 375 hectáreas
- Otras áreas rurales de Rivera: aproximadamente 100 hectáreas

Total áreas a nivel de detalle (escalas 1:5,000 y 1:2,000): 475 hectáreas.

Las áreas de estudio a escala 1:25,000, correspondientes al área rural del municipio de Rivera, abarcan aproximadamente 6.357 hectáreas.

Para el estudio y diseño de las obras para el control del cauce y obras de control de desborde se debe realizar un levantamiento topográfico e hidrométrico que permita obtener información suficiente para desarrollar las siguientes actividades:

- Establecer la pendiente del cauce, la pendiente hidráulica, la capacidad hidráulica y las cotas de desborde.
- Realizar los trabajos de campo que permitan elaborar los planos topográficos planimétricos y altimétricos correspondientes.
- Proporcionar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de las áreas a estudiar. Establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.
- Proporcionar información de base para los estudios de hidrología e hidráulica, geología, geotecnia, etc.

Los estudios topográficos deberán comprender como mínimo lo siguiente:

- Levantamiento topográfico general de la zona del proyecto, documentado en planos a escala 1:1000 con curvas de nivel a intervalos de 1m en toda el área de interés.
- Levantamiento LIDAR
- Deberán indicarse igualmente con claridad la vegetación existente.
- En cursos de agua deberá hacerse un levantamiento detallado del fondo. Será necesario indicar en planos la dirección del curso del agua y los límites aproximados de la zona inundable en las condiciones de aguas máximas y mínimas, así como los observados en eventos de carácter excepcional. Cuando las circunstancias lo ameriten, deberán indicarse los meandros del río.
- Ubicación e indicación de cotas de puntos referenciales, puntos de inflexión y puntos de inicio y término de tramos curvos; ubicación y colocación.
- La información cartográfica será entregada de acuerdo al protocolo de entrega de información cartográfica.
- Para el sector de los termales, el nivel de detalle debe ser de 1:2.000 sobre un área de 110 hectáreas.
- Para el levantamiento de ríos y drenajes, el nivel de detalle exigido es de 1:5.000.
- Para toda el área de la microcuenca en escala 1:10.000.

En resumen, el estudio debe contemplar las siguientes cantidades de trabajos topográficos en la tabla 6.1:

Tabla 6.1: Cantidades de trabajos topográficos

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Levantamiento topobatimétrico en ríos con un ancho de 100 m	Km	10
2	Toma, ortorectificación y fotointerpretación de fotografías tomadas con LIDAR en escala 1:2.000	Ha	110
4	Toma, ortorectificación y fotointerpretación de fotografías tomadas con LIDAR o satelitales en escalas 1:5.000 en el área de la ronda a un ancho de 50 mts a lado y lado; y 1:10.000 en toda el área de la microcuenca	Ha	475
3	Materialización de puntos de referencia con GPS	Punto	25

6.3. Plan de Trabajo Aprestamiento

Una vez identificado preliminarmente el problema crítico de la microcuenca a partir de la percepción de los actores, se diseña un plan de trabajo que oriente el desarrollo de las fases del PMAM, iniciando con el diagnóstico técnico basado en información primaria y secundaria para caracterizar las condiciones físico-bióticas y socioambientales del territorio.

Este diagnóstico busca establecer un panorama integral que permita formular medidas de manejo específicas, estructurales o no estructurales, que respondan directamente a la problemática detectada. A diferencia de un POMCA, el PMAM requiere incluir en su plan de trabajo actividades concretas, presupuestadas y orientadas a la implementación de soluciones precisas, no solo recomendaciones generales. La fase de aprestamiento conlleva los siguientes componentes.

- Identificación, caracterización, priorización de actores y diseño de estrategias de socialización y participación
- Identificación, caracterización y priorización de actores
- Mapeo de actores
- Estrategia de socialización y participación
- Identificación preliminar de problemas críticos en la microcuenca, a partir del trabajo con actores
- Recopilación y análisis de información secundaria existente

6.4. Estudios de suelos, geológicos y geotécnicos

6.4.1. Estudio Geomorfológico y Geológico

Se deberá realizar la zonificación geotécnica por unidades de Ingeniería Geológica a una escala mínima de 1:1000 o mayor, indicando la distribución de los diferentes tipos de suelo en la zona de estudio, con los parámetros de: tipo de material, estado de alteración, condición de humedad y consistencia. Dicha zonificación tiene como objetivo primordial la identificación de las unidades geológicas y geomorfológicas del área de estudio. Este trabajo se llevará a cabo con base en la cartografía temática del SIG.

Se determinarán los principales parámetros del comportamiento geológico con sus fallas, erosión, inestabilidad de taludes, remoción en masa y se darán las recomendaciones para su manejo o estabilización.

Con base en fotografías aéreas, se determinará la evolución en el tiempo y en el espacio del cauce del rio en el tramo de interés.

Con base en los estudios se deben establecer los sitios a intervenir con obras o si es del caso de despeje por condiciones de vulnerabilidad no mitigable.

6.4.2. Estudios de Suelos (Geotécnico)

Indicar en forma local y general las diferentes formaciones geológicas que se encuentran, identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes.

Con en el tipo de tipo de suelo y tipo de proyecto de la zona motivo de estudio, se determinarán las propiedades geotécnicas del subsuelo, mediante sondeos así:

Por cada zona en el cual se presente deslizamiento se debe realizar como mínimo tres (03) sondeos de verificación, cada uno con una profundidad adecuada que permita caracterizar de la mejor manera el cuerpo del deslizamiento y su contacto con la unidad subyacente más estable.

En las perforaciones se debe determinar el perfil del subsuelo, medir el nivel freático, recuperar muestras inalteradas mediante tubos de pared delgada en los suelos cohesivos de consistencia blanda a media y se realizar ensayos de penetración estándar sobre los suelos granulares o cohesivos de consistencia firme a dura, recobrando muestras alteradas con el tubo partido.

El muestreo se debe hacer cada vez que presente cambio en la estratificación.

Se deben realizar en general ensayos de clasificación y humedad. Si se registra alguna característica específica del suelo en la que se requiera un ensayo distinto, se definirá la cantidad necesaria.

El estudio debe incluir todos los costos: personal con sus prestaciones sociales, alojamiento y alimentación, equipos y herramientas, materiales, aceites y lubricantes, transporte en general, servidumbres.

6.4.3. Ensayos de campo, de laboratorio e Informe

Con la información obtenida en campo y laboratorio se debe elaborar y presentar un informe detallado que debe incluir, según se requiera para obras de control del cauce o de estabilización de ladera:

- Perfiles estratigráficos y cuadro de resultados de ensayos.
- Tipo y profundidad de cimentación recomendada.
- Capacidad de soporte y asentamientos probables.
- Caracterización del perfil estratigráfico de acuerdo al Código Colombiano Sismo Resistente.
- Recomendaciones constructivas y de excavación que sean del caso.

En general se debe entregar la información que se requiera para el diseño de las estructuras según sea su tipología, tomando como referencia, si es del caso, los siguientes aspectos:

- Los ensayos de laboratorio deben incluir: 2 cortes Directos Residual y/o Consolidación Lenta, si la toma de muestra lo permite.
- En suelos no cohesivos y cohesivos de consistencia firme se deben llevar a cabo ensayos de penetración estándar y penetración con cono dinámico y en suelos cohesivos se deben llevar a cabo ensayos de penetrómetro manual. La totalidad de las muestras obtenidas se deben identificar visualmente y sobre un número representativo de los diferentes estratos, se deben realizar los ensayos de laboratorio que se consideren necesarios para la obtención de los parámetros de diseño, dentro de los cuales pueden estar:
- Dependiendo del tipo de suelos se deben realizar ensayos de humedad natural, límites líquidos y plásticos, análisis granulométrico, lavado sobre tamiz No. 200, contenido de materia orgánica y peso unitario.
- Resistencia al corte: Se deben realizar ensayos de compresión inconfinada y cortes directos.

Se realizarán las siguientes actividades de muestreo y ensayos de laboratorios por sectores preferiblemente en los sectores más críticos los cuales deben ser escogidos con el supervisor y/o interventor (Ver tabla 6.2).

Tabla 6.2: Actividades de muestreo y Ensayos de laboratorios

EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO			
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**

1	Perforación mecánica con recuperación de muestras	ml	145
2	Apiques (1.5x1.5 M de sección); de hasta 2 metros de profundidad	Unidad	14
3	Trincheras	Unidad	14
4	Líneas de refracción sísmica	Unidad	8
ENSAYOS DE LABORATORIO			
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**
1	Humedad Natural	Unidad	42
2	Límites de Atteberg (líquido y plástico)	Unidad	42
3	Granulometría por lavado y tamizado	Unidad	42
4	Peso unitario en suelos	Unidad	10
5	Peso unitario en roca	Unidad	4
6	Corte directo en suelo (incluye 3 puntos)	Unidad	10
7	Corte Directo en Rocas (incluye 3 puntos)	Unidad	2
8	Compresión inconfinada en suelos	Unidad	5
9	Compresión simple en roca con preparación de muestra	Unidad	2

6.4.4. Informe Geotécnico

Con base en la evaluación de los resultados de la investigación del subsuelo y las características de diseño del proyecto, se deben seleccionar las posibles alternativas de cimentación y para cada una de ellas se deben realizar los análisis de estabilidad y deformación correspondientes, se analizaran problemas de excavación y construcción del puente y se estudiarán sistemas de contención temporales.

Finalmente se debe seleccionar el sistema de cimentación técnica y económicamente más favorable para cada una de las estructuras.

Como resultado del estudio, se debe elaborar un informe, el cual incluirá los siguientes datos:

- Objetivo y Alcance
- Descripción del proyecto, incluyendo localización general y detallada.
- Investigación del subsuelo, descripción y resultados de exploración y de ensayos de campo y laboratorio.
- Perfil y propiedades geotécnicas del subsuelo, condiciones de aguas subterráneas
- Análisis de Ingeniería.

- Conclusiones y Recomendaciones; niveles y suelo de fundación, tipo de cimentación y parámetros para un diseño estructural; sistemas de contención temporales y permanentes, recomendaciones de construcción.

6.5. Amenaza por el Fenómeno de Inundación

La zonificación de amenazas por inundación se desarrolla siguiendo el flujo de trabajo y el procedimiento establecidos en el Decreto 1077 de 2015, en el Artículo 2.2.2.1.3.2.2.3. "Análisis detallado de amenaza de inundación". Este documento define la metodología, los criterios técnicos y los requerimientos necesarios para determinar las condiciones de amenaza por inundación.

Para la correcta determinación de la amenaza por inundaciones en la zona de estudio se debe utilizar el mapa geomorfológico aplicado a la caracterización de las formas del terreno a partir de su génesis y parámetros morfogenéticos, se llevará a cabo la categorización de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio (cabeceras municipales), con la finalidad de establecer una relación directa entre las diferentes geoformas presentes en el terreno y la dinámica fluvial que posee la zona de estudio.

De acuerdo con el análisis de las unidades geomorfológicas se realizará una clasificación con la amenaza para cada una de las unidades presentes en el mapa geomorfológico, con base a la génesis y propiedades geomorfológicas de cada unidad se obtendrá esta categorización. A partir del análisis histórico-geomorfológico se determinará la relación entre las geoformas inundables y los sectores o cuerpos de aguas que han presentado eventos de inundación a lo largo del análisis temporal que se realizará para cada municipio.

Se realizará una zonificación de amenaza relacionada directamente el origen de las geoformas y su génesis (principalmente asociada con la dinámica fluvial) y se presentará un mapa o mapas de zonificación de amenaza por inundación por desbordamiento, el cual delimita y caracteriza los diferentes niveles de amenaza que presenta el territorio estudiado, según lo dispuesto en el artículo 2.2.2.1.3.2.2.3. del Decreto 1077 de 2015. Para determinar las condiciones de amenaza por inundación, los estudios tienen las siguientes especificaciones mínimas:

Área de estudio: Se referirá a las áreas con condiciones de riesgo y amenaza por inundación delimitadas en el plan de ordenamiento territorial, a partir de los estudios básicos que se han realizado con los análisis del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) aprobado.

Se deben utilizar cómo mínimo los siguientes insumos: Información de hidrología e hidráulica y la Información topográfica de los tramos de cauce analizados, incluyendo aquellos elementos o tramos que estén asociados con el origen de la inundación.

En primer lugar, se procederá con la recopilación de información hidrológica e hidráulica, incluyendo datos históricos de precipitaciones, caudales máximos y crecidas extraordinarias. Esta información será obtenida principalmente del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y complementada con estudios

locales y regionales existentes. Estos datos permitirán definir las condiciones de entrada para la modelación.

Posteriormente, teniendo en cuenta el Modelo Digital del Terreno (MDT) generado y presentado en el capítulo de "Topografía", el cual se obtendrá a través de levantamientos LIDAR. Este MDT será fundamental para identificar con precisión las características topográficas, como depresiones, flujos preferenciales y áreas bajas, que determinan el comportamiento del agua en la zona de estudio.

La modelación fluviodinámica se llevará a cabo mediante el uso de software especializado llamado HEC-RAS, aplicando modelos unidimensionales (1D) o bidimensionales (2D) según las características del cauce. Esta simulación permitirá evaluar la dinámica del flujo en diferentes escenarios de precipitación, analizando el comportamiento del agua en condiciones normales y durante eventos extremos, con especial atención a los puntos críticos de desbordamiento.

En paralelo, se desarrollará el análisis de tránsito de crecientes, simulando la propagación de los picos de caudal a lo largo del cauce. Esto permitirá identificar las áreas donde el agua tiende a acumularse, así como las zonas susceptibles de inundarse ante un evento hidrometeorológico significativo.

Con los resultados obtenidos de la modelación y el tránsito de crecientes, se procederá a la zonificación de amenaza por inundación, clasificando el territorio en áreas de alta, media y baja amenaza. Esta clasificación se realizará con base en parámetros como la profundidad del agua, la velocidad del flujo y la frecuencia de las inundaciones simuladas.

Para complementar y validar los resultados del modelo, se llevará a cabo un análisis histórico-geomorfológico, considerando los eventos de inundación registrados en la zona en años anteriores y las características de las geoformas presentes. El mapa geomorfológico permitirá evaluar la relación entre la dinámica fluvial y las distintas formas del terreno, asegurando que los patrones simulados en la modelación se correspondan con los registros históricos.

Finalmente, los resultados se presentarán mediante mapas de zonificación de amenaza por inundación, los cuales delimitarán las áreas con diferentes niveles de amenaza por desbordamiento, cumpliendo con las disposiciones del Decreto 1077 de 2015.

6.6. Amenaza por el fenómeno de Movimiento en Masa

La zonificación de amenazas por movimientos en masa se desarrolla siguiendo el flujo de trabajo y el procedimiento establecidos en la Guía metodológica para zonificación de amenaza por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano SGC (2015). Este documento define la metodología, los criterios técnicos y los requerimientos necesarios para la adecuada caracterización de los movimientos en masa. (Ver Figura 6.1)

La zonificación de amenaza por movimientos en masa se realizará a escala 1:2000, aplicando análisis probabilísticos. Para efectuar los estudios de amenaza se requiere la cartografía básica del área de análisis a escala 1:5000 y a partir de ella se genera la cartografía temática, correspondiente a cartografía geológica en unidades de geología para ingeniería, la cartografía geomorfológica en cuanto a elementos geomorfológicos y la cartografía de cobertura y uso del suelo. Además, se debe hacer un inventario de movimientos en masa y un registro histórico de estos (catálogo).

Tanto el catálogo como el inventario de los movimientos en masa permiten identificar las características de los eventos, su distribución espacial y temporal y su relación con los factores detonantes. La intervención antrópica se considera en los análisis a partir de la información de cobertura y uso del suelo y de los mismos levantamientos de cartografía básica, donde deben quedar identificados los cortes de terreno, taludes, rellenos y demás accidentes del terreno que intervienen en la estabilidad.

A partir de los temas descritos se establece un modelo geológico-geotécnico en el que se requiere, como actividad adicional, efectuar una exploración geotécnica básica que permita caracterizar geomecánicamente los materiales del subsuelo y efectuar un análisis determinístico de estabilidad, que para el caso de taludes en suelos se hace por medio de un modelo de talud infinito y para el caso de taludes en roca, mediante modelos convencionales de estabilidad de macizos rocosos, según lo establezca el experto.

Para el primer caso se debe contar con una distribución espacial de los espesores de suelo y de sus características mecánicas, además de una posición del nivel freático y de una aceleración sísmica, con lo cual se procede a calcular, por métodos de equilibrio límite, los factores de seguridad en diferentes celdas o “columnas” de suelo, para hallar así su distribución espacial. Con este procedimiento, el factor de seguridad es el dato discriminante para establecer las categorías de amenaza.

La cartografía relacionada con los temas de geología para ingeniería y elementos geomorfológicos en los estudios de zonificación de amenaza por movimientos en masa detallados es la misma que la generada en los estudios básicos, pero con un énfasis especial en la elaboración de columnas estratigráficas que permitan a partir de un modelo geológico-geotécnico y perfiles de análisis para unidades de ladera (definidos por el experto en aquellos sectores clasificados con condición de amenaza o riesgo), calcular la probabilidad de falla para deslizamientos superficiales, profundos o caídas de roca según corresponda. Este tipo de análisis permite considerar la incertidumbre en los parámetros de resistencia del terreno y la probabilidad de ocurrencia de los factores detonantes, es decir, la ejecución de análisis de estabilidad probabilísticos.

La zonificación de la amenaza obtenida en los estudios de detalle debe contener, además de la probabilidad de falla de los taludes, la caracterización del proceso amenazante en materia de ubicación, clasificación del tipo de movimiento, material, magnitud, distancia de viaje, velocidad e intensidad, datos básicos para llevar a cabo los análisis cuantitativos de vulnerabilidad y riesgo de acuerdo a lo establecido por el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

En la siguiente figura se expresa el procedimiento a seguir para realizar un aná-

lisis de amenaza por movimientos en masa en escala 1:2000 presentado en la guía metodológica propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

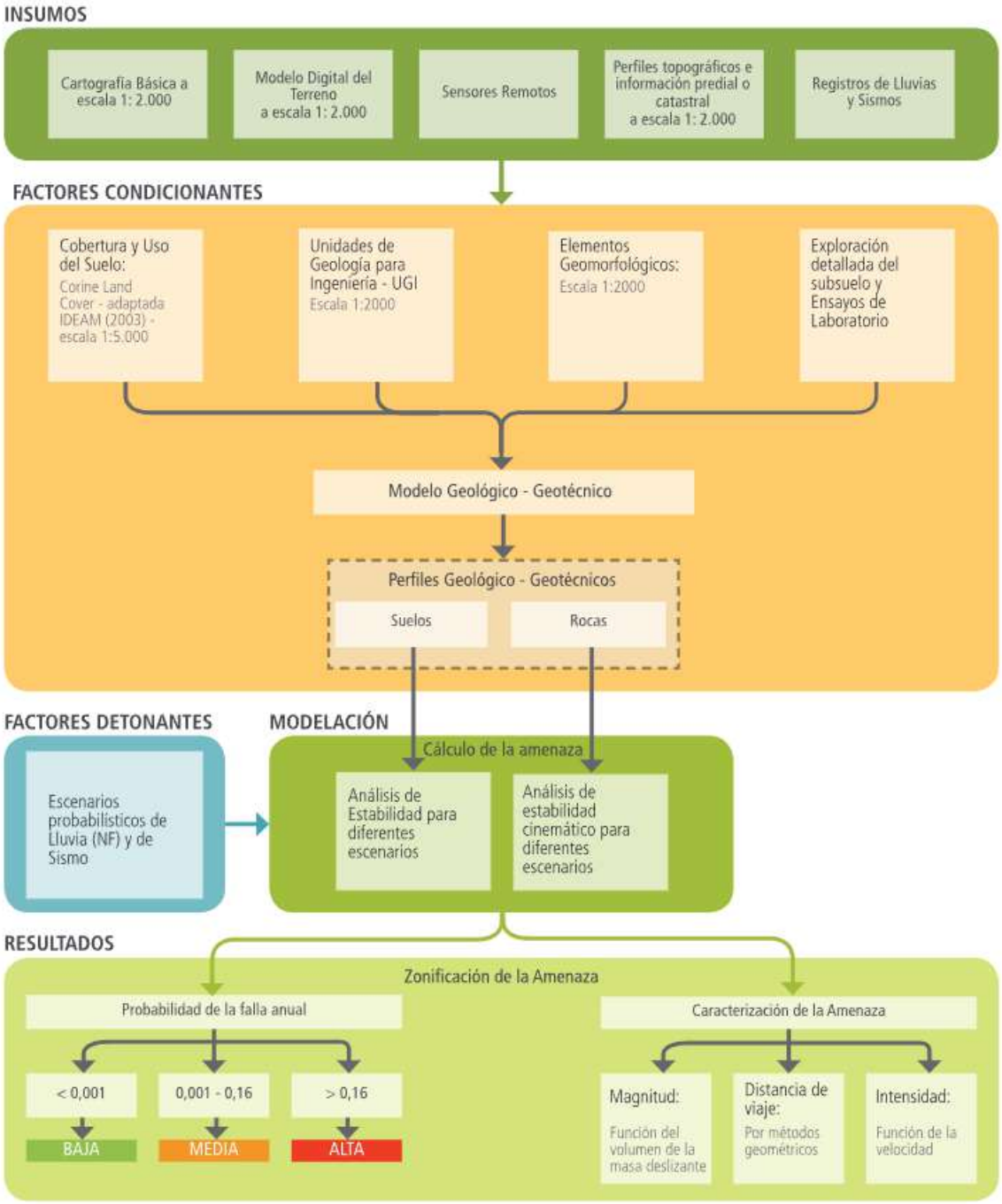


Figura 6.1: Zonificación detallada de amenaza por movimientos en masa a escala 1:2000.

Fuente:SGC (2015)

El desarrollo de la evaluación de amenaza por movimientos en masa se estructura en etapas que garantizan un análisis integral y consistente.

6.6.1. Insumos

En primera instancia, se recopilan y organizan los insumos cartográficos y técnicos requeridos, tales como cartografía básica a escala 1:2000, modelos digitales del terreno, información proveniente de sensores remotos para identificar morfología y cambios en la superficie, perfiles topográficos, prediales o catastrales, y registros pluviométricos y sísmicos. Estos datos constituyen la base para la construcción de un modelo geológico–geotécnico del área de estudio.

6.6.2. Factores Condicionantes

Posteriormente, se identifican los factores condicionantes que controlan la estabilidad de las laderas, incluyendo la cobertura y uso del suelo con base en clasificaciones como Corine Land Cover, las unidades de geología para ingeniería (UGI) a escala 1:2000 que definen tipos de materiales, los elementos geomorfológicos a escala 1:2000, como taludes, laderas, formas erosivas y acumulativas, y resultados de exploraciones del subsuelo y ensayos de laboratorio, obteniendo las características geotécnicas de suelos y rocas. A partir de estos insumos se define un modelo conceptual que representa los procesos y materiales presentes en la zona.

6.6.3. Factores Detonantes y Modelación

En una siguiente etapa, se consideran los factores detonantes, representados por escenarios probabilísticos de lluvia y sismo, los cuales se incorporan al análisis de estabilidad para diferentes escenarios de carga mediante técnicas de modelación numérica y cinemática. Estos análisis permiten calcular la probabilidad de falla anual para diferentes escenarios, considerando tanto el comportamiento de suelos como de macizos rocosos.

6.6.4. Resultados

Finalmente, se lleva a cabo la zonificación de la amenaza, clasificando las áreas en niveles de amenaza baja (menores a 0.001), media (entre 0.001 y 0.16) o alta (mayores a 0.16), de acuerdo con los umbrales probabilísticos establecidos en la metodología SGC (2015). Complementariamente, se realiza la caracterización de la amenaza, definiendo la magnitud de los movimientos en masa (volumen movilizado), la distancia de viaje (alcance de los procesos) y la intensidad (función de la velocidad del movimiento).

Como producto de este componente se obtendrán:

- Mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa.
- Mapas de caracterización de magnitud, distancia de viaje e intensidad.
- Un informe técnico con la metodología aplicada, análisis de resultados y recomendaciones para la gestión del riesgo.

6.7. Amenaza por el fenómeno de Avenida Torrencial

La zonificación de amenazas por avenidas torrenciales se desarrolla siguiendo el flujo de trabajo y el procedimiento establecidos en la Guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales del Servicio Geológico Colombiano SGC (2021). Este documento define la metodología, los criterios técnicos y los requerimientos necesarios para la adecuada caracterización de las avenidas torrenciales. (Ver Figura 6.2)

La avenida torrencial es un flujo violento de agua en una cuenca, a veces reportado como creciente (súbito o rápido), o como torrente. Se aplica cuando en los reportes aparece como “avalancha”, cuando la avenida transporta troncos de árboles y/o abundantes sedimentos desde finos hasta bloques de roca. Pueden ser generados por lluvias, por ruptura de represamientos o por abundantes deslizamientos sobre una cuenca.

La zonificación de la amenaza por avenida torrencial del casco se deberá realizar a partir del análisis e identificación de los sectores y quebradas susceptibles a presentar un evento de avenida torrencial, con base a lo identificado en la geomorfología, en conjunto con los registros históricos de eventos torrenciales. Una vez se clasifiquen las unidades geomorfológicas con amenaza alta, se realizará un estudio de tránsito de crecientes a escala 1:2.000 que delimitó el desbordamiento de la lámina de agua durante eventos torrenciales.

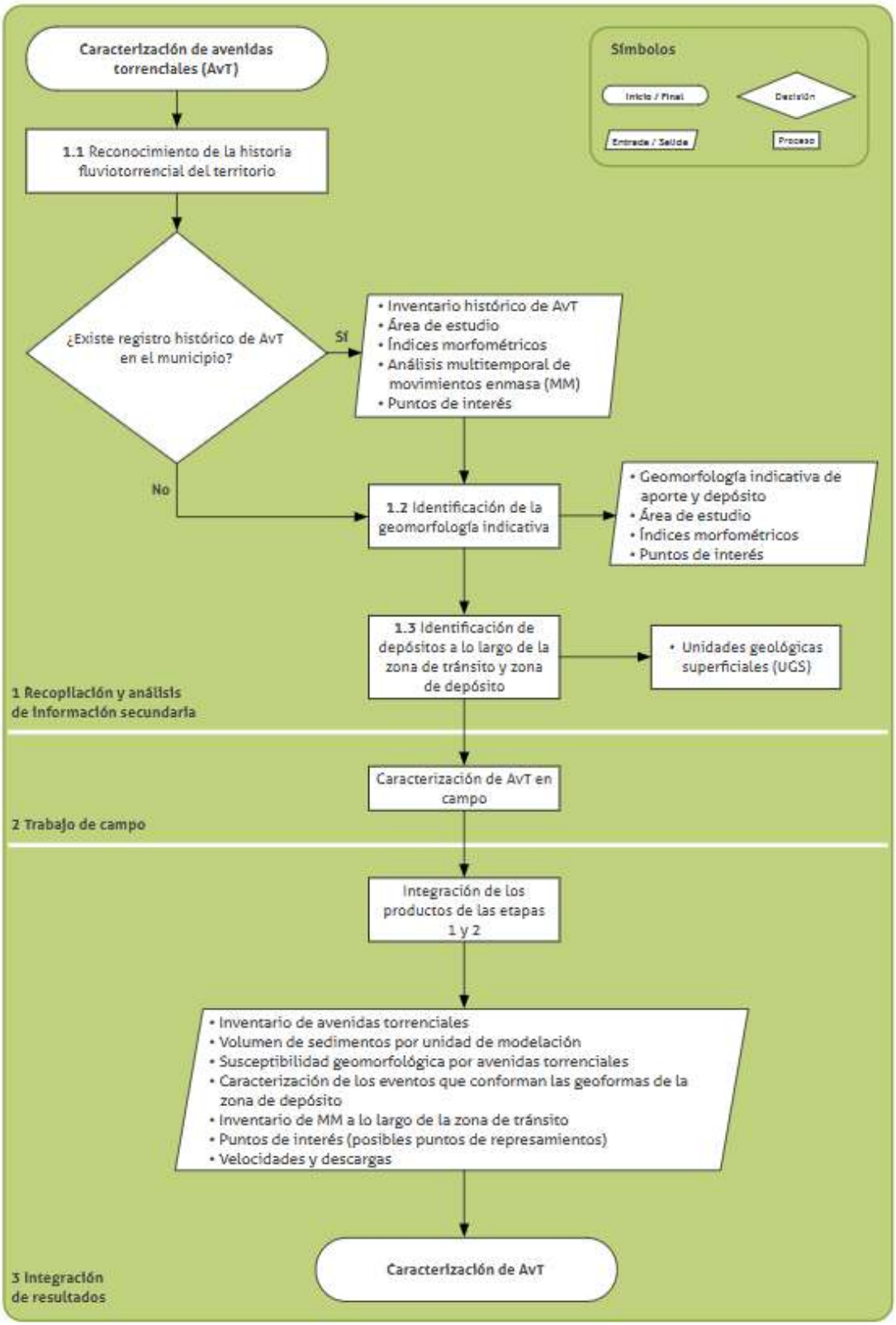


Figura 6.2: Flujo de trabajo y procedimiento para la caracterización de avenidas torrenciales

Fuente:SGC (2021)

A continuación se presenta un texto explicativo de cada aspecto del esquema metodológico para la caracterización de avenidas torrenciales (AvT) para el plan de trabajo.

6.7.1. Recopilación y análisis de información secundaria

Reconocimiento de la historia fluviotorrencial del territorio

Se inicia revisando si existen registros históricos de avenidas torrenciales en el municipio.

Cuando sí existen, se recopila y sistematiza información secundaria como: inventarios históricos de AvT, área de estudio, índices morfométricos, análisis multitemporal de movimientos en masa, y puntos de interés reportados en estudios previos o memoria histórica local.

Si no existen registros, se procede a identificar geomorfología indicativa de posibles procesos torrenciales (áreas de aporte y depósito, índices morfométricos, morfología de cauces y puntos estratégicos).

Identificación de la geomorfología indicativa

Se identifican las formas del relieve asociadas a procesos de AvT: conos de deyección, abanicos aluviales, depósitos de bloques, y encajonamientos de cauces. Este análisis se apoya en fotointerpretación, índices morfométricos y cartografía geomorfológica, delimitando áreas de aporte (donde se origina el material) y de depósito (donde se acumula).

Identificación de depósitos a lo largo de la zona de tránsito y depósito

Se mapean depósitos antiguos de avenidas torrenciales y movimientos en masa a lo largo de los cauces. Para ello se utilizan unidades geológicas superficiales (UGS), cartografía geológica, y observaciones de campo para reconocer materiales arrastrados, su distribución y el nivel de energía de los eventos pasados.

6.7.2. Trabajo de campo

Con base en la recopilación de información secundaria, se realizan recorridos de verificación en campo.

El objetivo es validar depósitos, estructuras geomorfológicas y puntos críticos, así como recolectar información primaria (perfiles de cauce, granulometría de sedimentos, pendientes, y condiciones actuales de estabilidad).

6.7.3. Integración de resultados

Integración de los productos de las etapas 1 y 2

Se integran la información secundaria y los hallazgos de campo en una base única.

Se consolidan inventarios de avenidas torrenciales, volúmenes de sedimento por

unidad de modelación, parámetros geomorfológicos y geológicos para susceptibilidad geomorfológica por avenidas torrenciales, caracterización de eventos históricos que conforman las geoformas de la zona de depósito, inventario de movimientos en masa a lo largo de la zona de tránsito, se documentan los tramos de los cauces más representativos, velocidades y descargas observadas o estimadas, y los puntos de interés para simulación o monitoreo.

Caracterización de AvT

Con toda la información se elabora la caracterización final de la amenaza por avenidas torrenciales.

Este producto incluye mapas de susceptibilidad y amenaza, inventarios y descripciones de eventos, identificación de zonas de aporte, tránsito y depósito, así como parámetros hidrológicos e hidráulicos necesarios para estudios posteriores.

Finalmente, se generan salidas gráficas (mapas temáticos, figuras, diagramas) y reportes técnicos que sustentan la delimitación de áreas de amenaza por AvT.

6.8. Análisis Geomorfológico

El análisis geomorfológico comprende varias etapas integrando cartografía básica (planchas del SGC), sensores remotos disponibles para el área de estudio, y el procesamiento de modelos digitales del terreno en SIG. A partir de estos insumos se generan mapas hipsométricos y derivados morfométricos (pendiente, curvatura, relieve relativo), fundamentales para delimitar áreas homogéneas en cuanto a formas y características del terreno.

Con esta base se definen los elementos geomorfológicos en términos de morfogénesis, morfología y morfometría, obteniendo unidades claramente diferenciadas y representadas en mapas temáticos con nomenclatura y leyenda estandarizadas, resultado de la fotointerpretación y la verificación en campo.

Posteriormente, este mapa se complementa con el catálogo histórico e inventario de movimientos en masa, considerados como expresiones morfodinámicas del área de estudio. Dicho inventario se elabora con información levantada en campo, análisis de sensores remotos de resolución adecuada y datos del Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA). En el inventario, los procesos se representaran como polígonos diferenciados de acuerdo con el tipo de mecanismo.

A partir de las condiciones morfométricas de las microcuencas de los drenajes de la zona de estudio, se determinará si existen los factores que favorezcan la ocurrencia de eventos torrenciales y, ante tal situación, se presentará el modelo de simulación hidráulica HEC-RAS para determinar los niveles de agua en los eventos hidrometeorológicos extremos de torrencialidad para el casco urbano de cada municipio objeto de estudio.

6.9. Estudio hidráulico – tránsito de crecientes

Se debe evaluar la capacidad hidráulica de los drenajes en el área de estudio en función de sus características de disposición para transitar los niveles de las crecientes máximas a las que se verán exigidas durante un evento de alta o prolongada precipitación.

El estudio hidráulico se fundamentará en el análisis y tránsito de las crecientes probables, en la determinación de los parámetros hidráulicos de las crecientes con periodos de retorno de 15, 100, 500 y 1000 años que se puedan presentar en el área de estudio; así como la determinación de los respectivos caudales de las crecientes analizadas.

6.9.1. Modelación hidráulica del pico de crecientes de la avenida torrencial

Para la modelación hidráulica del pico de crecientes de la avenida torrencial se transitarán 4 tipos, con caudales picos e hidrogramas unitarios triangulares con períodos de retorno 15, 100, 500 y 1000 años.

6.10. Estudio de Riesgo Detallado

Para la realización del estudio de riesgo detallado por parte del consultor se deberán incluir por lo menos los siguientes tópicos a escala 1:2.000:

6.10.1. Desarrollo del análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo

Esta actividad comprende la ejecución de los análisis necesarios para determinar la magnitud y probabilidad de ocurrencia de los fenómenos amenazantes, así como la susceptibilidad y exposición de los elementos presentes en el territorio.

Se aplicarán metodologías reconocidas a nivel nacional e internacional, considerando aspectos físicos, ambientales, sociales y económicos que influyen en la conformación del riesgo.

6.10.2. Desarrollo y complemento de los análisis históricos de eventos

Se realizará la recopilación, depuración y análisis de la información histórica disponible sobre eventos naturales ocurridos en la zona (inundaciones, movimientos en masa, erosión, socavación, entre otros).

Este análisis permitirá identificar patrones de recurrencia, magnitud y afectaciones previas, sirviendo como base para la validación de los escenarios de amenaza y vulnerabilidad que se definan posteriormente.

6.10.3. Desarrollo de estudios requeridos asociados al riesgo y especificaciones de los mismos (topografía, suelos, hidrología, batimetría, entre otros)

Se efectuarán los estudios técnicos necesarios que complementen el análisis del riesgo, incluyendo la caracterización topográfica, geotécnica, hidrológica y batimétrica del área de estudio.

Estos estudios servirán como insumo para la modelación hidráulica y morfodinámica, así como para la definición de zonas críticas susceptibles a procesos erosivos o inundaciones.

6.10.4. Desarrollo del diagnóstico de condiciones físicas y ambientales del sector de estudio

Se elaborará un diagnóstico integral que contemple los aspectos geomorfológicos, geológicos, hidrológicos, de cobertura y uso del suelo, además de las condiciones ambientales y antrópicas actuales.

El diagnóstico permitirá identificar los factores que contribuyen al incremento o reducción de la vulnerabilidad en el territorio, y establecer una línea base para la evaluación de los escenarios de riesgo.

6.10.5. Desarrollo de la evaluación de la amenaza

En esta etapa se realizará la identificación, delimitación y caracterización de las amenazas presentes, determinando su nivel de peligro con base en variables físicas, históricas y modelaciones.

Se generarán los mapas de amenaza con su respectiva zonificación, incorporando los resultados de los estudios de campo, levantamientos topográficos, modelaciones hidráulicas y análisis morfodinámicos.

6.10.6. Desarrollo de escenarios mínimos considerados

Se definirán y representarán los escenarios mínimos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, de acuerdo con la normativa vigente y los lineamientos metodológicos establecidos por el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD).

Cada escenario contemplará los diferentes niveles de exposición de la población, infraestructura y ecosistemas frente a la ocurrencia de eventos naturales.

6.10.7. Desarrollo de los requisitos mínimos para el análisis de vulnerabilidad y riesgo

Se establecerán los criterios y parámetros técnicos necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo, considerando los factores físicos, ambientales, sociales y económicos relevantes.

Estos requisitos servirán para garantizar la trazabilidad y coherencia metodológica de los análisis, conforme a las directrices de la Guía Metodológica del IDEAM, el IGAC y la UNGRD.

6.10.8. Desarrollo de los análisis de vulnerabilidad requeridos para cada caso, incluyendo los específicos sobre estructuras existentes en los casos que aplique

Se llevará a cabo la evaluación de vulnerabilidad para los distintos componentes del territorio (infraestructura, viviendas, equipamientos, vías, servicios públicos, etc.), identificando su nivel de exposición y capacidad de respuesta.

En los casos que aplique, se desarrollarán análisis estructurales específicos de edificaciones o infraestructuras críticas, con el fin de estimar su comportamiento ante los escenarios de amenaza identificados.

6.10.9. Desarrollo de la evaluación de riesgo, valoración de daños y pérdidas de alternativas para la intervención y el nivel de seguridad de cada propuesta de solución

Se realizará la integración de los resultados de amenaza y vulnerabilidad para determinar los niveles de riesgo presentes en el área de estudio.

Se valorarán los daños y pérdidas potenciales, identificando los sectores más expuestos y las alternativas de intervención más adecuadas para la reducción del riesgo.

Asimismo, se establecerá el nivel de seguridad de las propuestas de solución, considerando su efectividad técnica, viabilidad ambiental y sostenibilidad en el tiempo.

6.10.10. Desarrollo de la evaluación de alternativas de intervención, a nivel de diseño y diseño detallado de las mismas

A partir de los resultados obtenidos, se formularán las alternativas de intervención estructurales y no estructurales, con su respectiva justificación técnica y económica. Las medidas estructurales incluirán la proyección de obras de control y mitigación del riesgo, como diques, canalizaciones o estructuras de estabilización.

De manera complementaria, se elaborarán los diseños preliminares y detallados de las obras priorizadas, considerando las especificaciones técnicas, los resultados de los

estudios hidrológicos, hidráulicos y topográficos, y los criterios ambientales aplicables.

6.10.11. Zonas con riesgo mitigable (obras de control y mitigación) – Estudios hidrológicos e hidráulicos

Para las zonas en las que se identifiquen condiciones de riesgo mitigable, se desarrollarán los estudios hidrológicos e hidráulicos que permitan dimensionar las obras de intervención requeridas.

Se incluirán los análisis de hidráulica fluvial, morfodinámica y socavación, garantizando la estabilidad de las soluciones planteadas y su coherencia con la dinámica natural del cauce.

6.11. Estudios Hidrológicos, Hidráulico y Socavación

Se efectuaran los análisis hidrológicos, hidráulica fluvial, morfodinámica y socavación. El estudio Hidrológico debe tener el siguiente alcance:

- Evaluación de los datos de lluvia y evaporación disponible a nivel mensual y valores máximos anuales.
- Cálculo de la curva Intensidad – Duración – Frecuencia de lluvias
- Determinación de caudales máximos y mínimos a la altura del cauce en el tramo de interés.
- Determinación del caudal de desborde y su correspondiente periodo de retorno.
- Si el periodo de retorno de desborde es superior a los 50 años, establecer las cotas y ubicación de obras de control para que con un borde libre de 30 cm no se produzca tal efecto para dicho periodo.

El estudio Hidráulico debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cálculo de la pendiente del cauce en el tramo de interés.
- Cálculo de los parámetros morfométricos de las secciones hidráulicas del cauce.
- Definición del nivel máximo que pueden alcanzar las aguas para diferentes periodos de retorno, hasta la cota de desborde realizando modelos 2D de software especializado tanto para agua limpia como para aguas con solidos (Avenidas torrenciales e inundaciones).
- Determinar el nivel de diseño y velocidad máxima del flujo.
- En la selección del área hidráulica deben tenerse en cuenta el nivel de aguas máximas, el paso de materiales de arrastre, y la socavación.

6.11.1. Estudio de Socavación

El estudio de socavación debe comprender:

- Análisis de fotografías aéreas para conocer la evolución geomorfológica del cauce.
- Definición del tamaño máximo que puede transportar el cauce para el caudal de diseño.
- Cálculo de la competencia hidráulica del cauce.
- Cálculo de la socavación máxima esperada.
- Análisis de la posibilidad de socavación en las orillas como en el fondo del cauce.
- Conclusiones y recomendaciones.

6.12. Acotamiento de Ronda Hídrica

Para el desarrollo de este componente se debe dar estricto cumplimento a la Metodología de acotamiento de ronda hídricas por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, y adoptada por la Resolución 957 de 2018, la cual hace parte integral del presente estudio previo

6.13. Zonificación Ambiental y Delimitación de la ronda

El alcance del trabajo a realizar se base en la “Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia”, adoptada por la Resolución 957 de 2018. En esta guía se establecen los criterios para definir el orden de prioridades para el acotamiento de las rondas hídricas y desarrolla los criterios técnicos de que trata el artículo 2.2.3.2.3.3 del Decreto 2245 de 2017 mediante el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015. No hace parte de este contrato, que también define la guía, las directrices para el manejo ambiental de la ronda hídrica, las cuales establecerá la CAM una vez se tengan los resultados de los trabajos objeto de esta de la consultoría.

El alcance de la consultoría resultante del concurso de méritos es el de determinar el acotamiento de rondas hídricas en aproximadamente 10 km de drenajes y cuerpos de agua que cruzan el area de estudio en el municipio de Rivera de la Quebrada Aguas Calientes y sus quebradas tributarias El Piñal y El Salado con base en la guía por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, y adoptada por la Resolución 957 de 2018, conforme a los requerimientos técnicos aplicables a este concurso de méritos y establecidos. En el informe actual, se trabajará el acotamiento de los drenajes existentes como la quebrada Aguas Calientes y sus quebradas tributarias El Piñal y El

Salado, conforme a las áreas presentadas en el capítulo de "4. Localización"de este informe.

6.14. Planteamiento de alternativas de obras estructurales y no estructurales

De acuerdo con los estudios y análisis se deben plantear acciones estructurales y si es del caso, acciones no estructurales.

6.14.1. Diseño de las obras estructurales

Con base en los resultados de las actividades anteriores de los cuales se deben desprender los parámetros de diseño, se plantearán obras o acciones a nivel conceptual y presupuestos estimados que serán presentadas a la CAM con sus correspondientes recomendaciones con el objeto de ser analizadas y determinar las obras a desarrollar en su etapa de ingeniería de detalle.

Una vez establecidas las obras el CONSULTOR procederá a desarrollar la ingeniería de detalle determinando dimensiones, cálculos estructurales, cantidades de obra y toda aquella que permita llevar a cabo su construcción.

Todas las actividades deben estar respaldadas por memorias de cálculo y resultados de modelos matemáticos en caso de ser utilizados.

Todas las estructuras deben quedar consignadas en planos en los cuales se indique la localización, tamaño, refuerzo y conexión a una escala adecuada y con un detalle suficiente para permitir la construcción de las estructuras en una secuencia apropiada. Los alzados, cortes y detalles se realizarán con escala, cantidad y alcance apropiados para indicar la interdependencia y conexiones entre los diferentes elementos. En general los planos de las obras deben incluir lo siguiente:

- Detalles típicos y notas generales.
- Planos de diseño de cimentación.
- Despieces, detalles y alzados de las obras que se requieran.
- Detalles de la forma como empalman las diferentes estructuras entre sí.
- Detalles de conexiones.
- Otros detalles.

Las memorias de cálculo deben contener los resultados de los programas con los cuales se realizarán los análisis. Además de indicar en forma clara el registro descriptivo de los cálculos requeridos, indicando entre otros, según sea del caso:

- Descripción del proyecto.
- Códigos y reglamentos tomados como base para la elaboración del proyecto.
- Especificaciones de materiales a utilizar.
- Criterio para los análisis.
- Análisis sísmico.
- Índice de Cálculos.

6.15. Programación y Presupuesto

El CONSULTOR, con base en los planos, el tipo de obra y la complejidad para realizarla debe establecer las cantidades de obra presentando los costos básicos, los correspondientes APU y presupuesto general. De acuerdo con los rendimientos y la secuencia crítica de las actividades el CONSULTOR debe presentar una programación y establecer el plazo final de ejecución de las obras.

6.15.1. Personal requerido para la construcción

El CONSULTOR debe establecer el personal mínimo con el que ha de contar el contratista para desarrollar el objeto del contrato, así como el equipo mínimo requerido.

6.15.2. Acciones no estructurales

En el evento en que, con obras estructurales, bien por su complejidad o porque con estas no se logre reducir en forma significativa la vulnerabilidad, sea necesario implementar acciones de tipo no estructural, el CONSULTOR debe establecer las áreas que deben ser desalojadas indicando las características de uso detallando la parte predial y dejando planteadas posibles áreas de reubicación junto con la recomendación de los estudios necesarios que se deben realizar para viabilizar dichas áreas.

6.15.3. Afectación Predial

Dentro de los análisis de amenaza se debe establecer cuál es la infraestructura y los bienes que pueden ser afectados por los fenómenos naturales que pueden provocar un desastre y cuales se afectarían por la construcción de las obras y realizar una investigación predial preliminar, indicando áreas y tipos de estructuras, todo lo cual debe quedar consignado en los planos de la planta general y localización del proyecto, a escalas 1:2000, 1:1000 o 1:500 según sea el grado de detalle necesario para establecer los límites de amenaza y linderos de los predios.

6.16. Socialización del proyecto

Durante la etapa de estudios y diseños se mantendrá informada a la comunidad con respecto a las actividades y alcances del proyecto mediante charlas informativas, además de recoger información que sirva para los efectos de la estimación del riesgo.

7

Recopilación, revisión y análisis de información secundaria

La información que se presenta a continuación fue obtenida a través de la consulta a diferentes entidades bien sea por solicitudes formales o búsqueda web. Cada uno de los documentos e insumos revisados fueron revisados y analizados con el fin de utilizarlos como base (técnica, legal, social, entre otros) para la correcta ejecución del contrato de consultoría 376 de 2025; por tal razón, cualquier documento aquí descrito ha sido o será utilizado a lo largo del desarrollo de éste proyecto y se consultará de ser requerido para emitir productos de alta calidad y precisión.

7.1. Contexto Regional

La información geológica y geomorfológica fue consultada a partir de la fuente citada a continuación, ver tabla (7.1).

Tabla 7.1: Listado de información recopilada

TITULO	AUTOR	FECHA
Mapa geológico de la Plancha 345 Campoalegre Escala 1:100.00 Plancha 345 – Campoalegre	INGEOMINAS	2000
Levantamiento geológico de la Plancha 345 – Campoalegre – Escala 1:100.000	INGEOMINAS	2001
Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 345 - Campoalegre	SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO	2014
Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa Escala 1:100.000 plancha 345 –Campoalegre.	SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO	2014
Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala: 1:100.000 Plancha 345 - Campoalegre	SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO	2014
Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa. Escala 1:100.000, Plancha 345 – Campoalegre	SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO	2014

7.1.1. Estratigrafía

Con base en la cartografía geológica publicada por el Servicio Geológico Colombiano, se identifican dos unidades litológicas principales en el área de estudio. En el sector noroccidental se localizan depósitos cuaternarios recientes clasificados como Qaa3, mientras que área restante del polígono está dominado por rocas ígneas intrusivas asignadas a la unidad Ja (Monzogranito de Algeciras). Ver tabla 7.2.

Tabla 7.2: Estratigrafía de la zona de estudio

SGC, escala 100K	Estandarización Geológica
Qaa3	Abanicos aluviales poco disectados
Ja	Monzogranito de Algeciras

Asimismo, se destaca la presencia de la Falla Potrerillos-Rivera, una estructura inversa que limita el contacto entre estas unidades y podría influir en la dinámica del terreno.Velandia et al. (1999). La información previamente descrita se representa cartográficamente en las Figuras 7.1 y Figura 7.2.

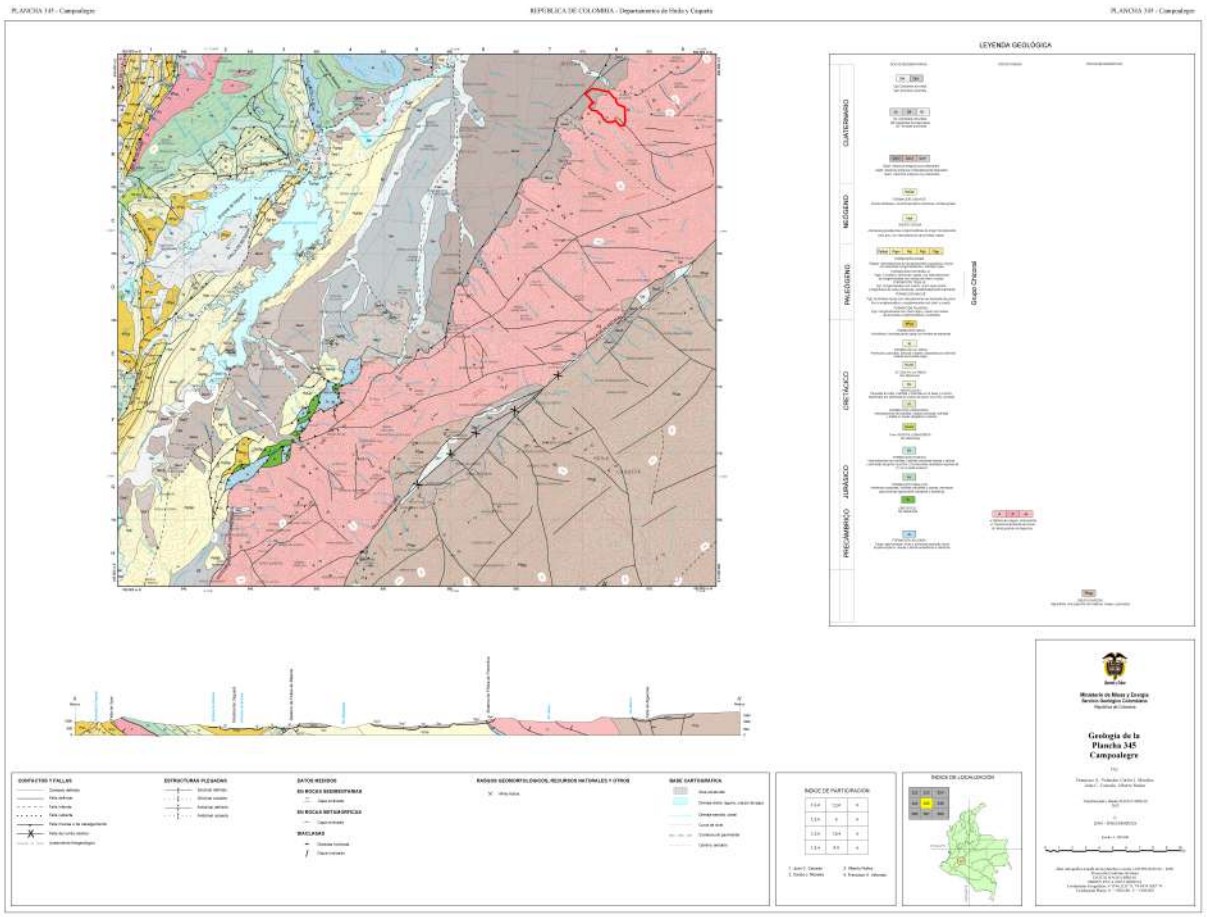


Figura 7.1: Mapa - Geológico

Fuente: Plancha 345 Campoalegre, SGC (2015).

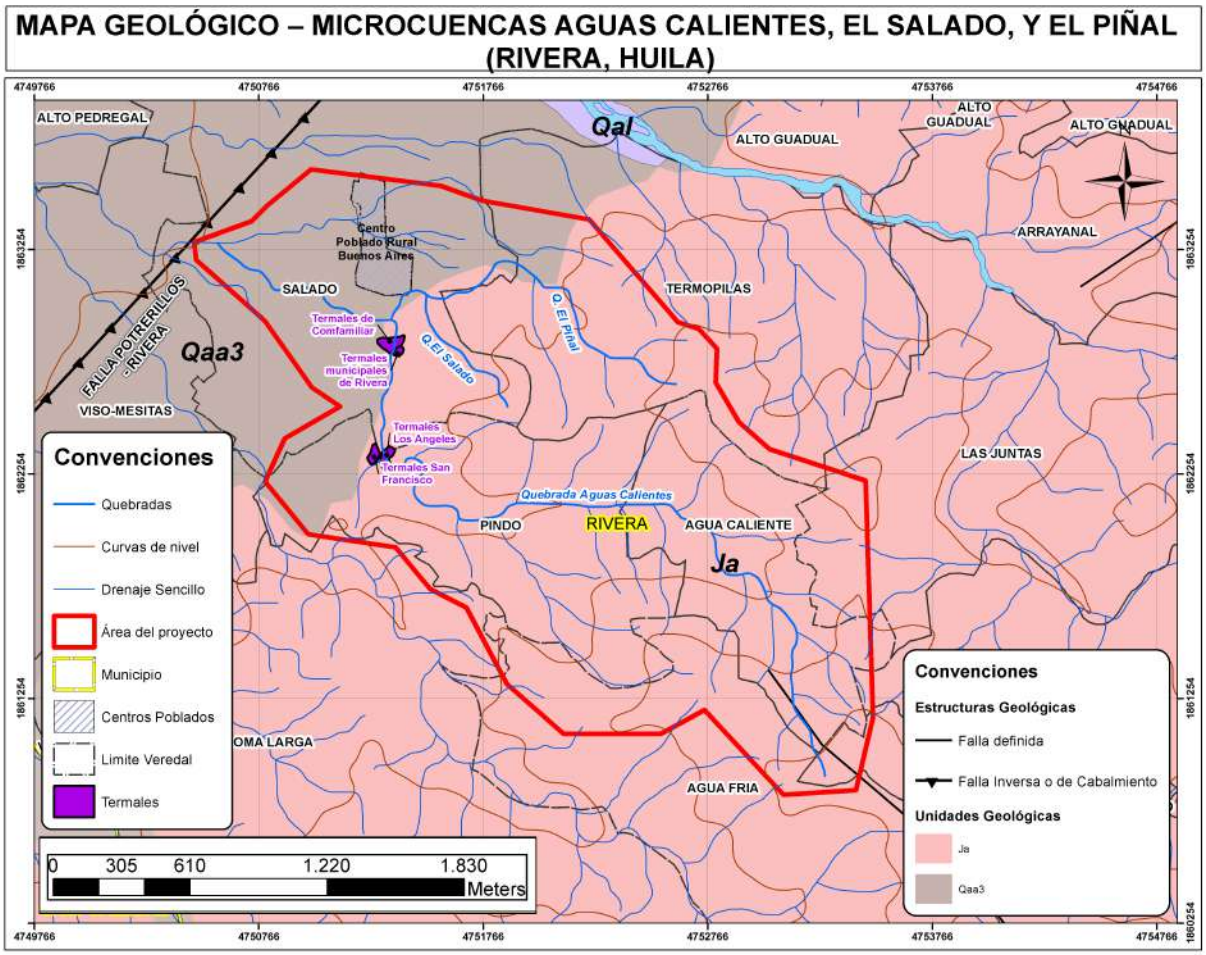


Figura 7.2: Mapa - Mapa geológico de las microcuencas El Salado, Aguas Calientes y El Piñal en el municipio de Rivera (Huila)

Fuente: Plancha 345 Campoalegre, SGC (2015). Información adaptada y modificada.

A continuación, se presenta una descripción de las unidades geológicas previamente mencionadas, considerando su posición estratigráfica y sus características litológicas, de acuerdo con lo consignado en la Memoria Explicativa de la Plancha Geológica 345

CUATERNARIO:

- **Qaa3**

Esta unidad geológica está conformada por depósitos de abanicos aluviales que se extienden desde el sur de Campoalegre hasta el municipio de Rivera, adosados al borde occidental de la Cordillera Oriental y cubriendo parcialmente las laderas bajas Morales et al. (1999).

Además,constituye geoformas que representa una fase tardía en el desarrollo geomorfológico regional, caracterizadas por superficies con escasa disección, lo que refleja su limitada modificación por procesos erosivos recientes Morales et al. (1999).

Estos depósitos se componen de bloques subredondeados a subangulares clasto y matriz-soportadas, dominados por rocas ígneas y metamórficos procedentes de la Cordillera Oriental. En menor proporción incluyen materiales de la Formación Saldaña y unidades sedimentarias del Cretácico y Paleógeno, lo cual indica un origen mixto condicionado por la erosión diferencial de las vertientes Ruiz (1981). Asimismo, se han descrito niveles arenosos friables de espesor delgado a medio, lo que refleja variaciones en la dinámica deposicional.

Este abanico se dispone en zonas de piedemonte y en cuencas restringidas, en ocasiones como relictos elevados, y exhiben rasgos neotectónicos asociados a la Falla de Algeciras y a la Falla Potrerillos-Rivera Velandia et al. (1999); Montes et al. (1999). La influencia de estas estructuras evidencia que su evolución estuvo controlada por episodios de actividad tectónica cuaternaria, que favorecieron la movilización y acumulación de sedimentos en el piedemonte.

Cronológicamente, se consideran depósitos formados durante el Pleistoceno–Holoceno, en estrecha relación con el levantamiento tectónico que afectó a la Cordillera Oriental desde el Plioceno-Pleistoceno, y en sincronía con la generación de abanicos intramontañosos en el Valle Superior del Magdalena Ruiz (1981).

JURÁSICO:

- **Ja**

El monzogranito de Algeciras, también conocido como Plutón de Hobo–Algeciras, fue descrito inicialmente por Radelli (1962) como un cuerpo intrusivo de composición granítica, con dimensiones batolíticas, que aflora sobre el flanco occidental de la Cordillera Oriental, en el departamento del Huila. Se localiza en jurisdicción del municipio de Algeciras y está limitado estructuralmente por las fallas de Algeciras y Altamira. Según Rodríguez et al. (2015), el plutón presenta una extensión aproximada de 111 km de longitud, 13 km de ancho máximo y una superficie cercana a los 470 km².

Los afloramientos más accesibles del plutón monzogranítico de Algeciras se presentan a lo largo de la carretera entre Algeciras y Campoalegre, y en las márgenes del río Neiva. En múltiples sectores, el cuerpo intrusivo ha sufrido una meteorización química y física intensa, lo que ha generado perfiles de suelo profundos, con textura areno-arcillosa y coloración blanco crema Morales et al. (2001).

Contactos: El monzogranito de Algeciras presenta contactos tanto intrusivos como tectónicos con la Formación Saldaña y el Complejo Garzón, donde se ha desarrollado metamorfismo de contacto de tipo cornubianita. Hacia el occidente, limita tectónicamente con sedimentitas del Cretácico, Paleógeno y Neógeno a través de la Falla Altamira, y estos depósitos se encuentran cubiertos en discordancia angular por unidades cuaternarias. En el sector oriental, el plutón está parcialmente controlado por la Falla de Algeciras Rodríguez et al. (2015).

Edad y correlación:Según Rodríguez et al. (2015), la posición estratigráfica, geotectónica y geocronológica del plutón permite establecer su correlación con otras unidades ígneas jurásicas expuestas en el margen oriental del Valle Superior del Magdalena, como el monzogranito de Altamira, la cuarzolatita de Teruel y el granito de Garzón, cuyas

edades oscilan entre 169,6 y 179 Ma.

Las características litológicas, junto con la disposición tectonoestratigráfica de estos tres cuerpos alineados al occidente de la Falla de Algeciras, evidencian la existencia de un pulso magmático durante el Jurásico, asociado al margen occidental de la Cordillera Oriental de Colombia.

Adicionalmente, Restrepo et al. (1997) reporta que hubo un evento tecto–térmico ocurrido entre el Triásico y el Jurásico, relacionado con la intrusión del granito Suaza–Altamira, lo que refuerza la interpretación de un contexto tectonomagmático activo en este intervalo

7.1.2. Estructuras Geológicas

- **Sistema de fallas Potrerillo – Rivera**

Es una falla de cabalgamiento de bajo ángulo con vergencia al noroccidente y orientada en general al N40°E. Esta estructura geológica de carácter regional presenta planos de buzamiento con inclinación al SE y E, poniendo en contacto rocas intrusivas del Batolito de Algeciras con rocas sedimentarias de la Formación Gigante Morales et al. (2001). Presenta una extensión aproximada de 80km, se desprende de la Falla Algeciras al oriente de Gigante, pasando por la localidad de Potrerillos donde toma su nombre.

Se sitúa al sur de la plancha hasta el noreste de El hobo pasando por la localidad de Potrerillos, y se infiere hacia el norte cubierta por depósitos cuaternarios, aunque en algunos sitios hay rasgos de neotectónica. De acuerdo con Morales et al. (2001), en Cercanías de El Hobo presenta una serie de escamas y cuñas que afectan rocas volcanosedimentarias jurásicas, cretácicas, del Paleógeno y Neógeno.

7.1.3. Gemorfología Regional

En la cartografía geomorfológica de la Plancha 345, elaborada por el Servicio Geológico Colombiano (2014), se diferencian dos unidades de interés en el área de estudio: Dsd (Sierra denudada), caracterizada por relieves residuales fuertemente disectados producto de la dinámica denudacional, y Faa (Abanico fluviotorrencial antiguo), constituido por depósitos detríticos acumulados en superficies de bajo gradiente, asociados a procesos de sedimentación torrencial y posteriormente modificados por incisión fluvial y erosión. Ver 7.3.

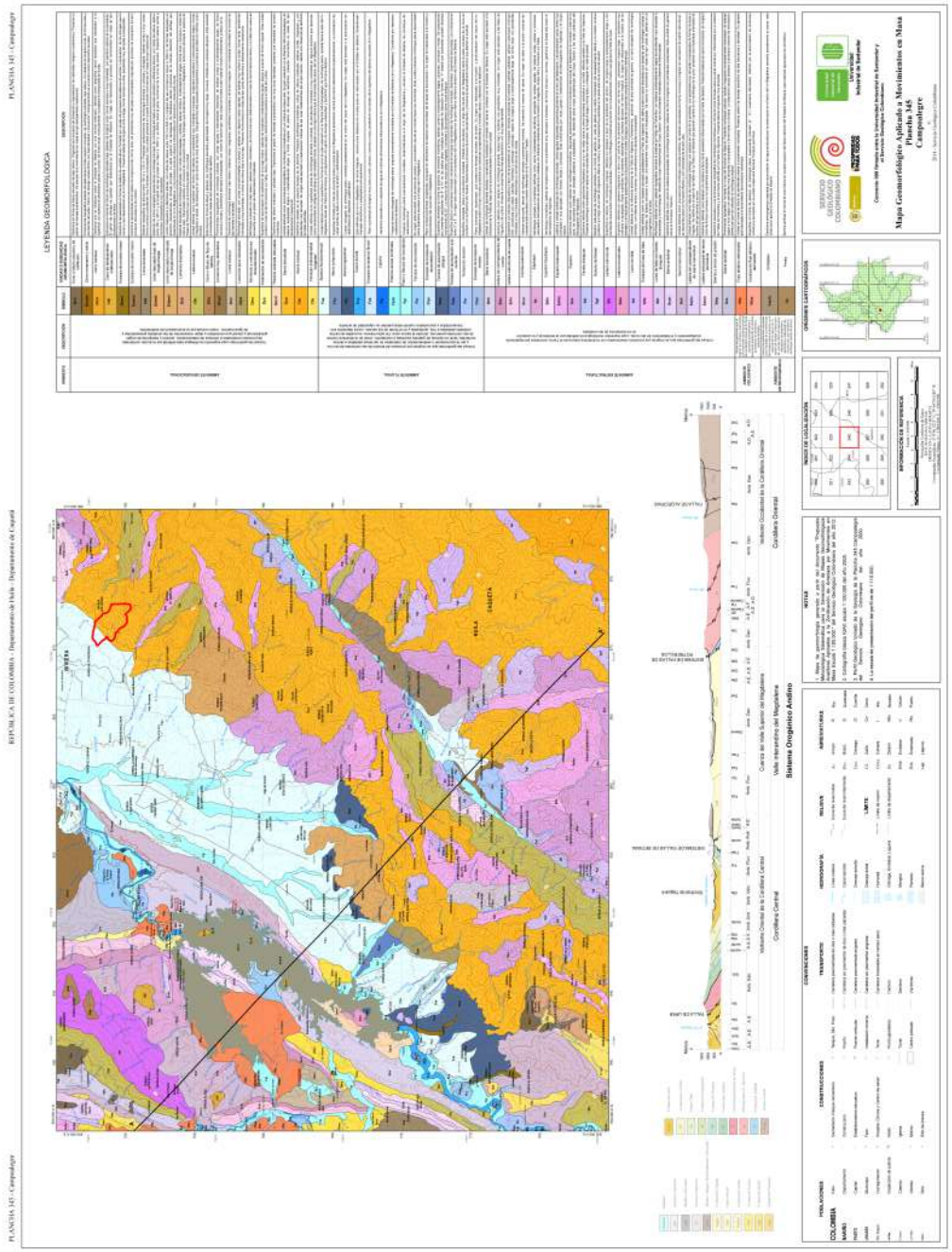


Figura 7.3: Mapa - geomorfológico
Fuente: Plancha 345 Campoalegre, SGC (2014)



Figura 7.4: Mapa - Mapa geomorfológico de las microcuencas El Salado, Aguas Calientes y El Piñal en el municipio de Rivera (Huila)

Fuente: Plancha 345 Campoalegre, SGC (2014). Información adaptada y modificada.

Las unidades geomorfológicas previamente identificadas son descritas a continuación de acuerdo con la Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa plancha 345:

- **Dsd**

Esta geoforma está conformada por unidades geológicas del Monzogranito de Algeciras (Ja), del Jurásico y el Grupo Garzón (Pegg). De acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano (2014), estás se encuentran altamente meteorizadas principalmente en dirección suroeste, por lo que se asocian siete movimientos en masa predominando deslizamientos traslacionales con un promedio de 60m de ancho de la masa, 70m de longitud de la masa y 3 a 5m de espesor de la masa. Se caracteriza por su morfología montañosa con alto relieve, laderas largas a muy largas con pendientes muy abruptas y de forma irregular. Destaca un patrón de drenaje dendrítico de alta densidad y frecuencia Servicio Geológico Colombiano (2014).

- **Faa**

Esta unidad geomorfológica presenta una superficie en forma de cono, según el Servicio Geológico Colombiano (2014) se distingue por su morfología plana a suavemente ondulada. Exhibe un patrón de drenaje subdendrítico y dendrítico. Y su origen está asociado a acumulación torrencial y fluvial en forma radial.

En el sector suroccidental de la unidad se identifican movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional Servicio Geológico Colombiano (2014). Esta zona corresponde al sureste del municipio de Algeciras y se encuentra delimitada por una superficie de erosión suavemente inclinada, de extensión considerable y morfología cóncava. El área presenta un patrón de drenaje dendrítico con frecuencia y densidad moderadas. Litológicamente, se compone de depósitos cuaternarios asociados a abanicos aluviales, conformados por materiales transportados y redistribuidos por el río Neiva.

7.1.4. Aspectos de amenaza y riesgo identificados

De acuerdo con el estudio de zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 345 – Campoalegre elaborado por Servicio Geológico Colombiano – SGC (2014); el área de estudio comprende principalmente zonas de susceptibilidad media a alta, como se ilustra en las figuras 7.5 y 7.6, así como zonas de amenaza alta, representadas en las figuras 7.7 y 7.8. Estas categorías se describen a continuación con base en la Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa.

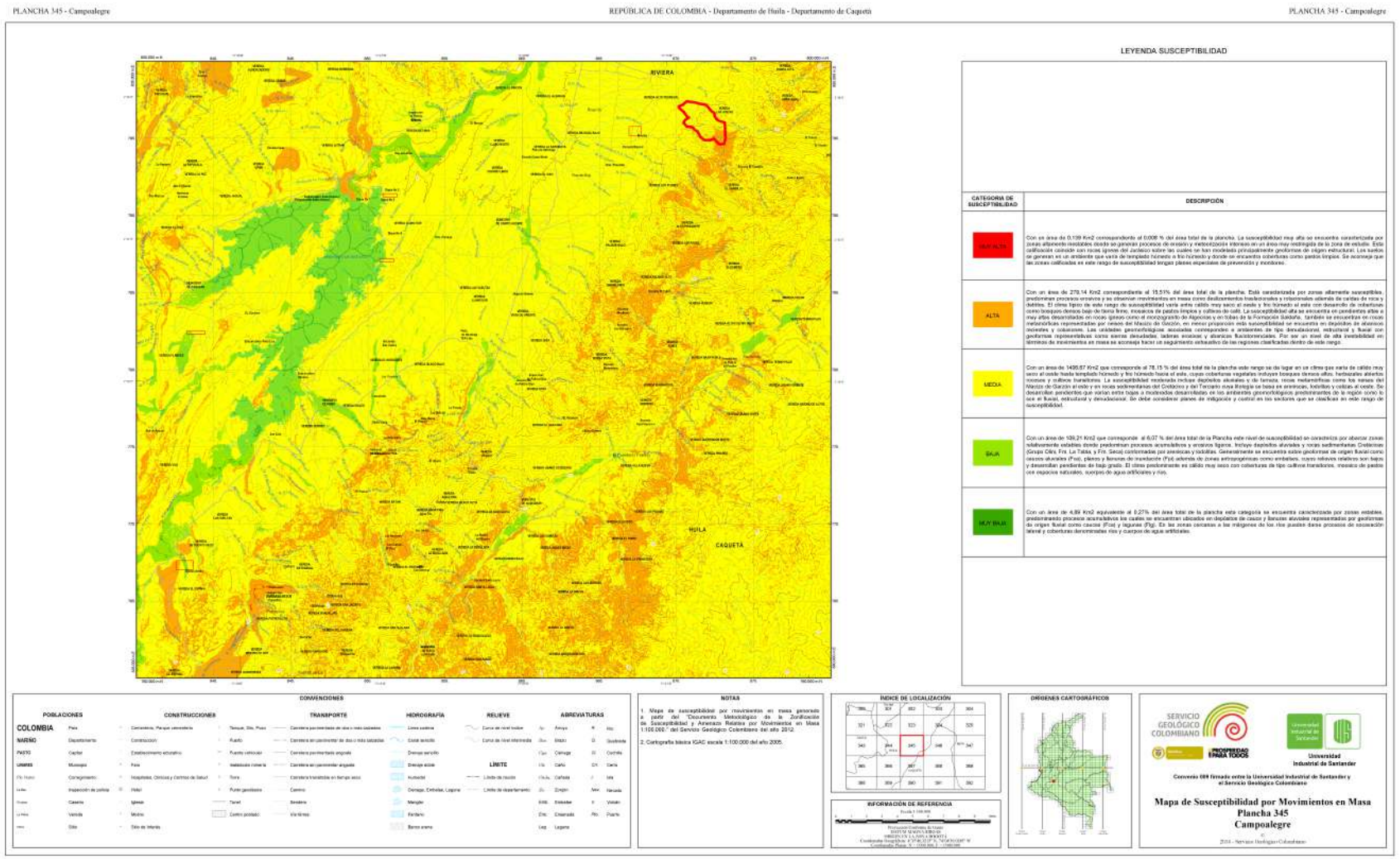


Figura 7.5: Mapa - Susceptibilidad por movimientos en masa Escala 1:100.000 plancha 345 - Campoalegre

Fuente: Tomado del SGC (2014).



Figura 7.6: Mapa - Susceptibilidad por movimientos en masa de las microcuencas El Salado, Aguas Calientes y El Piñal en el municipio de Rivera (Huila)

Fuente: Tomado del SGC (2014). Información adaptada y modificada.

- **Susceptibilidad Media**

Esta categoría se asocia al Monzogranito de Algeciras con densidad de fracturamiento intermedia, lo que da lugar a pendientes medias a abruptas. Bajo estas condiciones se presentan deslizamientos traslacionales y rotacionales, caídas de roca y reptaciones, mientras que en los cauces principales se desarrolla erosión por socavación lateral de manera localizada. Los suelos corresponden a Molisoles, Aridisoles, Alfisoles y Vertisoles, cuyos espesores variables condicionan la estabilidad de las laderas. En cuanto a la cobertura, predominan mosaicos de pastos con cultivos, arbustales abiertos y bosques fragmentados, reflejando distintos grados de intervención.

- **Susceptibilidad Alta**

Presente en sectores como Arrayanal, Las Juntas y Termópilas, donde el Monzogranito de Algeciras muestra alta densidad de fracturamiento vinculada a fallas regionales

(Algeciras y Potrerillos). Se desarrolla en pendientes medias a fuertes, con recurrencia de deslizamientos traslacionales, caídas de roca y reptaciones. Los suelos son poco profundos (generalmente <100 cm) y la cobertura corresponde a pastos limpios y arbolados, mosaicos de cultivos y bosques fragmentados.

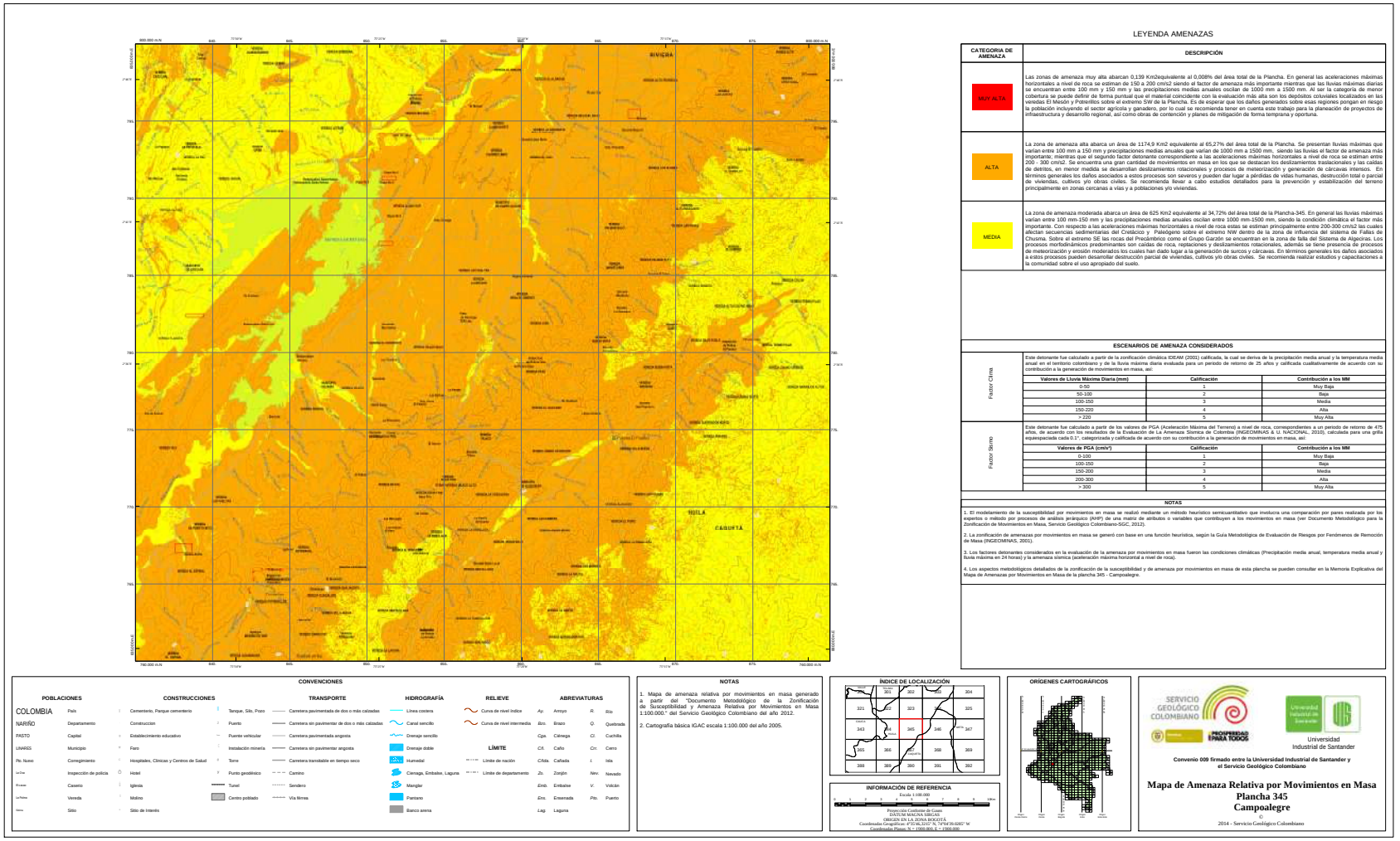


Figura 7.7: Mapa - Amenaza relativa por movimientos en masa Escala 1:100.000 plancha 345 Campoalegre

Fuente: Tomado, SGC (2014).



Figura 7.8: Mapa - Amenaza relativa por movimientos en masa e las microcuencas El Salado, Aguas Calientes y El Piñal en el municipio de Rivera (Huila)

Fuente: Tomado, SGC (2014). Información adaptada y modificada.

- **Amenaza Alta**

Corresponde a la categoría de mayor extensión en el área, abarcando el valle del río Neiva y el flanco occidental de la Cordillera Oriental. Se distingue por la interacción entre litologías fracturadas principalmente el Monzogranito de Algeciras, depósitos coluviales y lodolitas, junto con pendientes moderadas a abruptas que favorecen la ocurrencia de deslizamientos traslacionales, caídas de detritos y procesos de reptación. A ello se suman los factores detonantes, como las precipitaciones intensas y la sismicidad regional, que incrementan la inestabilidad y generan afectaciones sobre vías, cultivos y asentamientos veredales.

7.2. Informe OSSO - CAM 2011

Como insumo técnico secundario se incorpora el informe elaborado por Corporación OSSO y la CAM, tras inspección en campo realizada en enero de 2011 en el sector Termales de Rivera. El estudio documenta afectaciones por movimientos en masa y avenidas torrenciales en las microcuencas El Piñal, El Salado y Aguascalientes, asociadas a eventos de alta pluviosidad, litologías meteorizadas y ocupación de cauces Velásquez (2011).

Se resaltan aspectos como la presencia de una falla geológica activa, procesos de meteorización profunda y la ubicación de infraestructura turística dentro de zonas de creciente. Los hallazgos son referenciados para el análisis de amenaza y exposición en este estudio.

7.2.1. Movimientos en Masa

El informe señala que los movimientos en masa fueron provocados por las lluvias acumuladas, la intensidad del evento del 31 de diciembre de 2010 y las características geotécnicas del terreno. Las subcuencas afectadas presentan pendientes pronunciadas, suelos derivados de rocas graníticas meteorizadas, y altos niveles de saturación, condiciones que favorecen la ocurrencia de deslizamientos rotacionales, traslacionales y flujos de tierra.

Se destaca la influencia de una falla geológica inversa o de cabalgamiento en el límite del piedemonte, la cual actúa como vía para el ascenso de fluidos hidrotermales. Estos flujos, junto con la meteorización tropical de los monzogranitos, generan materiales de baja resistencia mecánica (saprolitos), lo que incrementa significativamente la inestabilidad del terreno.

El documento recomienda realizar estudios detallados de amenaza y zonificación, considerando tanto los aspectos litológicos como los usos actuales del suelo, y sugiere evaluar estrategias de reforestación o regeneración natural en las microcuencas intervenidas.

7.2.2. Inundaciones y Avenidas Torrenciales

El informe documenta la ocurrencia de avenidas torrenciales generadas por las precipitaciones intensas y el colapso de taludes en las microcuencas. Las condiciones geomorfológicas del cono aluvial de Rivera, caracterizado por superficies suavemente inclinadas y divisorias de aguas de bajo relieve, favorecen la migración lateral de los cauces durante crecientes.

Se identifican afectaciones por desbordamiento, erosión de orillas y ocupación del cauce por infraestructura turística (piscinas, quioscos, box coulverts), lo cual redujo la capacidad hidráulica natural de las quebradas. La situación se agravó por obras mal diseñadas y el uso del terreno sin considerar la dinámica fluvial.

El informe enfatiza la necesidad de implementar restricciones al uso del suelo en

zonas de inundación, el rediseño de obras de paso y, de ser posible, la reubicación de infraestructura crítica fuera de los cauces activos.

7.2.3. Exposición de Infraestructura turística

El informe OSSO–CAM destaca que la infraestructura turística de los Termales de Rivera, incluyendo instalaciones de Comfamiliar, el balneario Guaímaro y otras estructuras privadas, está directamente expuesta al impacto de crecientes, ya que ocupan zonas activas de inundación.

Durante el evento, la ocupación del cauce fue determinante en la generación de daños. Solo la baja afluencia de personas al momento del evento evitó una tragedia humana. El estudio llama la atención sobre la necesidad de replantear el modelo de ocupación y uso de estas áreas.

7.2.4. Recomendaciones para la Planificación del Riesgo

El informe propone varios escenarios para el manejo del riesgo en la zona de Termales, entre ellos:

- Restablecer infraestructura en el mismo lugar (aceptando el riesgo).
- Reubicación de la infraestructura turística fuera del cauce.
- Restauración ecológica y adquisición de tierras para regeneración natural.
- Diseño de estrategias sostenibles para el ecoturismo en áreas seguras.

Además se plantea la posibilidad de realizar un microordenamiento territorial que considere la dinámica natural de las microcuencas y las condiciones geológicas y climáticas del área.

7.3. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Rivera, Huila (2014)

El Municipio de Rivera en cumplimiento de lo estipulado por la ley 388 de 1997, formuló y adoptó el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) mediante el Acuerdo 026 del 29 de diciembre de 1999. En dicho instrumento de planificación territorial, se incluyó el componente de amenazas y riesgos de la siguiente manera teniendo en cuenta el contexto del contrato y el área de estudio, por tanto se opta la zona rural como interés de información:

Rivera es un municipio de Sexta Categoría, registrado con el código No. 41615 según la Codificación de la División Político Administrativa de Colombia - DIVIPOLA (DANE).

Tabla 7.3: Georreferenciación del municipio de Rivera

COORDENADAS		ELEVACIÓN
N	O	m.s.n.m
2º 47' 00"	75º 16' 00"	729

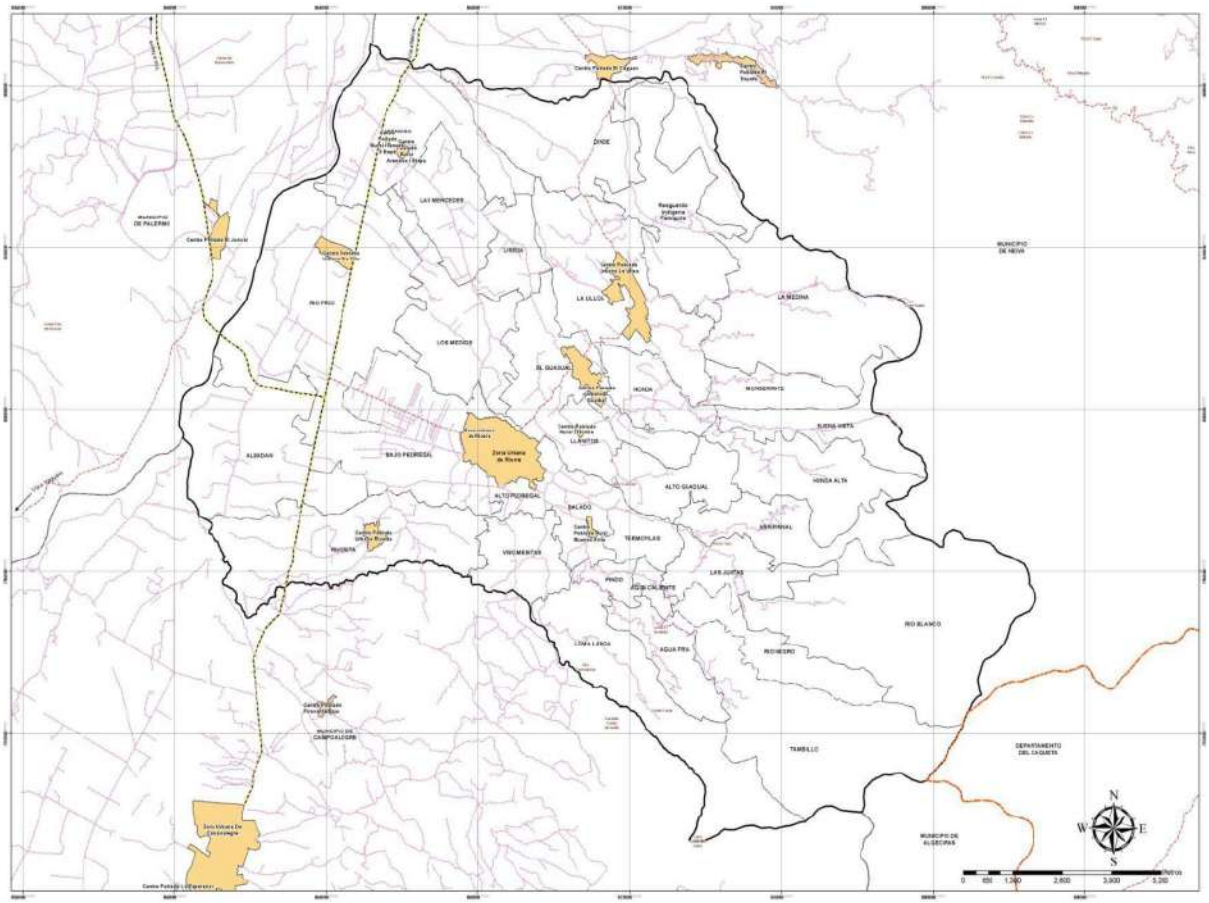


Figura 7.9: Mapa - Plano del Municipio de Rivera

Fuente: PBOT Municipio de Rivera

- **Geografía del territorio**

El municipio de Rivera se distingue por su topografía montañosa y accidentada en la cordillera oriental, con una zona intermedia de piedemonte y llanuras al occidente, sobre el valle del río Magdalena. Estas características están determinadas por factores como el clima, la litología, la dinámica fluvial y las estructuras geológicas. El municipio abarca altitudes que van desde los 450 metros sobre el nivel del mar en las zonas más bajas hasta los 3250 metros sobre el nivel del mar en las partes más elevadas; Esta diferencia topográfica contribuye a que en el municipio se presente variedad de climas y ecosistemas.

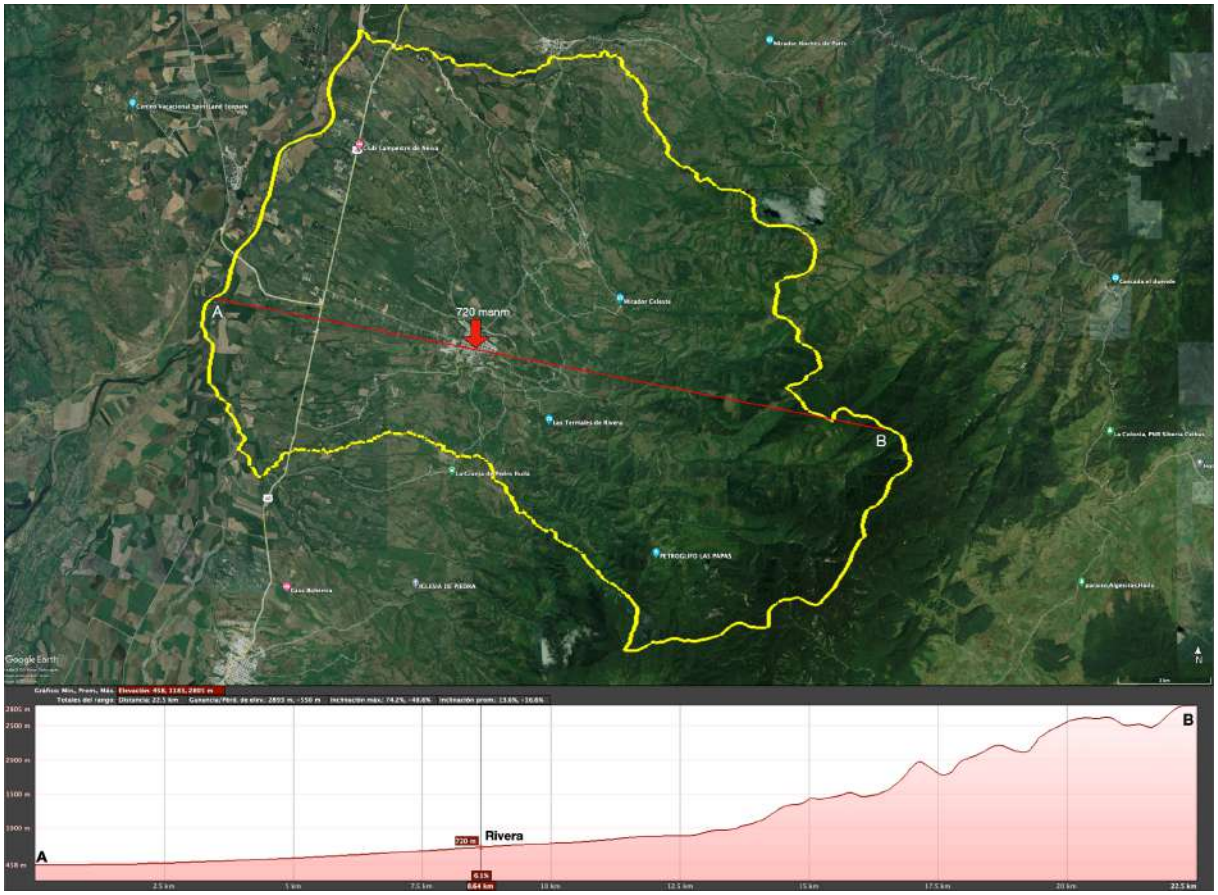


Figura 7.10: Mapa - Perfil del municipio de Rivera

Fuente: Google Earth

- **Clima**

El municipio de Rivera presenta una configuración climática diversa, conformada por cinco unidades climáticas determinadas por la variación altitudinal. La zona más cálida se ubica en las áreas bajas adyacentes al río Magdalena, mientras que las zonas más templadas y frías se encuentran en los límites con Algeciras, Neiva y el departamento del Caquetá.

Esta gradiente altitudinal y térmica influye directamente en la heterogeneidad de ecosistemas, favoreciendo una alta riqueza en flora y fauna a lo largo del territorio municipal.

Tabla 7.4: Unidades climáticas del municipio de Rivera

UNIDAD	ALTITUD (m.s.n.m.)	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN (mm/año)	ÁREA (Has)
Cálido Seco (CSa)	<500	25 y 28°C	1.200-1.300	1.752,63
Cálido Seco (CSb)	<1.000	25 y 28°C	1.500-1.600	6.643.12
Cálido y Húmedo (CH)	500-1.000	26 y 28°C	2.000-3.000	7.466.39

UNIDAD	ALTITUD (m.s.n.m.)	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN (mm/año)	ÁREA (Has)
Medio y Húmedo (MH)	1.000-2.000	18-24 °C	1.000 – 2000	6.993.03
Frío Muy Húmedo (FMH)	2.000-3.000	12-18°C	2.000-4.000	2.295.39

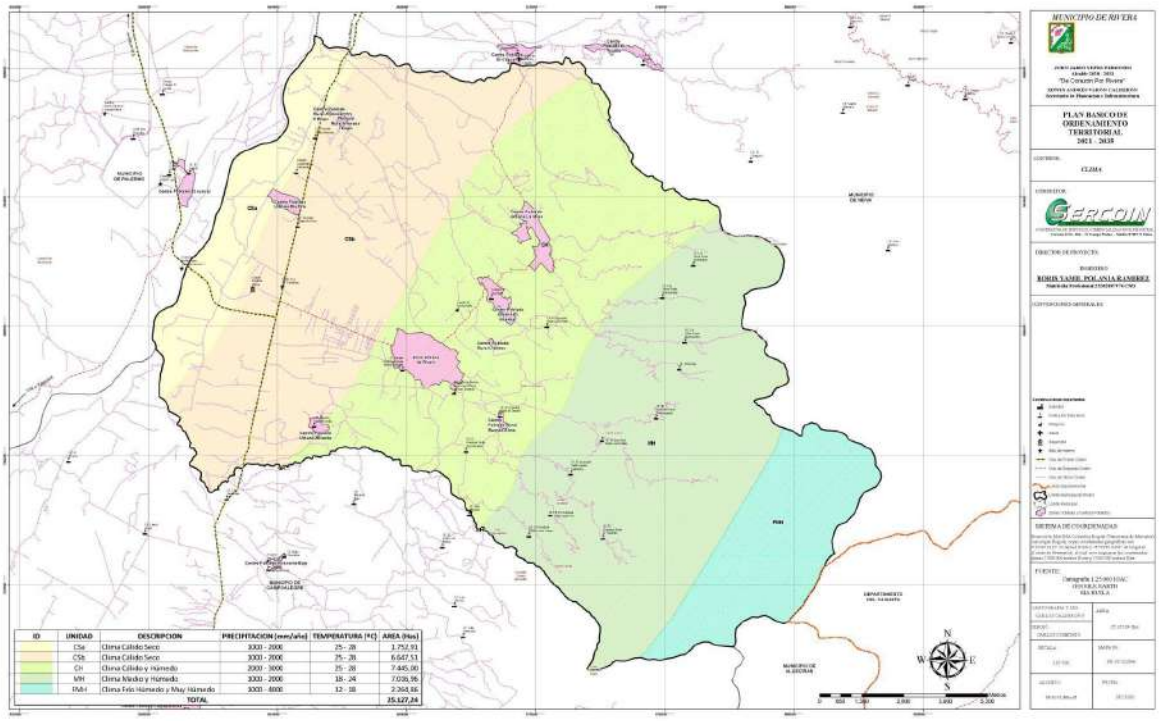


Figura 7.11: Mapa - Caracterización del clima del municipio de Rivera

Fuente: PBOT Municipio de Rivera

El municipio de Rivera cuenta actualmente con una infraestructura limitada para la captura de datos climatológicos, compuesta por dos estaciones limnimétricas en la vereda Las Juntas y una estación pluviométrica en la vereda El Guadual.

No obstante, la ausencia de estaciones meteorológicas completas dentro del municipio obliga a complementar la información con datos provenientes de estaciones ubicadas en municipios vecinos. Históricamente, Rivera tuvo una estación pluviométrica activa entre 1971 y 1983, cuya suspensión evidencia la necesidad de fortalecer la red de monitoreo climático local, con el fin de obtener registros integrales y actualizados que respalden la planificación ambiental y la gestión del riesgo.

Tabla 7.5: Estaciones ubicadas en el municipio de Rivera

CATÁLOGO NACIONAL DE ESTACIONES						
ESTACIÓN	**CÓDIGO**	**CATEGORÍA**	**LONGITUD**	**LATITUD**	**ALTITUD (m.s.n.m.)**	**ESTADO**
El Guadual	21110440	Pluviométrica	-75.24	2.8	735	Activa
Las Juntas	21117170	Limnimétrica	-75.22	2.77	970	Activa
Las Juntas	2111700183	Limnimétrica	-75.21	2.76	1049	Activa
Cucolandia	21110210	Pluviométrica	-75.23	2.77	600	Suspendida en el año 1983

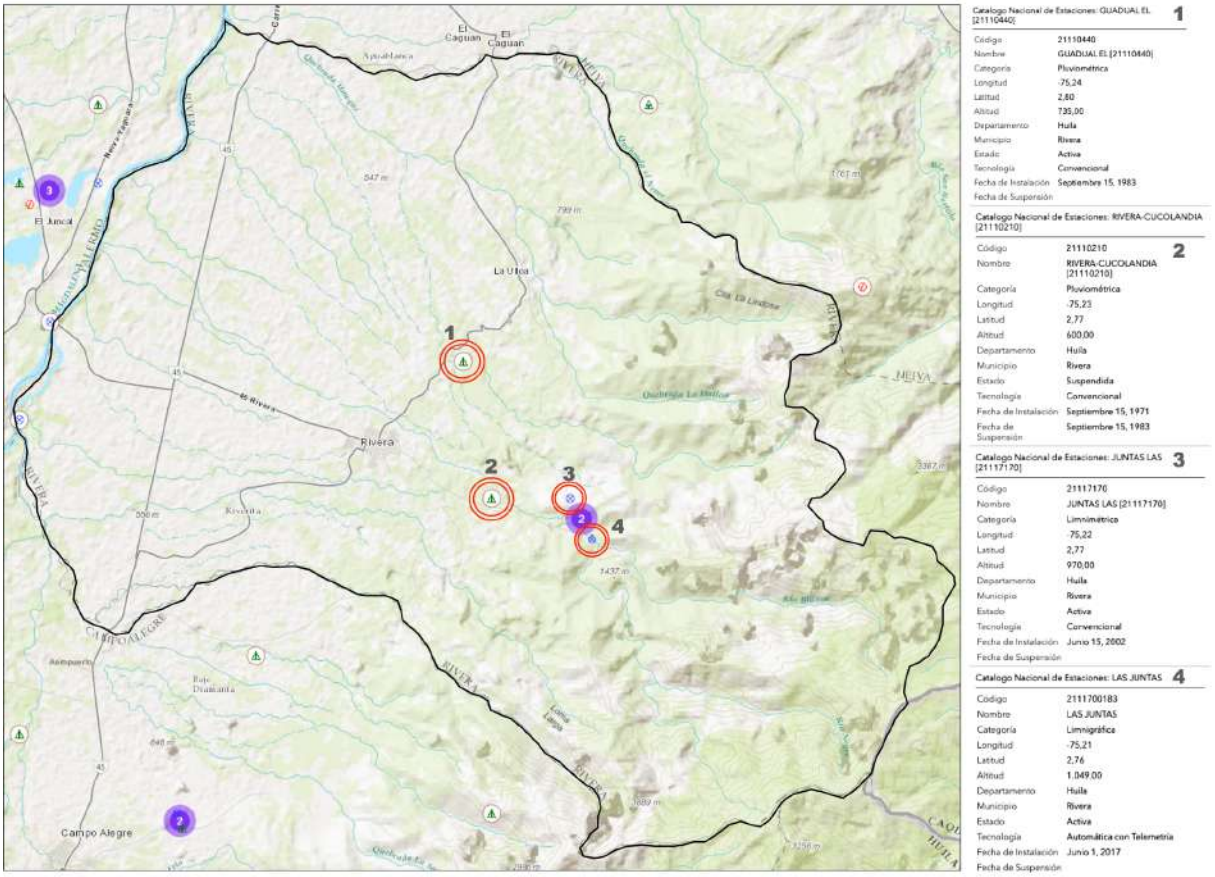


Figura 7.12: Mapa - Ubicación de las estaciones climatologícas ubicadas en Rivera

Fuente: Geoportal - IDEAM

Según el PBOT, el municipio de Rivera presenta una humedad relativa promedio entre el 70% y 75%, con una distribución del brillo solar que varía según la altitud: entre 1700 y 2100 horas/año en las zonas media y baja, y entre 1300 y 1700 horas/año en la parte alta.

En cuanto a la velocidad del viento, se registran valores de 2,5 a 3 m/seg en el costado suroccidental; de 2 a 2,5 m/seg en las zonas cercanas al casco urbano, el valle del río Magdalena y el flanco de la cordillera Oriental; y de 1,5 a 2,0 m/seg en los

límites con el municipio de Neiva.

Estos parámetros climáticos son clave para entender la dinámica ambiental del territorio y resultan fundamentales en la planificación de actividades agrícolas, turísticas y de conservación en Rivera.

- **Geología**

El municipio de Rivera presenta una geología compleja dominada por sedimentitas del Paleozoico, Cretáceo, Terciario y Cuaternario, así como por plutonitas del Triásico-Jurásico, dentro de dos grandes dominios tectónicos: el flanco occidental de la Cordillera Oriental, caracterizado por una estructura plegada y cabalgante con fallas inversas que buzan al oriente, y el Valle del río Magdalena, donde predominan pliegues suaves y fallas locales. Las principales estructuras tectónicas incluyen la Falla de Caguán–Suaza (o Falla de Algeciras), una falla de cabalgamiento inferida que actúa como conducto hidrotermal, y la Falla de Potrerillos, que delimita el valle del río Magdalena con la Cordillera Oriental, atravesando rocas cretácicas y neógenas, y evidenciando una gran complejidad estructural.

Estas unidades y estructuras geológicas son fundamentales para la interpretación de la dinámica tectónica regional, la geomorfología, el comportamiento hidrogeológico y la planificación del uso del suelo en Rivera.

Tabla 7.6: Unidades Geológicas presentes en el Municipio de Rivera

PERIODO GEOLÓGICO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	ÁREA (Has)
Mesozoico	Js	Formación Saldaña	51.78
	Jal	Monzogranito de Algeciras	10,276.69
	Kc	Formación Caballos	34.15
	Kh-Kl	Formación Hondita-Loma Gorda	20.14
	Ko-Kt	Grupo Olini-Formación La Tabla	29.68
Cenozoico	Pgp	Formación Palermo	35.96
	Nhg	Grupo Honda	266.37
	NgQgi	Formación Gigante	89.03
	Qaa3	Abanicos Antiguos Poco Disectados	11,518.39
	Qal	Depósitos Aluviales	2,160.74
	Qar	Abanicos Recientes	89.83
	Qc	Depósitos Coluviales	28.9
	Qt	Terrazas Recientes	539.9

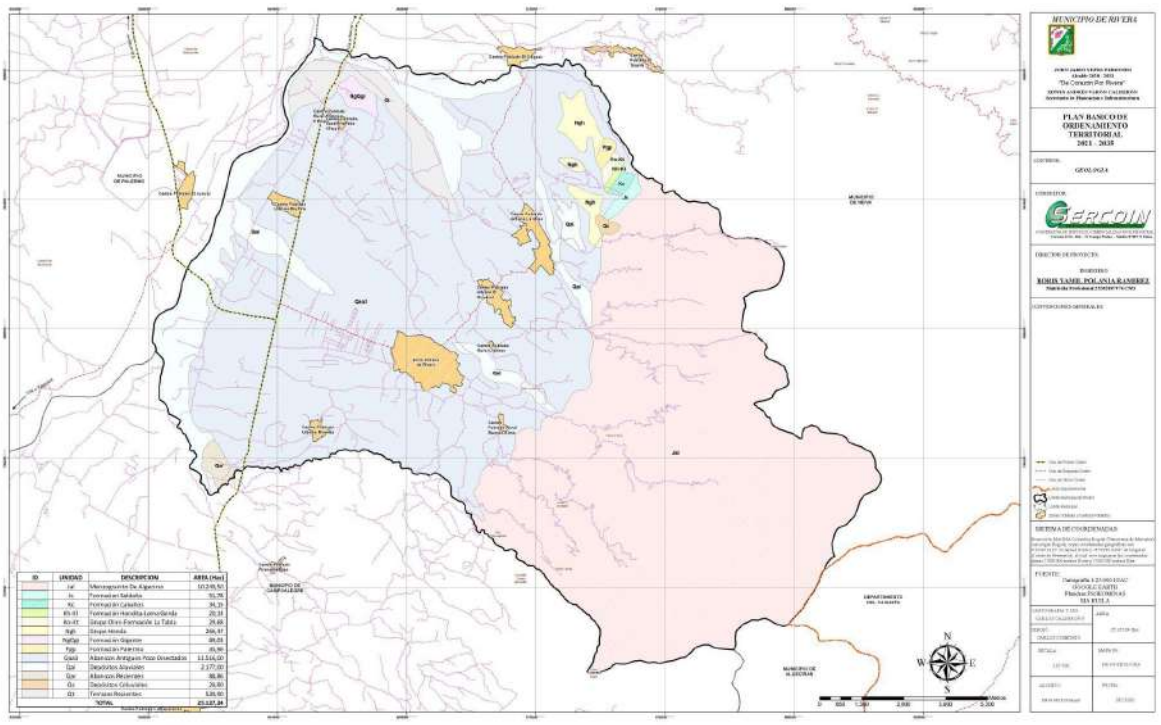


Figura 7.13: Mapa - Geología del municipio de Rivera

Fuente: PBOT del municipio de Rivera

▪ Hidrogeología

El análisis hidrogeológico del municipio de Rivera se basa en la caracterización de las formaciones geológicas según su permeabilidad, clasificándolas en formaciones permeables —compuestas principalmente por areniscas, gravas y conglomerados con alta capacidad de almacenamiento y conducción de agua—, y formaciones poco permeables o impermeables, como arcillas y lutitas, que restringen significativamente el flujo hídrico.

Esta diferenciación permite evaluar la disponibilidad de recursos subterráneos y planificar su aprovechamiento sostenible. Aunque las formaciones permeables son las más relevantes desde el punto de vista hidrogeológico, se presume la existencia de acuíferos cautivos más profundos cuya exploración requiere estudios geofísicos.

Actualmente, la dirección del flujo subterráneo en Rivera no está determinada debido a la falta de una red piezométrica adecuada, lo que impide establecer con certeza la interacción entre los cursos de agua superficiales y los acuíferos. Esta situación resalta la importancia de fortalecer los estudios hidrogeológicos para una adecuada gestión del recurso hídrico en el municipio.

Tabla 7.7: Unidades Geológicas presentes en el Municipio de Rivera

Formación Geológica	Edad	Litología	Características Hidrogeológicas				
			Formacione s Permeables (A)		Formaciones Poco Permeables o Impermeables (B)		
			A-1	A-2	B-1	B-2	B-3
Depósitos de Abanicos Aluviales (Qar)	Cuaternario	Gravas, Arenas y Limos	■				
Grupo Honda (NgH)	Terciario	Arenisca Conglomerática Fluviolacustre		■			
Formación Seca (Kgps) y Chicoral	Terciario	Intercalación de Arcillolitas y Arenisca			■		
Formación Caballos (Kc)	Cretácico	Arenisca Cuarzosa con Estratificación Cruzada y Lutitas Grises					
Monzogranito de Algeciras (Jal)	Jurásico	Cuarzo Monzodioritas con Clinopiroxeno					■

(A- 1) Acuíferos generalmente extensos, muy permeables y productivos.

(A-2) Acuíferos extensos, discontinuos y locales de permeabilidad y producción moderadamente altos aunque puntualmente pueden ser elevados.

(B-1) Formaciones generalmente extensas e impermeables.

(B-2) Formaciones generalmente impermeables o de muy baja permeabilidad que pueden albergar acuíferos superficiales por alteración o fisuración en general poco extensos y de baja productividad.

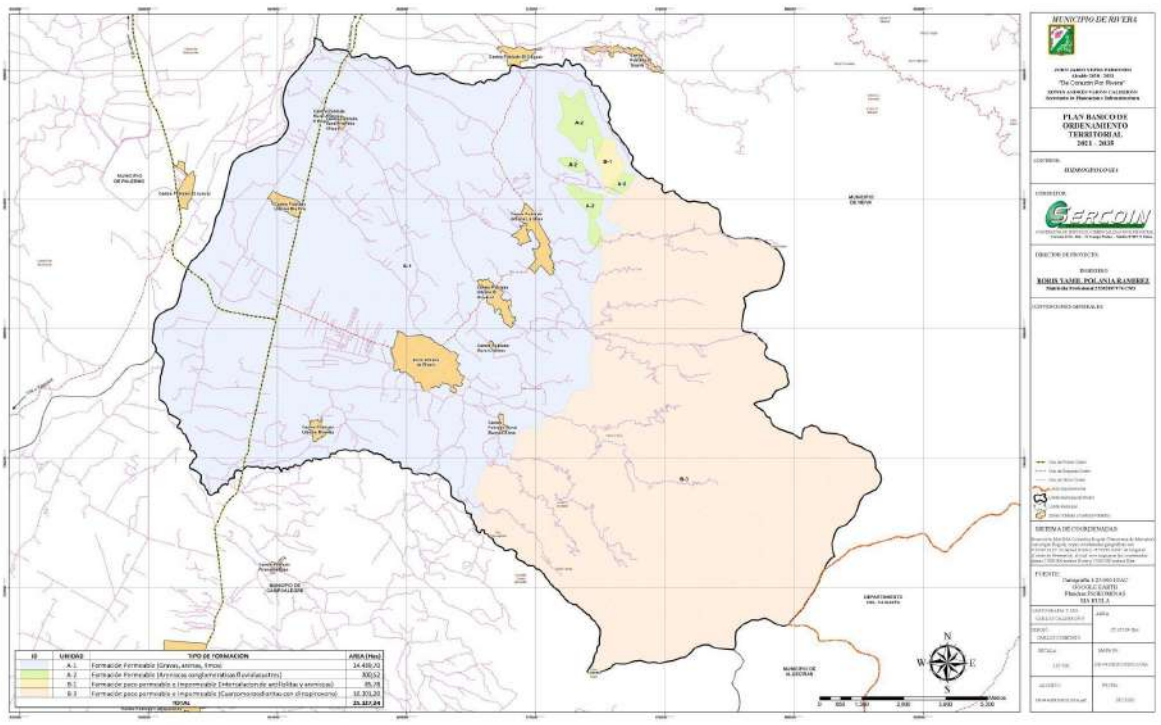


Figura 7.14: Mapa - Hidrogeología del municipio de Rivera

Fuente: PBOT del municipio de Rivera

- **Hidrografía**

El municipio de Rivera presenta una red hidrográfica compleja y estratégica, conformada por los ríos Frío, Neiva y Magdalena, así como por múltiples quebradas, arroyos y 18 microcuencas, cuya distribución se agrupa principalmente en torno al río Neiva, el río Magdalena y la quebrada Arenoso.

Además, el territorio alberga 181 cuerpos de agua (lagos, lagunas, humedales y reservorios), en su mayoría artificiales, destinados a actividades como el abastecimiento, la piscicultura y el paisaje. La cuenca hidrográfica más relevante es la del río Frío, la cual nace en el Parque Natural Regional (PNR) Siberia-Ceibas y abastece el acueducto del municipio, recibiendo también aguas residuales del sistema de alcantarillado. Esta cuenca ha sido objeto de planificación mediante la Resolución 3071 de 2018, que implementa el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), estableciendo directrices para el uso sostenible del agua, delimitación, zonificación y conservación de la cuenca.

La red hídrica de Rivera es esencial no solo para el consumo humano y la producción agrícola, sino también para la biodiversidad local, el turismo y el equilibrio ecológico, siendo fundamental su conservación a largo plazo.

Tabla 7.8: Cuencas y microcuencas del municipio de Rivera

CUENCA	MICROCUENCA	ÁREA (Ha)
Afluentes del Río Neiva	Quebrada Rivera	857.64
	Quebrada La pedregosa	571.86
	Afluentes Directos al Río Neiva	239.93
Afluentes del Río Magdalena	Quebrada Albadán	2,382.42
	Quebrada La Manga	857.71
	Río Frío	6,222.51
	Quebrada Tortugas	455.96
	Quebrada El Igúa	1,297.66
	Quebrada El Danzante	954.69
	Quebrada La Dominga	541.66
	Quebrada El Dinde	871.62
	Quebrada El Salado	294.48
	Quebrada el Piñal	588.71
	Quebrada medina	6,463.44
	Afluentes Directos al Río Magdalena	341.61
	Quebrada El jagual	1,047.33
	Quebrada El Neme	241.4
Afluentes de la Quebrada Arenoso	Quebrada Arenoso	910.9
	TOTAL	**25,141.53**

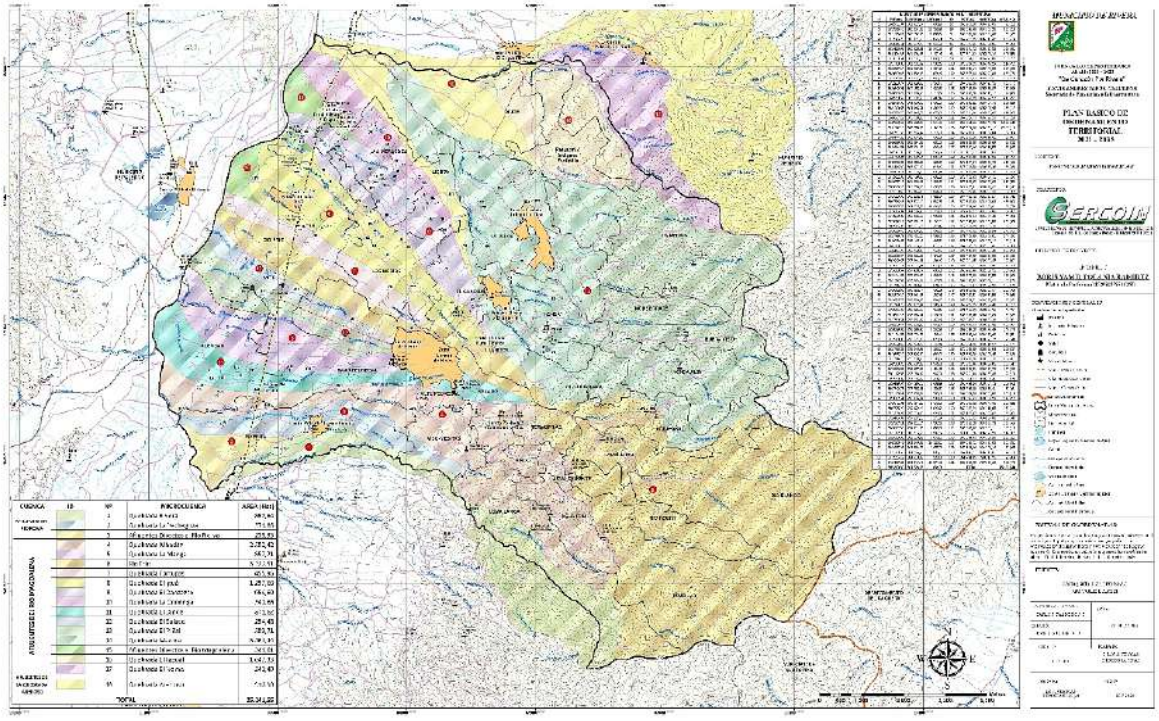


Figura 7.15: Mapa - Cuencas Hidrográficas del municipio de Rivera

Fuente: PBOT del municipio de Rivera

- **Ecosistemas**

El municipio de Rivera presenta una notable diversidad de ecosistemas que incluyen desde el bosque seco tropical hasta el bosque muy húmedo montano bajo, los cuales son esenciales para la conservación de la biodiversidad y el suministro de servicios ecosistémicos clave. El bosque seco tropical, que ocupa el 56,07 % del territorio, es el más extenso y vulnerable, amenazado por la urbanización, la deforestación, los incendios y el cambio climático, pese a su alto valor ecológico. El bosque húmedo premontano (17,45 %) y el bosque muy húmedo premontano (16,38 %) actúan como corredores biológicos y reguladores del ciclo hídrico, aunque enfrentan una fuerte presión por actividades agrícolas, urbanización y ganadería. El bosque muy húmedo montano bajo (10,11 %) también cumple un papel clave en la regulación hidrológica y alberga una alta diversidad florística, pero igualmente sufre impactos antrópicos. La protección y gestión sostenible de estos ecosistemas es prioritaria para garantizar el equilibrio ambiental, el abastecimiento de recursos naturales y el bienestar de las generaciones presentes y futuras en Rivera.

Tabla 7.9: Tipos de bosque presentes en el Municipio de Rivera

Unidad	Descripción	Temperatura ºc	Altitud msnm	Precipitación mm/año	Area (Ha)	%
bs-T	Bosque Seco Tropical	24-36	>1000	1000	14,095.72	56.1
bh-PM	Bosque Húmedo Premontano	18-24	1000-2000	1000-2000	4,386.37	17.5
bmh-PM	Bosque muy Húmedo Premontano	18-24	1000-2000	2000-4000	4,117.74	16.4
bmh-MB	Bosque Muy Humedo Montano Bajo	12-18	2000-3000	2000-4000	2,541.71	10.1
				Total	**25,141.54**	**100**

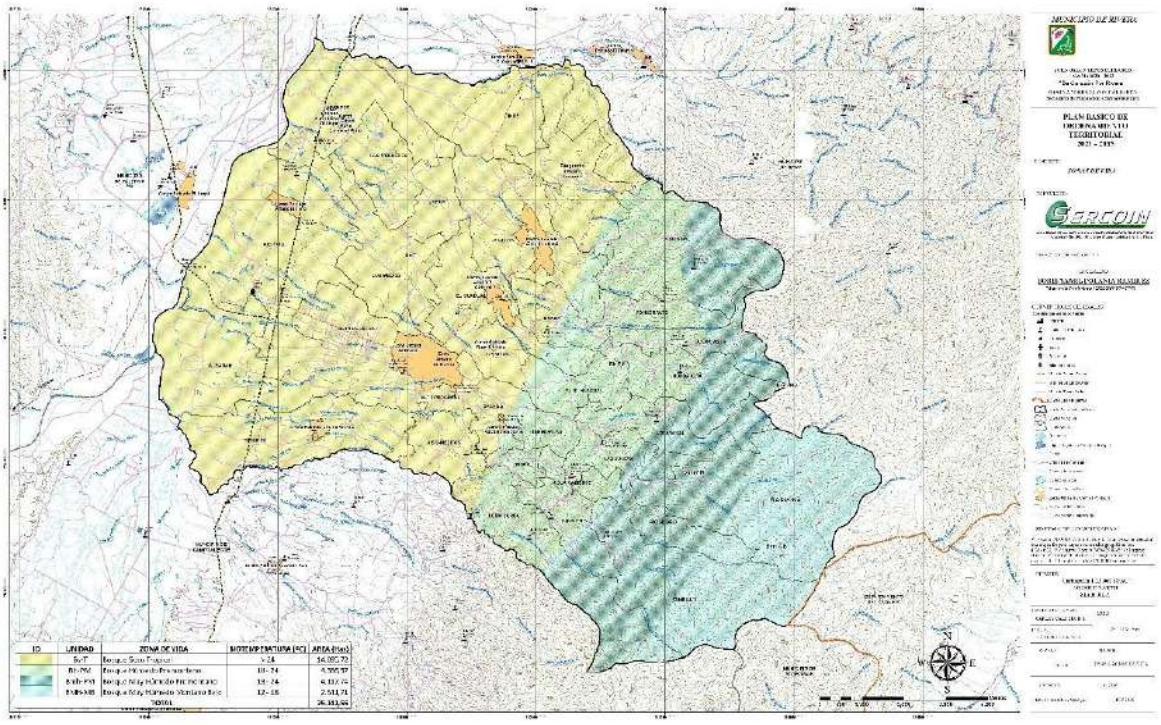


Figura 7.16: Mapa - Distribución de los ecosistemas presentes en el Municipio de Rivera

Fuente: PBOT del municipio de Rivera

- **Áreas protegidas y zonas de conservación**

El municipio de Rivera cuenta con importantes áreas protegidas de orden nacional y departamental, entre las que se destacan el Parque Natural Regional La Siberia–Ceibas y la Reserva Forestal de la Amazonia (Ley 2 de 1959). Estas zonas poseen un alto valor ecosistémico por su función en la conservación de la biodiversidad y del recurso hídrico, albergando especies de flora y fauna significativas.

Su presencia tiene un impacto estratégico en la protección de los recursos naturales del municipio y en la promoción de un modelo de desarrollo sostenible que garantice la integridad ambiental del territorio.

Tabla 7.10: Áreas protegidas y de conservación y ecosistemas estratégicos del Municipio de Rivera

ÁREA PROTEGIDA	ÁREA (Ha)	%
Reserva Forestal de la Amazonia (Ley 2 de 1959)	11,784.71	47.08%
Parque Natural Regional Siberia Ceibas	2,496.60	9.94%
Complejo de páramos de los Picachos CE-LP-PIC-03	288.88	1.15%
Presencia de ecosistema de bosque seco tropical	383.71	2,5%
46 predios adquiridos para conservación	1,152.00	4,5%
Parque Natural Municipal	NO TIENE	
2 reservas de la sociedad civil	La Esperanza, vereda Alto Guadual Villa Stefany, vereda Termopilas	

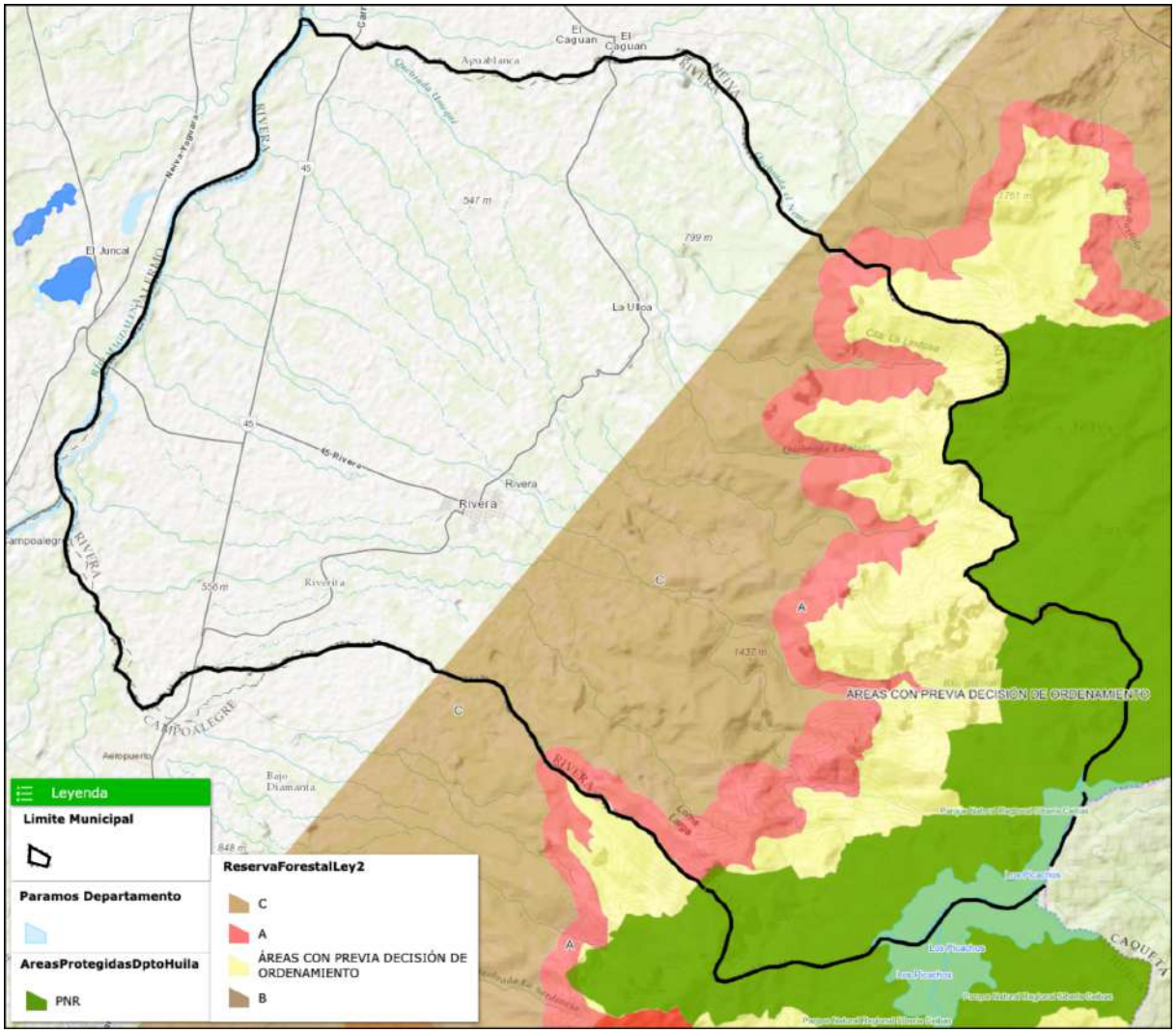


Figura 7.17: Mapa - Áreas protegidas y zonas de conservación del municipio de Rivera

Fuente: PBOT del municipio de Rivera

7.3.1. Zona Rural

El territorio rural del municipio de Rivera presenta una compleja interacción geomorfológica que lo hace altamente susceptible a fenómenos naturales como inundaciones, deslizamientos, flujos de detritos, erosión y formación de cárcavas. A continuación, se sintetizan las amenazas identificadas por tipología y localización:

- Amenaza por Inundación

Las amenazas por inundaciones se concentran principalmente en depresiones topográficas, cubetas y valles aluviales, especialmente en sectores aledaños a los ríos Frío, Arenoso, Los Medios y Albadán. Estas zonas presentan riesgo de anegamiento

durante eventos de lluvias intensas, afectando cultivos, vías rurales y viviendas dispersas.

- Amenaza por Movimientos en masa

Los flujos de terrosos o detritos se manifiestan en los valles aluviales de varias corrientes importantes, entre ellas el rio Frio y las Quebradas la Honda, La Mediana y Arenoso. Estas dinámicas generan transporte de materiales inestables, afectando caminos veredales, zonas agrícolas y poniendo en riesgo a pobladores cercanos, también presentan pérdida de suelo fértil, degradación de coberturas vegetales y riesgo para actividades agrícolas.

También, se identifico procesos de erosión en las veredas de La Medina, El Guadual, Llanitos, Honda Alta, Arrayanal, Río Blanco, Río Negro, Aguas Calientes, El Tambillo y Loma Larga.

También, formación de terrazas en las veredas de La Medina, Buena Vista, Alto Guadual, Termópilas, El Pindo, Honda Alta, Arrayanal, Río Blanco, Río Negro y Agua Fría.

Las coronas de deslizamiento se localizan principalmente en sectores de ladera media y alta, incluyendo las veredas de La Ulloa, La Media, Monserrate, La Honda, Honda Alta, Guadual, Alto Guadual, Termópilas, Arrayanal, Río Negro, Loma Larga y El Tambillo.

Igualmente, se ha evidenciado formación de cárcavas (erosión lineal profunda) de forma generalizada en toda la vertiente, la cual genera un riesgo severo para la estabilidad de laderas y redes de conectividad rural, así como para el equilibrio de sistemas productivos, con mayor intensidad en las veredas de La Honda, La Medina, La Ulloa, Río Negro y Río Blanco.

7.4. Plan de desarrollo del municipio de Rivera periodo 2024 - 2027

El Plan de Desarrollo del Municipio de Rivera 2024-2027 está orientado a mejorar la calidad de vida de los habitantes, fomentar el desarrollo económico y fortalecer la infraestructura local. Este plan ha sido diseñado con la participación activa de organizaciones comunitarias y autoridades locales, priorizando proyectos clave que buscan mejorar la infraestructura vial y fortalecer los servicios básicos, aspectos esenciales para garantizar el bienestar de la comunidad.

Además, el plan destaca la importancia de la gestión integral de los recursos, con el objetivo de impulsar proyectos que mejoren la infraestructura hídrica y vial. Para ello, se propone la protección de márgenes hídricos y cauces, así como el fortalecimiento de los sistemas de drenaje, con el fin de mejorar las condiciones generales del territorio. También se plantea la necesidad de optimizar la planificación territorial, de modo que se tomen en cuenta factores claves en el desarrollo urbano y rural.

Dentro de las estrategias del plan de desarrollo, se destaca:

- Fortalecer el sistema de alertas para generar datos e información sobre el comportamiento de los fenómenos amenazantes, la vulnerabilidad y la dinámica de las condiciones de riesgo en el territorio
- Fortalecer los organismos de gestión integral del riesgo, como bomberos y defensa civil.

TEMATICA PROGRAMATICA 3: GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y EMERGENCIAS SECTOR DE INVERSIÓN: 45 - GOBIERNO TERRITORIAL

PROGRAMA DE INVERSION: 4503 - GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y EMERGENCIAS Orientado a fortalecer la gestión del riesgo ante eventos de origen natural o antrópico, dotación a los cuerpos de apoyo a emergencias encargados de la atención a desastres al interior de las Entidades Territoriales y gestión de emergencias ante calamidad pública.

Finalmente, el plan subraya la importancia del apoyo gubernamental y de recursos internacionales para la ejecución de los proyectos, dado que los recursos locales pueden ser limitados. Las acciones del plan están alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), lo que promueve un enfoque integral y sostenible para garantizar un desarrollo más equitativo y resiliente en el municipio de Rivera (2024).

Donde se presentan las acciones a ejecutar en el marco del Plan Básico de Ordenamiento Territorial:

Tabla 7.11: Acciones a ejecutar en el marco del Plan Básico de Ordenamiento Territorial

					PERIODO DE EJECUCIÓN		
					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
TEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	ACCIÓN	UBICACIÓN VEREDA/BARRIO	UNIDAD	CANTIDAD	2021-2027	2028-2031	2032-2035
Amenazas y Riesgos	Reubicación de viviendas zona rural	Agua Caliente, Arrayanal, El Guadual, El Salado, La Ulloa, Las Juntas	Unidad	9	9		

7.5. Plan departamental de preparación y respuesta ante posibles emergencias por el fenómeno la niña año 2024 - 2025

Este informe tiene como objetivo establecer las acciones estratégicas y operativas necesarias para mejorar la efectividad y coordinación de la respuesta interinstitucional ante emergencias ocasionadas por el fenómeno de La Niña durante el periodo 2024 - 2025 en el departamento del Huila.

En este contexto, en el informe en mención se identifica la necesidad de fortalecer las capacidades locales, especialmente en los municipios más susceptibles a fenómenos climáticos extremos, mediante la implementación de planes de contingencia, la dotación de recursos, y la capacitación del personal de primera respuesta. Las acciones se enmarcan en el enfoque de gestión del riesgo de desastres, priorizando la prevención y respuesta rápida y efectiva.

En el capitulo 2 nos dan las caracteristicas del municipio identificándo las principales amenazas hidroclimáticas identificadas son la inundación, asociada a terrenos planos con pendientes entre 0 y 12°, especialmente en márgenes de quebradas, cambios de cauce y zonas con infraestructura hidráulica deficiente, y las avenidas torrenciales, caracterizadas por flujos mixtos de agua y material sólido, cuya ocurrencia y magnitud están determinadas por la intensidad de la lluvia, presentándose principalmente en el cauce del río Frío.

También, nos presentan los sitios críticos del departamento denotando sitios que han sufrido eventos geomorfológicos o hidrometeorológicos tales como movimientos en masa, avenidas torrenciales, inundaciones, socavación de ríos y quebradas, agrietamientos e inestabilidad de laderas. Con respecto a los sitios de interés de este contrato se identificó que la CAM ha dado asesoría y asistencia técnica para afrontar emergencias generadas por el incremento de las precipitaciones entre 2011 - 2024 donde se identificó sitios de interés dentro del área de estudio y el tipo de emergencia como se muestra a continuación.

Tabla 7.12: Municipios que recibieron asesoría y asistencia técnica para afrontar emergencias generadas el incremento de las precipitaciones 2011 - 2024

No	MUNICIPIO	VEREDA O SECTOR	EVENTO - EMERGENCIA			TIPO DE VISITA	
			Remoción en Masa	Avenida Torrencial	Inundación	Diagnóstico	Seguimien
54	RIVERA	El Salado (Sector Termales)	X	X		X	
55	RIVERA	Termales de Comfamiliar, Los Ángeles, Guaimaros y Tienda Montañera.		X	X	X	
186	RIVERA	Balnearios Termales de Comfamiliar, Los Ángeles, Guaimaros y Tienda Montañera		X	X	X	
187	RIVERA	Zona de Termales	X	X	X		X
188	RIVERA	Termales de Rivera			X	X	
220	RIVERA	Termales Municipio, Confamiliar y Los Angeles.	X	X	X		X

Es el sector evaluado ha mostrado recurrencia Alta de eventos durante épocas de aumento de lluvias, con un mínimo de cinco años de recurrencia. Entre estos municipios, se destacan Garzón, Algeciras, la Argentina, Timaná, Neiva, La Plata, Pitalito, Palestina, San Agustín, Villavieja, Oporapa, Isnos, Colombia, Tello, Palermo, Santa María y Rivera Huila (2024).

7.6. Plan Municipal De Preparación, Prevención y Respuesta Ante Emergencias – Primera Temporada Menos Lluvia 2025

El presente análisis se basa en el “Plan Municipal de Preparación, Prevención y Respuesta ante Emergencias – Primera Temporada de Menos Lluvias 2025”, elaborado por el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) del municipio de Rivera, Huila, bajo la coordinación de la Administración Municipal liderada por el alcalde Luis Humberto Alvarado Guzmán, y con la participación técnica de la Secretaría de Planeación, Territorio e Infraestructura, dirigida por el ingeniero Yeison Charry Díaz.

Este informe tiene como finalidad establecer lineamientos y acciones interinstitucionales para la atención y mitigación de emergencias relacionadas con fenómenos naturales recurrentes en la región, como inundaciones, avenidas torrenciales y remociones en masa, especialmente en el marco de la temporada climática de lluvias del año 2025 y la posible influencia del Fenómeno de La Niña. Asimismo, busca fortalecer la capacidad de respuesta del municipio, mediante la identificación de escenarios de riesgo, la planificación preventiva y la articulación institucional.

7.6.1. Escenarios de Riesgo Identificados en el municipio de Rivera

- **Inundaciones (pág. 10)**

Las inundaciones en el municipio de Rivera son catalogadas como amenazas recurrentes, producto de lluvias persistentes y la falta de un sistema de alcantarillado pluvial. Estas se generan cuando los sistemas de desagüe colapsan, lo que provoca el desbordamiento de canales y la entrada de aguas servidas a las viviendas, como ocurrió en febrero de 2021 en el barrio Chapinero. En esta ocasión, las aguas lluvias provenientes del caño “Lava Patas” inundaron las viviendas por causa de intervenciones urbanísticas que afectaron el flujo normal del agua.

- **Avenidas Torrenciales / Crecientes Súbitas (págs. 10-11)**

Estas ocurren principalmente en zonas de ladera de alta pendiente, con cauces estrechos, y arrastran grandes volúmenes de agua y material sólido. El municipio ha sido afectado por múltiples eventos: en 2003 y 2010 se presentaron avalanchas en las quebradas El Piñal y Agua Caliente, mientras que en febrero de 2017 y marzo de 2021, crecientes súbitas afectaron a las quebradas y ríos Frío, Arenoso, El Guadual, entre otros. El evento del 1 de marzo de 2021 es especialmente relevante por su magnitud y efectos sobre puentes, acueductos y vías.

- **Remoción en Masa / Deslizamientos (págs. 11-12)**

Las remociones en masa están fuertemente asociadas a la deforestación, especialmente en zonas montañosas del municipio. El fenómeno afecta la captación de agua potable, la infraestructura vial y educativa. Las veredas identificadas como más vulnerables son: Loma Larga, Agua Caliente, Agua Fría, El Tambillo, Río Negro, Río Blanco, Las Juntas, Arrayanal, Honda Alta, Monserrate, Buenavista y La Medina.

7.6.2. Escenarios de Riesgo Identificados directamente en el Área de estudio

El área de estudio, descrita en el capítulo de localización, abarca las veredas Agua Fría, Agua Caliente, El Pindo, Termópilas y El Salado, así como los afluentes Quebrada Aguas Calientes, El Piñal y El Salado, junto con la presencia de sitios turísticos termales, todos ubicados en el municipio de Rivera, Huila. Estas zonas son señaladas de forma específica en el Plan Municipal de Contingencia para la Primera Temporada de Menos Lluvias – 2025, lo que permite una aproximación directa a los escenarios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo presentes en el territorio.

La mención puntual de estos sectores dentro del documento evidencia su importancia dentro del análisis municipal del riesgo, tanto por los antecedentes históricos de eventos adversos como por las condiciones actuales de exposición y fragilidad. Esta información se convierte, por tanto, en una base fundamental para orientar las acciones de diagnóstico y delimitación que conforman el presente estudio.

Además, dentro del área de estudio se destacan sitios turísticos termales localizados en la vereda Agua Caliente, tales como Termales Los Ángeles, Termales de Comfamiliar, Termales Municipales y el Balneario Los Guáimaros, los cuales han sido históricamente afectados por eventos como crecientes súbitas y remociones en masa. Estos elementos refuerzan la necesidad de priorizar esta zona, tanto por su valor económico y social, como por su alta exposición a amenazas naturales.

- **Vereda Agua Fría**

Identificada como zona crítica por deslizamientos de tierra y afectación en vías veredales. Se ha requerido movimiento de tierra con maquinaria para mitigar los riesgos (pág. 18).

También figura como sitio de infraestructura educativa vulnerable, con afectaciones al Centro Educativo Agua Fría por remociones en masa (pág. 14).

- **Vereda Agua Caliente**

Es una de las zonas más afectadas históricamente por avenidas torrenciales. El 6 de diciembre de 2003 y el 30 de diciembre de 2010 se registraron eventos severos que afectaron infraestructura turística y vial en esta quebrada y sus alrededores (pág. 12).

También está clasificada como zona crítica por deslizamientos, con afectación en vías y necesidad de intervención durante todo el año (pág. 18).

- **Vereda El Salado**

Reportada como zona de riesgo por inundaciones causadas por crecientes. Específicamente afectada por eventos asociados a la Quebrada Agua Caliente y El Piñal (pág. 11).

- **Vereda Termópilas**

Se menciona un evento trágico ocurrido en el sector conocido como “La Batea”, entre las veredas Termópilas y Alto Guadual, donde un vehículo fue arrastrado por una creciente súbita, causando la muerte de tres personas (pág. 12).

También se identifica el área de los sitios turísticos termales como vulnerables a inundaciones (pág. 11).

- **Vereda El Pindo**

Aunque no se detallan afectaciones específicas en el cuerpo del documento, sí aparece en el listado de presidentes de Juntas de Acción Comunal como una vereda activa dentro del sistema de comunicaciones de emergencias (pág. 34).

- **Quebrada Aguas Calientes**

Se menciona como afluente crítico y escenario frecuente de avalanchas y crecientes súbitas, particularmente en la zona de los sitios turísticos termales (pág. 11-12).

- **Termales**

En el informe se identifica que dentro de la microcuenca de la Quebrada Agua Caliente, ubicada en la vereda del mismo nombre, se encuentran varios centros turísticos termales que han sido afectados históricamente por avalanchas y crecientes súbitas. En especial se mencionan los siguientes:

- Termales Los Ángeles
- Termales de Comfamiliar
- Termales Municipales
- Balneario Los Guáimaros

Estos sitios fueron afectados durante eventos ocurridos el 30 de diciembre de 2010, cuando una creciente generó daños en la infraestructura turística, así como afectaciones a la zona vial y viviendas cercanas.

7.7. Diagnostico Ambiental – Sector Termales (Municipio De Rivera)

Mediante la revisión del Informe de Diagnóstico Ambiental del sector de Termales, se presentan los antecedentes de registros históricos relacionados con eventos de avenidas torrenciales y deslizamientos que han afectado esta zona en cuestión (Ver Figura 7.18).

Tabla 7.13: Antecedentes Sector Termales

FECHA	EVENTO	LUGAR	FUENTE	OBSERVACIONES	MUERTOS
1999-03-20	Inundación	Zona urbana y rural. Veredas Las Juntas, Rionegro, Aguacaliente, Rioblanco, El Tambillo, La Medina, Monserrate, El Guadual, Los Medios, Alto Guadual, Termopilas, Llanitos, Arrayanal, Agua Fría, Arenoso, Río Frío, Honda	CREPADH	Pérdida de 1 068 Hectáreas de cultivos. Desbordamiento del río Frio.	**0**
2003-12-06	Inundación		CREPADH		**1**
2010-12-31	Inundación	Microcuencas El Piñal, El Salado y Aguascalientes	CREPADH	Daños en instalaciones turísticas (balneario Guaímaro y Termales del Municipio de Rivera y de Comfamiliar).	**0**

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

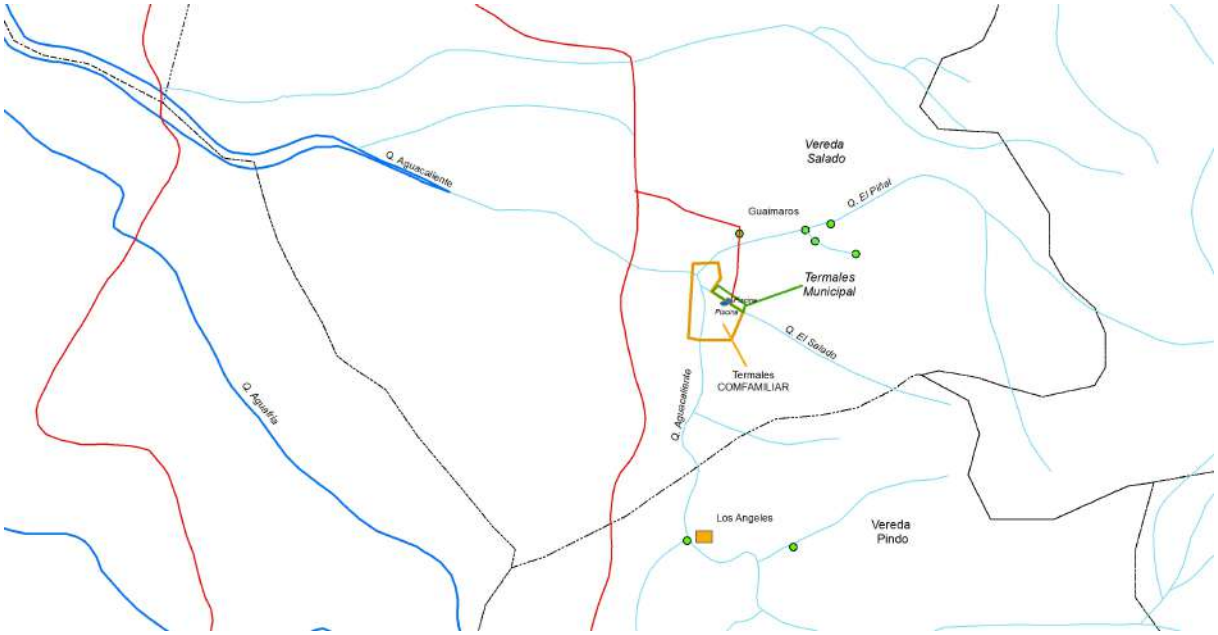


Figura 7.18: Sector Termales de Rivera

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

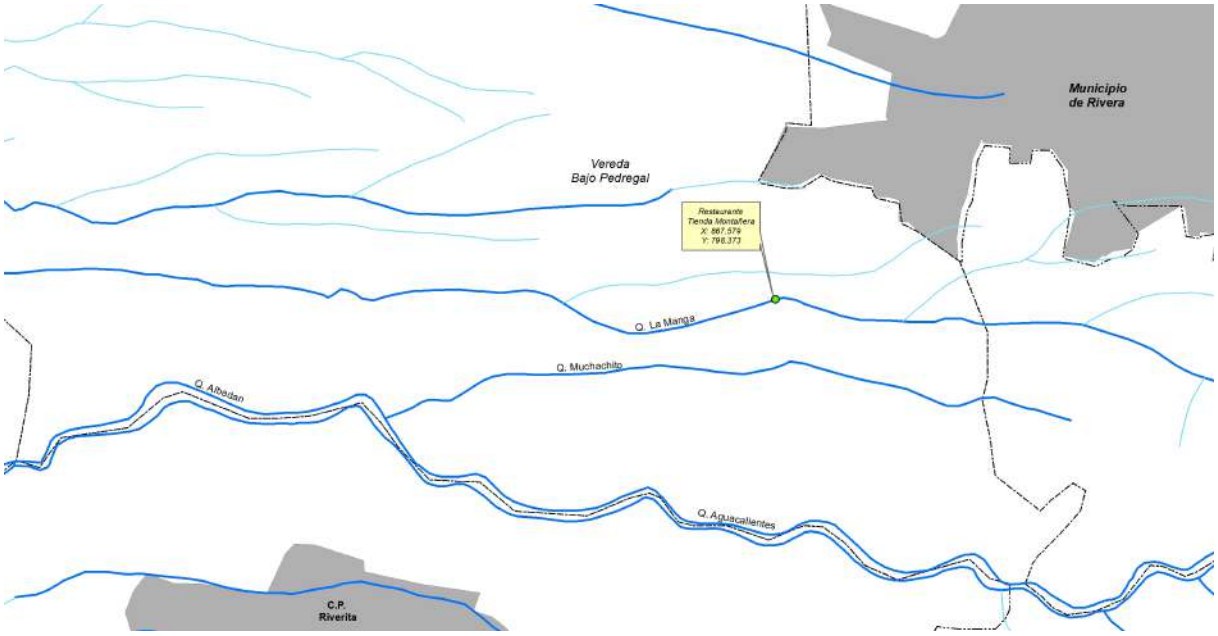


Figura 7.19: Sector Tienda Montañera

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

7.7.1. Usos del Suelo, Geología y Geomorfología

Según el Diagnóstico Ambiental del sector de Termales, los usos del suelo en Rivera están condicionados por la litología, la topografía y las características geomorfológicas del piedemonte occidental de la Cordillera Oriental y del abanico aluvial de Rivera. En el piedemonte predominan actividades de ganadería, cultivos y turismo asociado a los balnearios de termales, mientras que en el abanico aluvial y el valle del Magdalena se desarrollan principalmente la agricultura (arroz y parcelas agropecuarias) y la explotación de materiales de río, esto se evidencia en la siguientes imágenes.



Figura 7.20: Fotografía panorámica - Zonas de Geomorfología y Susceptibilidad a la Erosión y Deslizamientos del Sector de los Termales Rivera

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.21: Fotografía panorámica - Zonas de Geomorfología y Susceptibilidad a la Erosión y Deslizamientos del Sector de los Termales Rivera

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.22: Fotografía panorámica - Zonas de Geomorfología y Susceptibilidad a la Erosión y Deslizamientos del Sector de los Termales Rivera

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

En el sector de Termales, las condiciones de meteorización de las rocas ígneas se ven intensificadas por la presencia de una falla de cabalgamiento y de flujos hidrotermales. Estos últimos, debido a su composición química y temperatura, aceleran los procesos de alteración, siendo las fuentes termales de uso turístico su manifestación más evidente.

7.7.2. Características Hidrológicas Del Sector

Las microcuencas de la zona presentan variaciones en sus pendientes longitudinales asociadas a controles estructurales (fallas), lo que favorece dinámicas de flujos y avenidas torrenciales. Estas condiciones representan una amenaza significativa y un alto riesgo, especialmente en los sectores intervenidos por infraestructura turística y recreativa, como los termales y la Tienda Montañera.

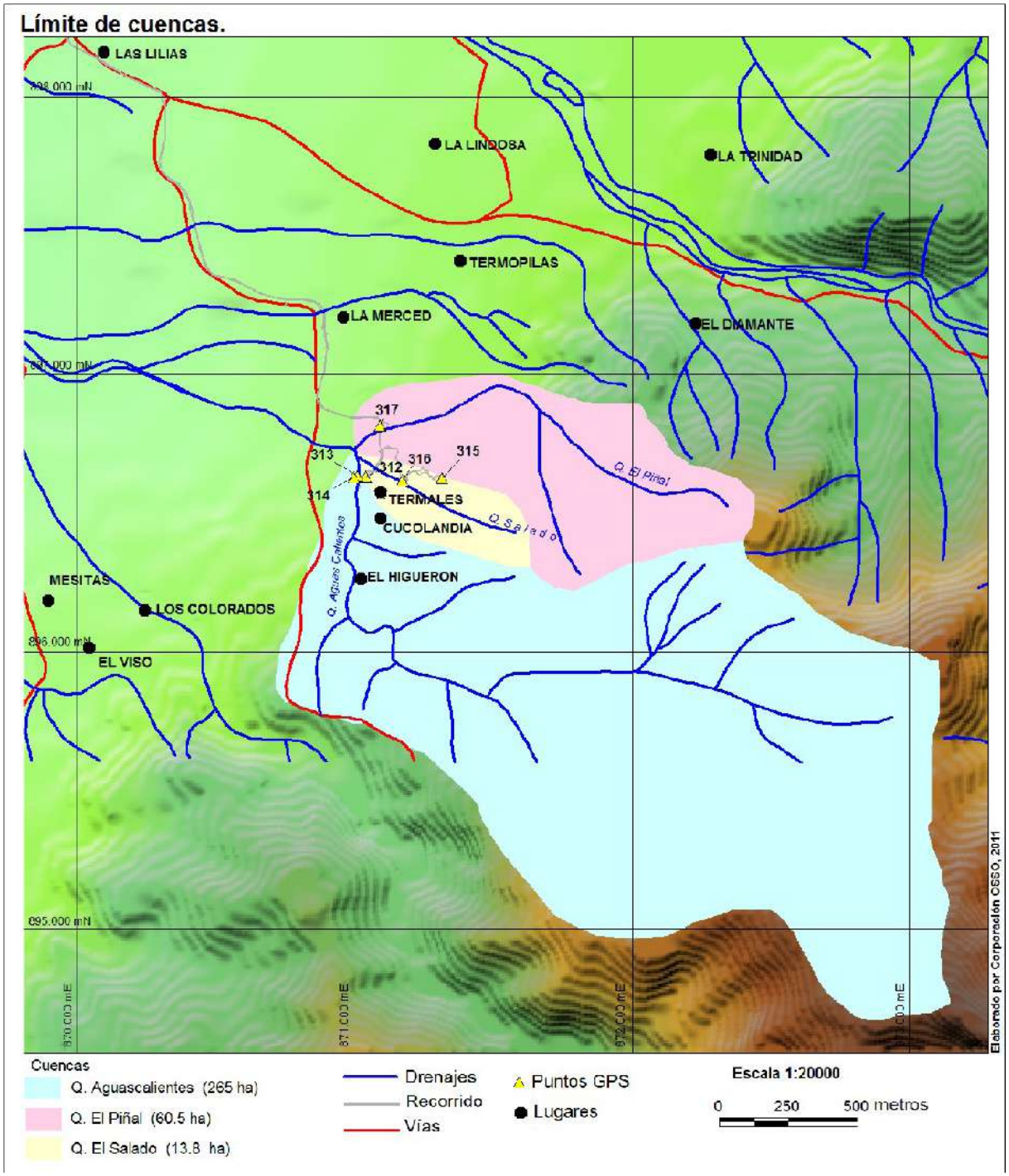


Figura 7.23: Mapa - Rasgos Morfométricos de las microcuencas en el sector en el cual reflejan la alta dinámica con flujos y avenidas torrenciales

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.24: Fotografía panorámica - Panorama de las características hidrológicas de las quebradas El Salado, El Piñal y Aguas caliente

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

7.7.3. Caracterización De Las Amenazas Y Grado Naturales

Mediante el registro de la Tabla 7.13 se puede generar una caracterización de los eventos, grado de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Donde el diagnostico reporta lo siguiente de forma textual.

Caracterización de Los Eventos

- **Deslizamientos y avenidas torrenciales.**

Susceptibilidad. Cuencas y microcuencas con composición geológica de alta susceptibilidad, altas pendientes y forma de las cuencas de alta susceptibilidad; usos del suelo que la incrementan. (p. 7)

Fenómeno disparador: lluvias acumuladas y lluvias intensas (incremento durante eventos La Niña como el actual). (p. 7)

Extensión: pequeños a medianos desprendimientos desde decenas a miles de

metros cúbicos varios de ellos casi simultáneos en una misma microcuenca. Potencial de centenares de movimientos. (p. 7)

Recurrencia: Al menos dos eventos en los últimos 10 años (hay Incremento de la recurrencia con respecto a décadas anteriores) (p. 8)

Gravedad de los fenómenos: En incremento. (p. 8)

- **Inundaciones, erosión de orillas, cambios de cursos.**

Susceptibilidad. Cono aluvial de Rivera con pendientes suaves y divisorias de drenajes de escorrentía de poca altura; zonas naturales de divagación de cauces; cono aluvial “en construcción” (p. 8)

Fenómeno disparador: lluvias acumuladas y lluvias intensas (incremento durante eventos La Niña como el actual. Usos del suelo, rectificación de cauces, explotación de agregados, obras civiles (puentes, vías, etc.). (p. 8)

Extensión: migración-divagación de cauces sobre áreas de decenas a centenares de Hectáreas (confluencia La Medina – La Honda y Arenosa); al NW, W y SW de Campoalegre por la red de drenaje se podría esperar divagación de cauces Recurrencia: Frecuente (varias ocasiones en los últimos años) (p. 8)

- **Grado de la Amenaza**

  La descripción y/o caracterización de los eventos anteriormente demuestran y/o evidencias que el sector de los termales de rivera se puede clasificar como una zona de amenaza alta por inundaciones, eventos torrenciales, avenidas y deslizamientos. (p. 8)

- **Vulnerabilidad**

  El balneario Guáimaro, los Termales Municipio de Rivera, Comfamiliar y Los Ángeles, ocupan en todo o en parte las llanuras de inundación o de crecientes de las quebradas El Piñal, El Salado y Aguascalientes, así como también la tienda Montañera en la quebrada La Manga.

  Se evidencia en las llanuras de inundación principalmente lo siguiente:

  - Infraestructura sobre los cauces de crecientes, tales como piscinas, restaurantes, Kioscos, baños públicos (servicios sanitarios y duchas). (en los termales Comfamiliar, Municipio y Los Ángeles) (p. 8)
  - Estrangulamiento del cauce por ejemplo mediante box coulvert en la Quebrada El Salado (Termales del Municipio), con sección en hormigón armado de aproximadamente 2 x 2 metros (4 metros cuadrados) que no podrían permitir el flujo libre de crecientes, aún sin materiales sólidos, para lluvias. Estrangulamiento del cauce en la quebrada Aguas caliente por el muro construido en el termal los Ángeles. Puentes de poca sección y estrangulamiento del cauce de la quebrada aguas caliente por los Termales Comfamiliar con muros verticales. Estrangulamiento del cauce de la quebrada La Manga con infraestructura de Kioscos de la Tienda Montañera. (p. 8)

- **Riesgo**

  Teniendo en cuenta la alta posibilidad de ocurrencia de los evento de inundación, avalancha, deslizamiento en el sector de los termales (quebrada el Salado, Aguas caliente y Piñal) y en la quebrada la Manga (Tienda Montañera) y la predisposición ante esta amenaza de las diferentes infraestructura y actividades activas de los Termales (municipio Rivera, Comfamiliar y Los Ángeles), del centro recreativo los Guaimaros y de la Tienda Montañera se establece que parte de las infraestructura de estos centros recreativos presentan un alto riesgo frente a las amenazas naturales anteriormente descritas. (p. 9)

Factores Externos (Antrópicos)

- Obras en cauce y en zona que se ubican en todo o en parte las llanuras de inundación o de crecientes de las quebradas

  - Termales del Municipio de Rivera (obras en cauce de la quebrada El Salado)

  Piscina agua termal, canalización, muro, box coulvert



Figura 7.25: Fotografía - Piscina agua termal, canalización, muro y box coulvert (terminando el muro)

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.26: Fotografía - Piscina agua termal, canalización, muro y box coulvert (terminando el muro)

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

- Termales Comfamiliar (Obras en cauce quebrada El Salado y Aguas Caliente)

Piscinas agua termal, muro, duchas sobre cauce, kioscos acceso en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada El Salado



Figura 7.27: Fotografía - Piscina, muro, duchas, kiosco en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada El Salado

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

Puente de poca sección y estrangulamiento del cauce de la quebrada Aguas Calientes por el establecimiento Termales Comfamiliar con muros verticales y kiosco



Figura 7.28: Fotografía - Puente y canalización que causan estrangulamiento del cauce con problemas de socavación lateral y de fondo

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.29: Fotografía - Termales los Ángeles se observa: Piscina, muro, en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada Aguas Calientes y estrangulamiento causado por el muro

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

- Termales Los Ángeles (Quebrada Aguas Caliente)

Piscina y muro en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada Aguas Calientes



Figura 7.30: Fotografía - Termales los Ángeles se observa: Piscina, muro, en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada Aguas Calientes y estrangulamiento causado por el muro

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.31: Fotografía - Termales los Ángeles se observa: Piscina, muro, en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada Aguas Calientes y estrangulamiento causado por el muro

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

- Centro recreativo Los Guáimaros (Quebrada El Piñal)

Piscina, kiosco, baños, vivienda, tanque de almacenamiento del acueducto de la vereda El Salado sobre cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada El Piñal



Figura 7.32: Fotografía - Panorámica en la cual se observa el área de las piscina, kiosco, baños, vivienda en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada El Piñal

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.33: Fotografía - Panorámica en la cual se observa el tanque de almacenamiento del acueducto de la vereda El Salado en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada El Piñal

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

- Balneario y Restaurante Tienda Montañera (Quebrada La Manga)

Dique y kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente y en ronda de la quebrada La Manga



Figura 7.34: Fotografía - Se evidencia el Dique y kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente y en ronda de la quebrada La Manga

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.35: Fotografía - Se evidencia el Dique y kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente y en ronda de la quebrada La Manga

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.36: Fotografía - Se evidencia el Dique y kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente y en ronda de la quebrada La Manga

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.37: Fotografía - Se evidencia kioscos en cauce y llanura de inundación o de creciente de la quebrada La Manga

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

- Obras e infraestructura en zonas de ronda de las quebradas

  El informe indica que en todos los casos se observó la presencia de diferentes obras e infraestructura que se encuentra en zonas de rondas de las quebradas Aguas Calientes, El Salado, Piñal y La Manga, por lo que se deberá hacer una zonificación ambiental con énfasis en la gestión del riesgo y con un ordenamiento de las microcuencas del área del sector, que permita determinar claramente las zonas de exclusión, de restricción y sin restricción sobre la ronda hídrica de las diferentes microcuencas frente a los proyectos turísticos.

  Tal zonificación ambiental debe realizarse con un enfoque en gestión del riesgo, es decir:

  - Delimitar claramente qué zonas deben quedar excluidas de uso o construcción (zonas de exclusión).
  - Definir qué zonas pueden tener uso limitado o condicionado (zonas de restricción).
  - Establecer qué áreas no presentan riesgo y pueden aprovecharse de manera controlada (zonas sin restricción).

  Todo esto debe hacerse dentro del contexto del ordenamiento ambiental de las microcuencas, teniendo en cuenta la interacción entre los ecosistemas, el riesgo y los posibles proyectos turísticos que se pretendan desarrollar en la zona, de manera que dichos proyectos no se ubiquen en zonas de riesgo o de protección ambiental

- Vertimientos y disposición de escombros

  - Termales Comfamiliar (vertimiento de aguas residuales domésticas y disposición de residuos sólidos y escombros a la quebrada Aguas Caliente).
    - Vertimiento de aguas residuales domésticas directas y por fuga del sistema de tratamiento empleado.
  - Vertimientos de los residuos sólidos a la quebrada agua caliente, generando afectación por sedimentación del cauce, actividades realizadas por la alcaldía de Rivera, para permitir el paso vehicular a las veredas.



Figura 7.38: Fotografía - Se evidencia el vertimiento directo de aguas residuales

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.39: Fotografía - Se evidencia el vertimiento indirecto de aguas residuales proveniente del sistema de tratamiento

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.40: Fotografía - Se evidencia el vertimiento indirecto de aguas residuales proveniente del sistema de tratamiento

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.41: Fotografía - Se evidencia el vertimiento indirecto de aguas residuales proveniente del sistema de tratamiento

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

- Disposición de residuos sólidos y escombros en el cauce y ronda de la

quebrada Aguas Calientes.



Figura 7.42: Fotografía - Se evidencia la disposición de residuos sólidos y escombros en el cauce y ronda de la quebrada Aguas Calientes

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.43: Fotografía - Se evidencia la disposición de residuos sólidos y escombros en el cauce y ronda de la quebrada Aguas Calientes

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.44: Fotografía - Se evidencia la disposición de residuos sólidos y escombros en el cauce y ronda de la quebrada Aguas Calientes

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

7.7.4. Impactos Ambientales Generados A Los Recursos Naturales Por Los Factores Internos Y Externos

De acuerdo con lo establecido en el Documento Diagnóstico (p.16), se identifican diversos impactos ambientales generados sobre los recursos naturales, derivados tanto de factores internos (procesos naturales y dinámicas propias del territorio) como de factores externos (intervenciones antrópicas e infraestructura existente).

Entre los principales elementos ambientales afectados se encuentran:

- La modificación del patrón hídrico de las quebradas El Salado, Aguas Calientes, El Piñal y La Manga;
- La alteración de la dinámica natural de los cauces y de la geoforma del lecho de estas quebradas;
- La afectación de las rondas de protección hídrica, generando procesos de estrangulamiento del cauce y pérdida de su capacidad hidráulica;
- La interrupción de la conectividad ecológica entre la flora y fauna del corredor ribereño, afectando la continuidad de los ecosistemas asociados;
- La modificación del lecho y la dinámica biótica natural, así como la alteración de las condiciones físicas, químicas y orgánicas del recurso hídrico, especialmente en la quebrada Aguas Calientes;

- Finalmente, se evidencia la afectación directa al cauce por el manejo inadecuado de residuos y por deslizamientos de tierra asociados a la banca vial, cuyos materiales terminan siendo vertidos al cuerpo de agua.

Estos impactos evidencian la necesidad de implementar medidas de manejo ambiental y de restauración ecológica, orientadas a la recuperación funcional de las rondas hídricas y la mitigación de procesos de degradación ambiental en el área de estudio.

7.7.5. Estado Actual Ambiental

Restaurante Tienda Montañera

De acuerdo con la visita técnica y el seguimiento ambiental realizado por la Corporación, se evidencia un alto nivel de intervención antrópica y deterioro ambiental sobre el cauce y la ronda de la quebrada La Manga en el sector ocupado por el establecimiento Restaurante Tienda Montañera.

Las principales afectaciones identificadas son:

- Ocupación directa del cauce mediante la construcción de una piscina en concreto ciclópeo y un muro de concreto armado que atraviesa transversalmente la quebrada, acompañado de estructuras complementarias como muros laterales de encauzamiento y un jacuzzi de concreto armado. Estas obras alteran la dinámica natural del flujo hídrico y restringen la capacidad hidráulica del cauce (ver Fotos 7.45, 7.46 y 7.47).

- Ocupación de la ronda de protección hídrica, donde se observan kioscos y estructuras de atención turística construidas dentro del área de inundación potencial (ver Foto 7.48).

- Deficiencias en el manejo de aguas residuales domésticas, ya que los pozos sépticos existentes presentan deterioro estructural y capacidad insuficiente. Se identificó que uno de ellos está ubicado dentro del cauce activo, generando vertimientos directos hacia la quebrada (ver Foto 7.49).

- Presencia de residuos sólidos y escombros acumulados por eventos anteriores, evidenciando un manejo inadecuado de materiales de arrastre y restos vegetales, lo que incrementa el riesgo de obstrucción del flujo y afectación del ecosistema ripario (ver Foto 7.50).



Figura 7.45: Fotografía - Zona de Piscina

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.46: Fotografía - Muros Laterales y Perpendiculares

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.47: Fotografía - Kioscos y construcciones en la zona en llanura de inundación o creciente

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.48: Fotografía - Construcciones y cabañas en zona de ronda

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.49: Fotografía - Pozo séptico

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.50: Fotografía - Escombros y basura cauce quebrada

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

Las condiciones observadas permiten concluir que el establecimiento genera una alteración significativa en la integridad ecológica y funcional del cauce de la quebrada

La Manga, debido a:

- Modificación artificial del lecho y la sección hidráulica del cauce por la construcción de obras rígidas no autorizadas.
- Pérdida de la capacidad natural de amortiguación de la ronda hídrica, al destinarse para uso recreativo y de infraestructura turística.
- Incremento del riesgo de socavación e inundación, producto de la reducción de la sección hidráulica útil y el desvío parcial del flujo natural.
- Contaminación del recurso hídrico por vertimientos domésticos sin tratamiento adecuado, lo cual afecta la calidad físico-química y biológica del agua.
- Déficit en la gestión ambiental, evidenciado por el manejo inadecuado de residuos y ausencia de medidas de restauración.

Estas condiciones justifican la necesidad de acciones correctivas inmediatas, incluyendo la retirada o adecuación de estructuras dentro del cauce, la rehabilitación del sistema de tratamiento de aguas residuales, y la formulación de un plan de restauración ecológica para la quebrada La Manga.

Termales Municipio De Rivera

Durante el recorrido realizado por el cauce y la ronda hídrica de la Quebrada El Salado, en el tramo correspondiente al establecimiento Termales del Municipio de Rivera, se identificaron intervenciones antrópicas significativas y condiciones ambientales de deterioro que afectan la funcionalidad hidráulica y ecológica del cauce.

Las principales afectaciones observadas fueron:

- Canalización artificial del cauce, ubicada entre la piscina y el muro divisorio que separa las instalaciones de los Termales del Municipio de Rivera y los Termales de Comfamiliar, lo que modifica la dinámica natural del flujo hídrico (ver Fotos 7.51 y 7.52).
- Estrangulamiento del cauce en el punto de encuentro entre ambos complejos termales, debido a la construcción de un canal estrecho de confinamiento que reduce la sección hidráulica de la quebrada y aumenta la velocidad del flujo, generando potenciales procesos de erosión y socavación local (ver Foto 7.53).
- Vertimientos de aguas residuales domésticas hacia la quebrada El Salado, provenientes de un pozo séptico con deficiencias en su operación y capacidad, que compromete la calidad del recurso hídrico (ver Foto 7.54).
- Erosión en ladera detectada aproximadamente a 200 metros aguas arriba del centro recreacional, asociada a procesos de deforestación y cambio de uso del suelo para siembra de pasto, evidenciando pérdida de cobertura vegetal y estabilidad del terreno (ver Foto 7.55).

- Según información local, se habrían realizado actividades de reforestación, pero estas habrían sido afectadas por incendios forestales. Sin embargo, no se observaron evidencias de dichas acciones en campo.

- Presencia de árboles caídos dentro del cauce, los cuales representan riesgo de represamiento y desbordamiento en eventos de crecientes súbitas (ver Foto 7.56).



Figura 7.51: Fotografía - Infraestructura Termales Municipio Rivera

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.52: Fotografía - Canalizacion Quebrada El Salado

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.53: Fotografía - Estrangulamiento Quebrada El Salado

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.54: Fotografía - Tratamiento agua residual en pozo séptico

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.55: Fotografía - Procesos de erosión 200m aguas arriba de establecimiento

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.56: Fotografía - Arboles caidos que permanecen en el cauce de la quebrada antes del establecimiento

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

Las condiciones encontradas en el sector de los Termales del Municipio de Rivera evidencian una intervención estructural inadecuada del cauce de la quebrada El Salado, con implicaciones directas sobre la estabilidad geomorfológica, la calidad del agua y la gestión del riesgo por inundación.

Los principales aspectos técnicos son:

- Alteración morfodinámica: la canalización y estrechamiento del cauce modifican la capacidad natural de conducción, incrementan la energía hidráulica y generan procesos erosivos localizados en los márgenes.
- Contaminación del recurso hídrico: el vertimiento de aguas domésticas sin tratamiento adecuado contribuye al deterioro de las condiciones físico-químicas y biológicas de la quebrada.
- Inestabilidad de taludes: la erosión por pérdida de cobertura vegetal compromete la estabilidad del terreno y la seguridad de las infraestructuras cercanas.
- Riesgo de represamiento: los árboles caídos y material vegetal dentro del cauce pueden generar obstrucciones hidráulicas que aumenten la probabilidad de inundación.
- Falta de manejo integral: la coexistencia de múltiples intervenciones sin criterios técnicos de restauración o mitigación refleja una ausencia de gestión ambiental coordinada en la zona termal.

Se recomienda implementar de manera prioritaria un plan de manejo ambiental y de restauración del cauce, incluyendo la retirada de estructuras dentro del lecho, el control de vertimientos, la rehabilitación de taludes y rondas hídricas, y la formulación de un esquema de reforestación controlada con especies nativas para restablecer la conectividad ecológica y reducir los procesos erosivos.

Termales Comfamiliar

Durante el recorrido efectuado sobre el cauce y la ronda hídrica de la Quebrada El Salado en el sector correspondiente a los Termales Comfamiliar, se identificaron múltiples intervenciones antrópicas y deficiencias en el manejo ambiental, que reflejan una alteración significativa en la dinámica natural del sistema hídrico.

Las principales afectaciones observadas fueron:

- Presencia de estructuras permanentes sobre el cauce y la llanura de inundación de la Quebrada El Salado, entre ellas muros, duchas, kioscos y un puente de madera ubicado en la entrada del establecimiento turístico. Estas ocupaciones reducen la capacidad hidráulica del cauce y afectan la libre movilidad del flujo (ver Fotos 7.57, 7.58, 7.59 y 7.60).

- En el sector de la Quebrada Agua Caliente, se identificó un puente construido sobre la llanura de inundación, el cual genera estrangulamiento del cauce y presenta procesos de socavación lateral y de fondo. Contiguo a este se encuentra una piscina fuera de servicio por razones de seguridad y un kiosco ubicado dentro del área de riesgo (ver Foto 7.61).

- Se evidenció que el sistema de tratamiento de aguas residuales es deficiente, dado que el pozo séptico existente descarga directamente a la Quebrada Agua Caliente, y parte de los vertimientos se realizan sin tratamiento previo (ver Foto 7.62).

- Se observó presencia de residuos sólidos dispuestos inadecuadamente dentro del cauce, afectando la calidad ambiental y estética del entorno (ver Foto 7.63).

- Los sedimentos y materiales rocosos recolectados durante limpiezas anteriores fueron depositados sobre la llanura de inundación, reduciendo su capacidad de almacenamiento natural y aumentando el riesgo de desbordamientos en eventos de creciente (ver Foto 7.64).



Figura 7.57: Fotografía - Muro y Duchas en cauce y llanura de inundación de Quebrada el Salado

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.58: Fotografía - Piscina en Llanura inundación

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.59: Fotografía - Puente madera en cauce quebrada El Salado

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.60: Fotografía - Baños en Llanura inundación Quebrada El Salado

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.61: Fotografía - Puente que limita el área de inundación de Quebrada

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.62: Fotografía - Pozo séptico

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.63: Fotografía - Residuos sólidos en quebrada y Materiales depositados en llanura inundación

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.64: Fotografía - Residuos sólidos en quebrada y Materiales depositados en llanura inundación

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

Las condiciones actuales en el área de los Termales Comfamiliar demuestran un

alto nivel de intervención sobre los cauces naturales y una ausencia de manejo ambiental adecuado, lo que genera impactos negativos sobre la dinámica hidráulica, la calidad del agua y la estabilidad geomorfológica de las quebradas El Salado y Agua Caliente.

Los principales aspectos técnicos son:

- Ocupación del cauce y ronda hídrica: La presencia de estructuras fijas dentro de la zona de flujo máximo (muros, kioscos, puentes) representa un incumplimiento de las normas de protección de rondas hídricas (Decreto 1541 de 1978 y Decreto 1076 de 2015) y aumenta la vulnerabilidad del sitio frente a eventos torrenciales o de inundación.
- Estrangulamiento hidráulico y socavación: El puente y las obras anexas reducen la sección transversal del cauce, aumentando la velocidad del flujo y la erosión local, lo que puede comprometer la estabilidad estructural de las instalaciones y agravar la erosión de márgenes.
- Deficiente manejo de aguas residuales: El vertimiento directo de efluentes domésticos al cuerpo de agua genera contaminación orgánica y afecta los parámetros físico-químicos del recurso, promoviendo condiciones de eutrofización y afectación biológica.
- Manejo inadecuado de materiales y residuos: La acumulación de sedimentos y residuos sólidos en zonas de inundación interrumpe los procesos naturales de almacenamiento temporal de agua, incrementando el riesgo de anegamiento y pérdida de capacidad hidráulica.
- Necesidad de intervención correctiva: Las evidencias de socavación y contaminación hacen necesaria la implementación de medidas de mitigación estructurales y no estructurales, tales como la retirada progresiva de obras en ronda hídrica, la rehabilitación de taludes y llanuras, y la instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales funcional y adecuado al volumen generado.

El área de los Termales Comfamiliar presenta un estado ambiental crítico, con ocupación indebida de cauces, vertimientos sin tratamiento y alteración geomorfológica de las quebradas El Salado y Agua Caliente. Se recomienda la ejecución prioritaria de un plan de restauración ecológica, la delimitación efectiva de las rondas hídricas y el retiro de estructuras localizadas dentro del cauce, conforme a los lineamientos del Decreto 1640 de 2012 y la Resolución 566 de 2018.

Los Guaimaros

Se llevó a cabo un recorrido técnico por el cauce y el área de ronda de la Quebrada El Piñal, en el tramo ocupado por el establecimiento Los Guaimaros, con el objetivo de evaluar el estado ambiental actual y las posibles afectaciones sobre el entorno. A continuación, se presenta el resumen y análisis técnico de los hallazgos observados:

- Continúan en el sitio las obras que dejó la creciente como son: kiosco, vivienda, baños y tanques de almacenamiento del acueducto de la vereda el Salado, estructuras construidas en llanura de inundación de la quebrada El Piñal. (fotos 7.65 y 7.66).

- Actualmente no se están presentando vertimientos a la quebrada por no encontrarse en funcionamiento.

- La recolección de escombros fue parcial, todavía se observan troncos y bastante arena. (fotos 7.67 y 7.68)

- Según información suministrada por el acompañante el sitio cambio de propietario



Figura 7.65: Fotografía - Kiosco vivienda y baños en llanura inundación

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.66: Fotografía - Tanques de almacenamiento acueducto El Salado

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.67: Fotografía - Troncos en el cauce de la Quebrada El Piñal

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.68: Fotografía - Sedimentos que no se han removido de la zona

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

El establecimiento Los Guaimaros presenta actualmente infraestructuras localizadas en zona de inundación, presencia de materiales de arrastre y ausencia de tratamiento ambiental formal, aunque no se evidencian vertimientos activos.

El sitio requiere acciones de restauración, limpieza y actualización de permisos ambientales, priorizando la recuperación de la ronda hídrica y la mitigación del riesgo por ocupación del cauce.

Termales Los Angeles

Se realizó recorrido en compañía del empleado del centro recreacional por el cauce y el área de ronda de la Quebrada Agua Caliente, en el tramo que ocupa el establecimiento Termales Los Ángeles, encontrando en particular lo siguiente:

- Se evidenció la presencia de diversas obras e infraestructuras localizadas directamente sobre el cauce y en la llanura de inundación, tales como piscina, muro, baños y filtros para el tratamiento de aguas residuales. Estas estructuras fueron construidas recientemente después del evento de avalancha. El muro en concreto ciclópeo genera un efecto de estrangulamiento sobre la quebrada en un tramo aproximado de 100 metros. (Ver foto 7.69 y 7.70)

- Se observaron graves problemas de erosión y deslizamientos en masa en las laderas aledañas al cauce, originados por las lluvias y por la disposición inadecuada de material producto del mantenimiento de la vía cercana. Según lo informado,

el material retirado de la vía por parte del municipio de Rivera es arrojado directamente a la quebrada, además de existir una alcantarilla obstruida por falta de mantenimiento. (Ver fotos 7.71 y 7.72)

- Se constató que, si bien se ha efectuado una recolección parcial de escombros, estos fueron depositados nuevamente en la zona de inundación, y parte de los sedimentos extraídos de la quebrada se utilizaron para conformar un terraplén de encausamiento, actividad realizada con maquinaria retroexcavadora según información del acompañante. (Ver fotos 7.74 y 7.75)
- El sistema de tratamiento de aguas residuales consta de tres filtros de 7000 litros cada uno, ubicados muy cerca del cauce y parcialmente enterrados. Sin embargo, los vertimientos resultantes son descargados directamente a la quebrada, generando malos olores y afectación a la calidad del agua. (Ver foto 7.73)



Figura 7.69: Fotografía - Infraestructura construida en cauce y zona de inundación Quebrada Agua Caliente

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

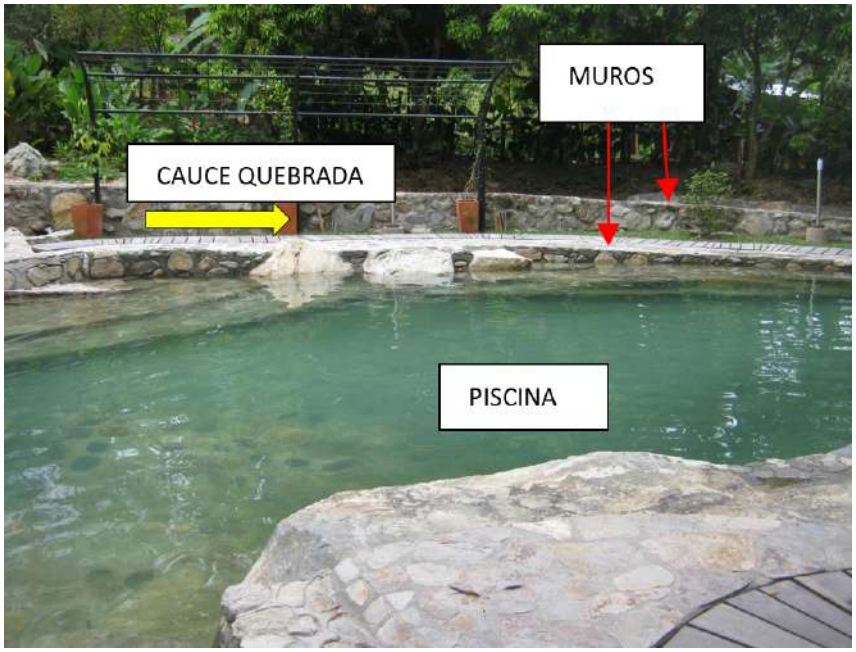


Figura 7.70: Fotografía - Infraestructura construida en cauce y zona de inundación Quebrada Agua Caliente

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.71: Fotografía - Graves Problemas de Erosión que afectan la Quebrada

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.72: Fotografía - Alcantarilla tapada por falta mantenimiento

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.73: Fotografía - Sistema tratamiento aguas residuales

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.74: Fotografía - Terraplén hecho con material del laquebrada para encausamiento

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental



Figura 7.75: Fotografía - Palizada depositada en zona inundación de la quebrada

Fuente: Tomado del Diagnostico Ambiental

La ubicación de estas obras dentro del cauce y la zona de inundación modifica la dinámica hidráulica y geomorfológica del sistema hídrico, reduciendo la capacidad de conducción y aumentando el riesgo de desbordamiento y erosión lateral. Este tipo de intervenciones constituyen una ocupación indebida de la ronda hídrica, contraria a lo establecido en el Decreto 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales) y en el Decreto 1541 de 1978. Se recomienda evaluar técnicamente la remoción o reubicación de las estructuras y establecer medidas de restauración del cauce.

El uso de sedimentos del cauce para rellenos o conformación de estructuras altera la morfología y el equilibrio hidráulico del sistema fluvial, pudiendo generar socavaciones, desviaciones del flujo y pérdida de hábitat acuático. Se recomienda realizar la retirada adecuada de los escombros fuera de la zona de ronda y la restitución morfológica del cauce, priorizando la recuperación de su capacidad natural de conducción.

El establecimiento Termales Los Ángeles presenta ocupación directa del cauce, deficiente manejo de aguas residuales y problemas de erosión y disposición inadecuada de escombros, todo lo cual contribuye al deterioro del sistema hídrico de la Quebrada Agua Caliente.

Se requiere una intervención integral de recuperación ambiental y control del riesgo, acompañada de la regularización de los vertimientos y retiro de las obras en zona de inundación, priorizando la restauración ecológica y la estabilidad de las laderas.

7.7.6. Conclusiones

Del análisis integral de la información levantada en campo y de la revisión del documento diagnóstico elaborado en enero de 2011, se concluye lo siguiente:

- **Ocupación inadecuada de la ronda hídrica y de las zonas de inundación:**

  En los cinco establecimientos visitados se evidencia la ocupación directa de las rondas y cauces naturales de las quebradas El Salado, Agua Caliente, El Piñal y La Manga, mediante la construcción de piscinas, muros, kioscos, puentes, baños y otras estructuras recreativas. Estas intervenciones restringen la capacidad hidráulica de los cauces, generan procesos de estrangulamiento, socavación y erosión, e incrementan la vulnerabilidad física y ambiental frente a eventos de creciente.

  Este patrón de ocupación refleja una ausencia histórica de control en el ordenamiento ambiental del territorio y la necesidad urgente de establecer franjas de protección hídrica efectivas.

- **Deficiencias en el manejo de aguas residuales y vertimientos directos:**

  En la mayoría de los establecimientos se constató la existencia de sistemas de tratamiento rudimentarios o inoperantes, con descargas directas de aguas residuales domésticas a los cuerpos hídricos. En algunos casos, los pozos sépticos se encuentran dentro del cauce o en condiciones de deterioro avanzado, lo que ha ocasionado contaminación orgánica, presencia de malos olores y alteración de las condiciones fisicoquímicas de las quebradas.

  Esta situación evidencia la carencia de infraestructura sanitaria adecuada, lo que representa un riesgo tanto ambiental como sanitario.

- **Procesos erosivos, inestabilidad de laderas y manejo inadecuado de escombros:**

  Se identificaron procesos de erosión y deslizamiento en los taludes adyacentes a los cauces, agravados por la deforestación, las lluvias y la disposición inadecuada de material proveniente del mantenimiento de vías. Adicionalmente, la acumulación de escombros y sedimentos producto de avenidas torrenciales o limpiezas parciales de cauces se realiza dentro de las zonas de inundación, reduciendo la sección hidráulica y afectando la estabilidad de las márgenes.

  Esto demuestra la falta de un manejo integral de residuos y de un plan de estabilización de laderas, elementos esenciales para la sostenibilidad de las microcuencas.

- **Alteración del equilibrio ecológico y pérdida de conectividad ambiental:**

  La canalización, construcción de muros y deforestación de las rondas han afectado el corredor ecológico natural de las quebradas, limitando la conectividad de la flora y fauna ribereña y reduciendo la capacidad de regulación natural de los ecosistemas hídricos.

Estas acciones han provocado una modificación significativa del paisaje y del equilibrio ecosistémico, especialmente en zonas de valor ambiental y turístico.

- **Ausencia de planeación y control ambiental en el desarrollo turístico:**

  El análisis histórico evidencia que el desarrollo de la infraestructura recreativa en los termales de Rivera no ha estado acompañado de instrumentos técnicos de planificación ambiental ni de evaluación de riesgo, lo que ha conllevado a una expansión desordenada y ambientalmente insostenible.

  Es evidente la necesidad de formular e implementar un Plan de Ordenamiento Ambiental y de Gestión del Riesgo de las microcuencas, que incorpore criterios técnicos, normativos y de restauración ecológica.

Considerando que el documento base corresponde al año 2011, se recomienda realizar una actualización integral del diagnóstico ambiental y de riesgo, teniendo en cuenta los cambios ocurridos en los últimos años, los nuevos desarrollos turísticos y las variaciones hidrometeorológicas.

Dicha actualización deberá incluir un levantamiento topográfico y batimétrico detallado, estudios hidrológicos e hidráulicos actualizados, y la identificación de zonas críticas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, para orientar la toma de decisiones en materia de mitigación, reubicación y restauración ambiental.

Esto se puede ver mas a detalle en en el Anexo 1.1. Información Secundaria e Inventario, Anexo 1.1.1. Información Secundaria en la carpeta titulada CTO 376-2025.

7.8. Obras de Mitigación Sector Termales

A continuación, se presenta un resumen de las obras de mitigación implantadas durante el contrato de obra pública No. 373 del 22/12/2015, cuyo objetivo fue la Çonstrucción de obras de control y mitigación para la reducción del riesgo de desastre por amenazas naturales en las quebradas Aguas Caliente y el Salado (sector termales) en el municipio de Rivera y la quebrada Zapatero en el casco urbano del municipio de la Plata"

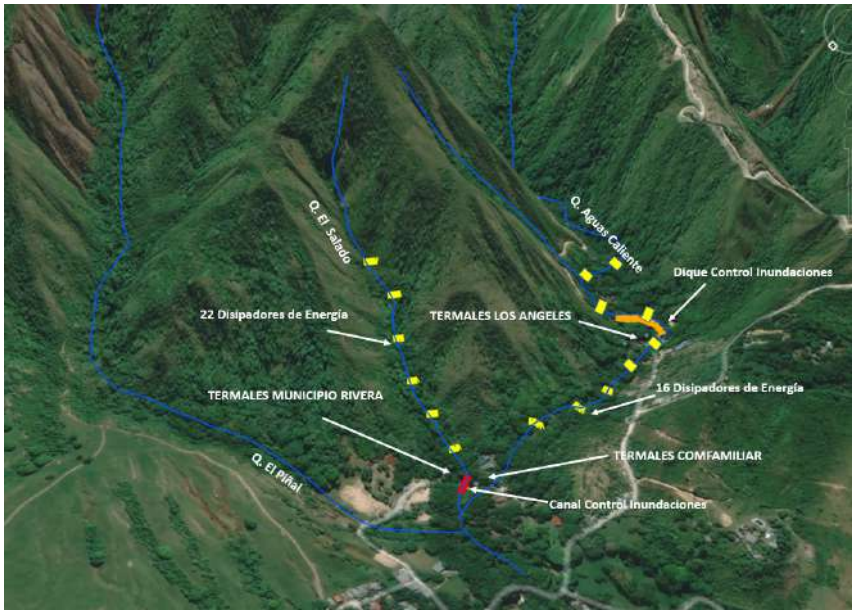


Figura 7.76: Mapa - Obras de mitigación sector termales

Fuente: Tomado del Contrato de Obra Pública No. 373 del 2015

7.8.1. Dique Control Inundaciones – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Los Ángeles



Figura 7.77: Fotografía - Dique Control Inundaciones – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Los Ángeles

Fuente: Tomado del Contrato de Obra Pública No. 373 del 2015



Figura 7.78: Fotografía - Dique Control Inundaciones – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Los Ángeles

Fuente: Tomado del Contrato de Obra Pública No. 373 del 2015

7.8.2. 16 Disipadores de Energía – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Comfamiliar y Los Ángeles



Figura 7.79: Fotografía - 16 Disipadores de Energía – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Comfamiliar y Los Ángeles

Fuente: Tomado del Contrato de Obra Pública No. 373 del 2015



Figura 7.80: Fotografía - 16 Disipadores de Energía – Quebrada de Aguas Caliente Sector Termales Comfamiliar y Los Ángeles

Fuente: Tomado del Contrato de Obra Pública No. 373 del 2015

7.8.3. 22 Disipadores de Energía – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar



Figura 7.81: Fotografía - 22 Disipadores de Energía – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar

Fuente: Tomado del Contrato de Obra Pública No. 373 del 2015



Figura 7.82: Fotografía - 22 Disipadores de Energía – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar

Fuente: Tomado del Contrato de Obra Pública No. 373 del 2015

7.8.4. Canal Control de Inundación – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar



Figura 7.83: Fotografía - Canal Control de Inundación – Quebrada de El Salado - Sector Termales Municipio y Comfamiliar

Fuente: Tomado del Contrato de Obra Pública No. 373 del 2015

Esto se puede ver mas a detalle en en el Anexo 1.1. Información Secundaria e Inventario, Anexo 1.1.1. Información Secundaria en la carpeta titulada CTO 376-2025.

7.9. Plan Básico de Ordenamiento Territorial (2021 - 2035)

Teniendo en cuenta la información contenida en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Rivera para el periodo 2021 al 2035, se analizan los resultados derivados de los Estudios Básicos de Amenaza, los cuales permiten identificar las condiciones de susceptibilidad y riesgo existentes en el área de estudio.

Estos estudios evidencian la presencia de amenazas por movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales, especialmente en zonas asociadas a las microcuencas de las quebradas Agua Caliente, El Salado y El Piñal, donde la topografía, el uso del suelo y las intervenciones antrópicas inciden directamente en el nivel de exposición del territorio.

A continuación, se presentan los principales resultados cartográficos y técnicos obtenidos, que constituyen la base para el análisis detallado de la amenaza y la formulación de estrategias de mitigación dentro del presente estudio, en el marco del objeto contractual:

7.9.1. Amenaza por Movimiento en Masa

Amenaza por Movimiento en Masa

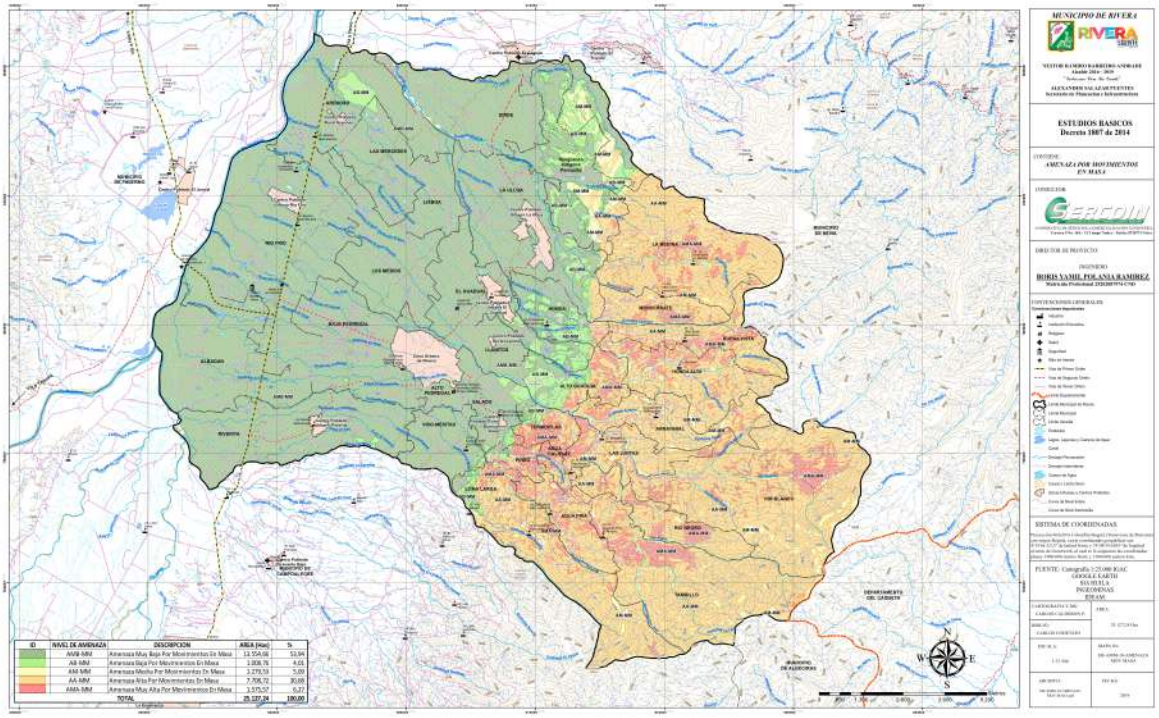


Figura 7.84: Mapa - Amenaza Por Movimientos En Masa - Zona Rural

Fuente: Tomado del PBOT Municipio de Rivera

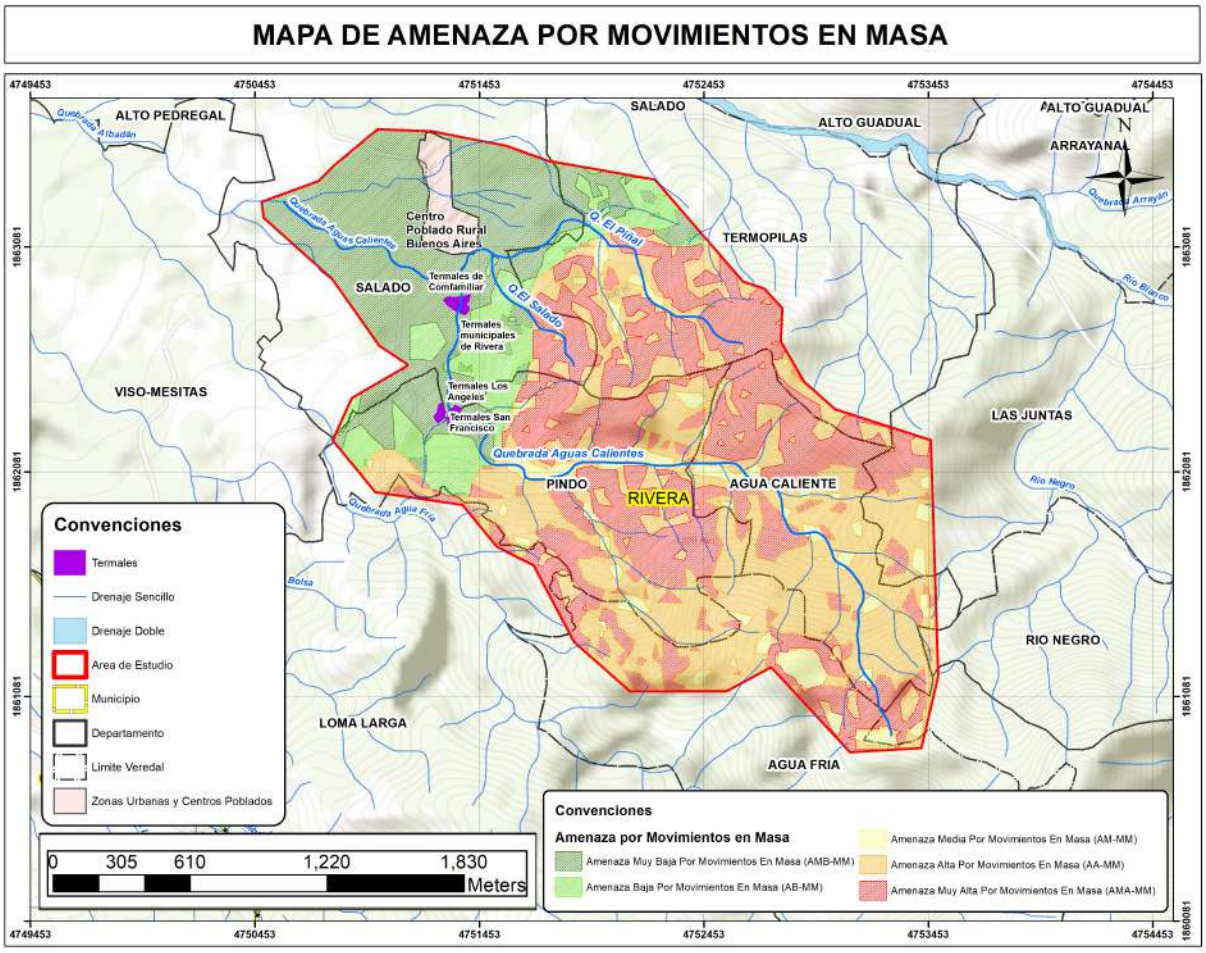


Figura 7.85: Mapa - Amenaza Por Movimientos En Masa - Zona Termales

Fuente: Elaboración propia con base en información del PBOT del Municipio de Rivera

El Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa del área rural del municipio de Rivera permite evidenciar la distribución espacial de los niveles de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa en todo el territorio municipal. Según la cartografía oficial del PBOT (Decreto 1807 de 2014), se identifican cinco categorías de amenaza: Muy Baja (AMB-MM), Baja (AB-MM), Media (AM-MM), Alta (AA-MM) y Muy Alta (AMA-MM). En términos generales, el municipio presenta una dominancia de áreas con amenaza baja a muy baja, ubicadas principalmente hacia el occidente del territorio, en sectores como Albán, Las Mercedes, Lisboa y Alto Pedregal, donde la topografía es más estable y los suelos presentan menor pendiente y mejor cobertura vegetal.

Por el contrario, las amenazas media a muy alta se concentran hacia la franja oriental, especialmente en los corregimientos de Río Frío, Arrayán, Alto Guadual y Agua Fría, donde predominan fuertes pendientes, materiales coluviales y una mayor intervención antrópica sobre los cauces y laderas. Estas condiciones incrementan la susceptibilidad a deslizamientos, reptación y erosión superficial, asociadas a la dinámica de las microcuencas que drenan hacia el río Frío y el río Negro.

Al comparar esta información con el Mapa de Amenaza del área de estudio —correspondiente al Centro Poblado Rural Buenos Aires y zona de Termales— se observa que el patrón de amenaza local responde a las mismas condiciones geomorfológicas observadas a escala municipal, pero con una mayor concentración de áreas clasificadas con amenaza media y alta.

Las zonas de mayor susceptibilidad (AA-MM y AMA-MM) se ubican en el flanco oriental del área de estudio, principalmente sobre las quebradas Agua Caliente, El Salado y El Piñal, donde la combinación de pendientes pronunciadas, procesos erosivos activos y presencia de vías y construcciones rurales favorece la ocurrencia de movimientos en masa tipo deslizamiento y caída de bloques.

En contraste, las áreas con amenaza baja a muy baja (AB-MM y AMB-MM) corresponden a los sectores del occidente y suroccidente, donde la topografía presenta pendientes suaves, mayor cobertura vegetal y menor grado de intervención, como ocurre en los alrededores del Centro Poblado Buenos Aires y hacia la vía que comunica con la zona urbana de Rivera.

Por tanto, el análisis comparativo entre ambos mapas permite establecer que la zona de estudio se encuentra inserta dentro de un contexto de amenaza media a alta, en correspondencia con las condiciones geotécnicas y geomorfológicas del municipio.

Áreas con Condición de Amenaza por Movimientos en Masa

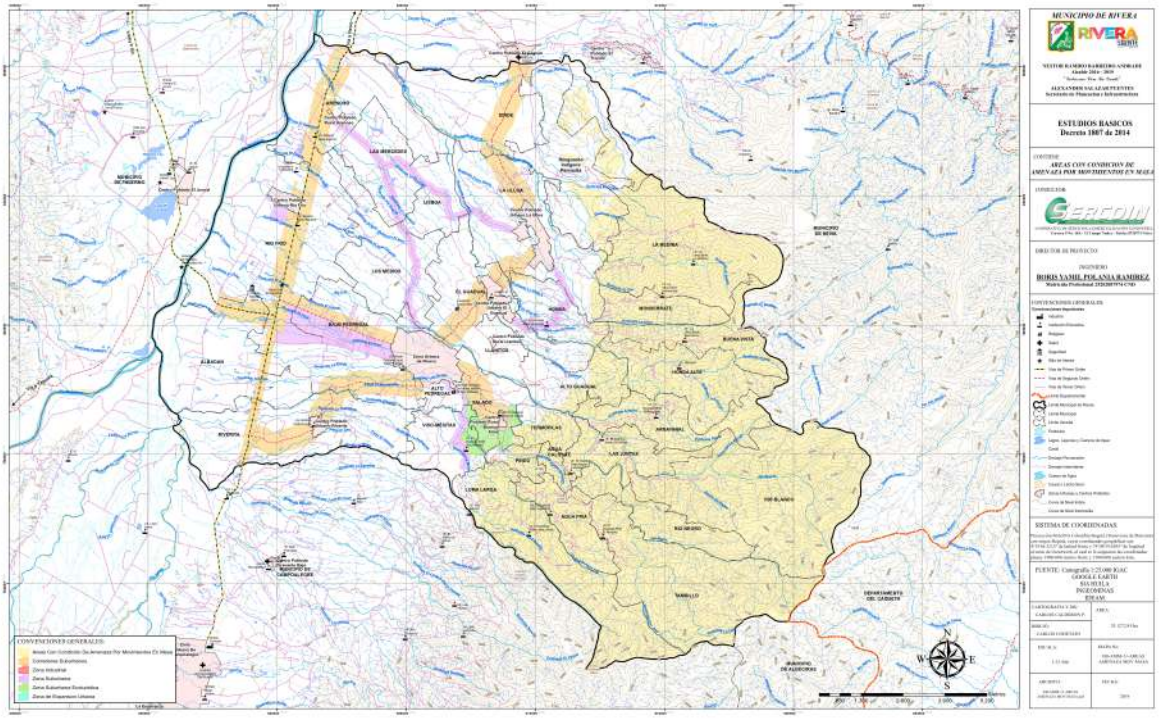


Figura 7.86: Mapa - Áreas con Condición de Amenaza por Movimientos en Masa - Zona Rural

Fuente: Tomado del PBOT Municipio de Rivera

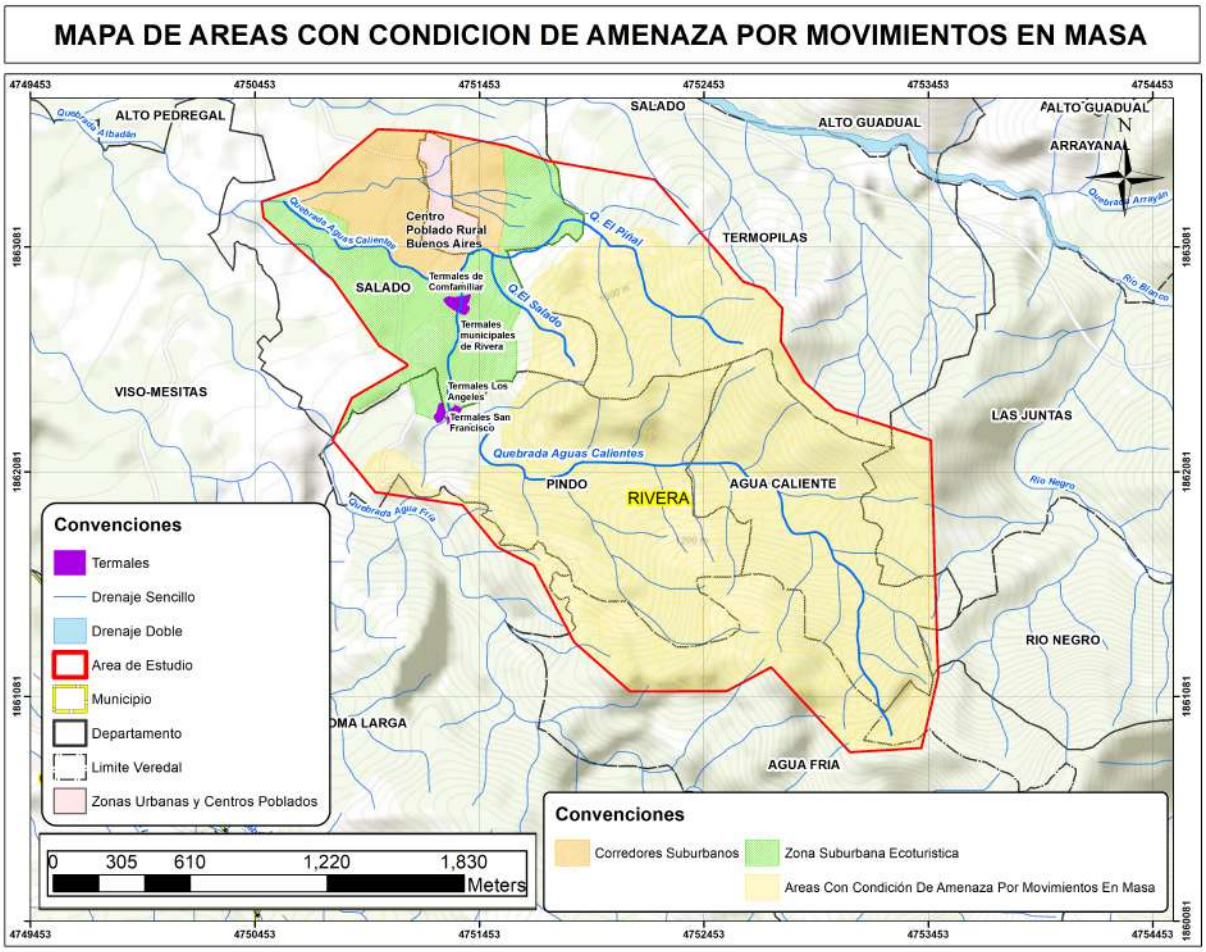


Figura 7.87: Mapa - Áreas con Condición de Amenaza por Movimientos en Masa - Zona Termales

Fuente: Elaboración propia con base en información del PBOT del Municipio de Rivera

En el contexto general del territorio municipal, las zonas con esta condición se distribuyen principalmente sobre el sector oriental y parte del centro del municipio, coincidiendo con terrenos de pendiente moderada a fuerte, en los que se desarrollan procesos de inestabilidad asociados a la litología, la morfología de laderas y la acción combinada del drenaje natural y las actividades antrópicas. Estas áreas incluyen sectores rurales como Agua Caliente, Termópilas, El Guadual y Arrayán, donde históricamente se han registrado movimientos de remoción en masa de diversa magnitud.

Cuando se analiza de manera puntual el área de estudio, se evidencia que gran parte del corredor termal se encuentra inserto dentro de estas zonas de susceptibilidad, particularmente sobre los márgenes de las quebradas Agua Caliente y El Piñal.

Áreas con Condición de Riesgo por Movimientos en Masa

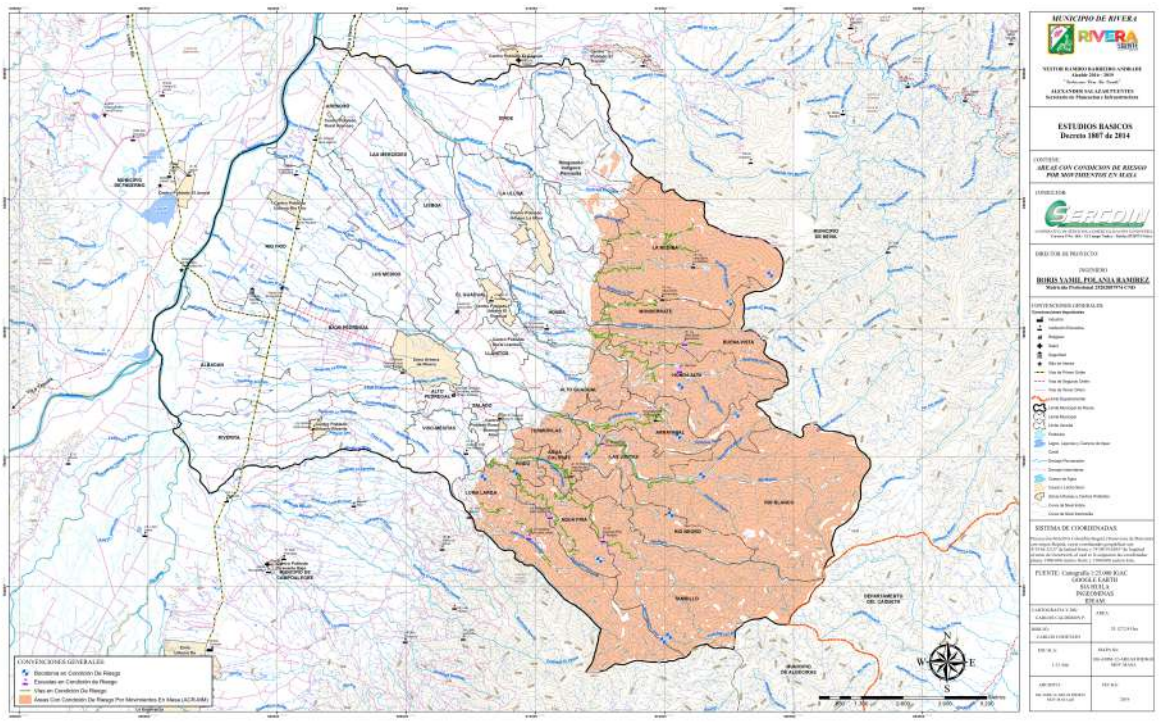


Figura 7.88: Mapa - Áreas con Condición de Riesgo por Movimientos en Masa - Zona Rural

Fuente: Tomado del PBOT Municipio de Rivera

En el ámbito municipal, las zonas con condición de riesgo por movimientos en masa (ACR-MM) se concentran principalmente en las veredas Agua Fría, Río Negro, Tambillo, Montefrío y Buenavista, extendiéndose hacia sectores del Alto Guadual y Tempranopla. Estas áreas coinciden con relieves fuertemente escarpados y drenajes de alta energía, donde las lluvias intensas generan procesos de remoción superficial y flujos de detritos que afectan la estabilidad de las laderas. Dentro de estas zonas, el mapa identifica además vías y bocatomas en condición de riesgo, lo cual resalta la vulnerabilidad de la infraestructura rural frente a eventos de remoción en masa, afectando tanto la movilidad como el abastecimiento hídrico.

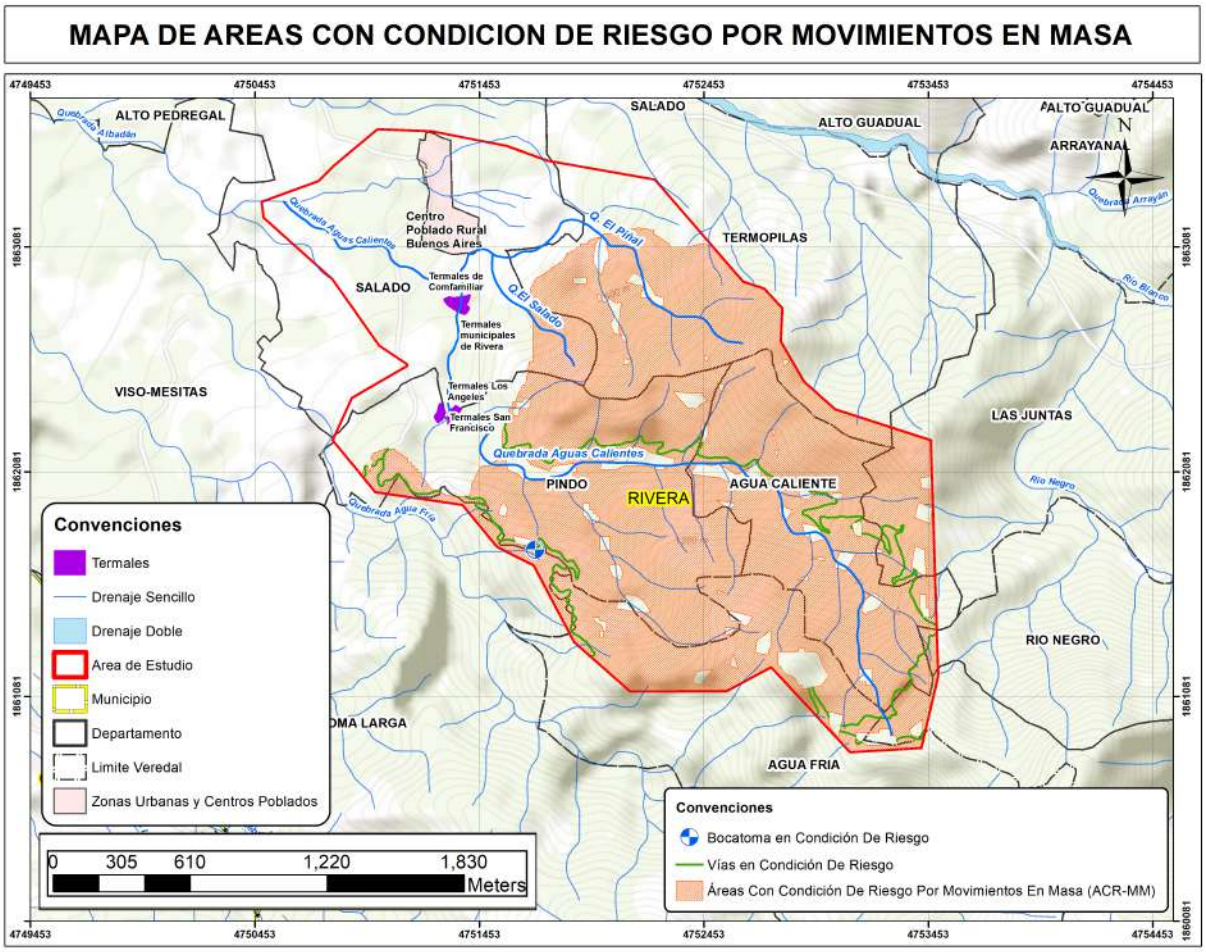


Figura 7.89: Mapa - Áreas con Condición de Riesgo por Movimientos en Masa - Zona Termales

Fuente: Elaboración propia con base en información del PBOT del Municipio de Rivera

En el caso de la zona de estudio del presente informe, correspondiente al entorno urbano y suburbano del casco municipal, se observa que las áreas con riesgo por movimientos en masa se distribuyen principalmente sobre los sectores de Agua Caliente, Pindo y parte de la vereda Rivera, siguiendo el eje de las quebradas El Silencio y Aguas Calientes. Estas zonas presentan pendientes medias a altas y procesos erosivos asociados a intervenciones antrópicas, como la apertura de vías, urbanización y obras de infraestructura turística, que han modificado las condiciones naturales de estabilidad.

De manera particular, se destacan algunos tramos viales y una bocatoma ubicada en el sector suroccidental del área de estudio, que han sido catalogados en condición de riesgo, lo cual sugiere la necesidad de implementar medidas preventivas de estabilización, control de escorrentía y manejo de taludes.

En conclusión, la comparación entre ambos mapas permite concluir que, aunque el riesgo por movimientos en masa es generalizado en el municipio, el área de estudio presenta condiciones críticas localizadas que demandan especial atención por su interacción con la zona urbana y su proximidad a equipamientos e infraestructuras es-

tratégicas. Las condiciones topográficas, el tipo de cobertura vegetal y las presiones derivadas del uso del suelo son factores determinantes en la configuración del riesgo actual.

7.9.2. Amenaza por Inundación

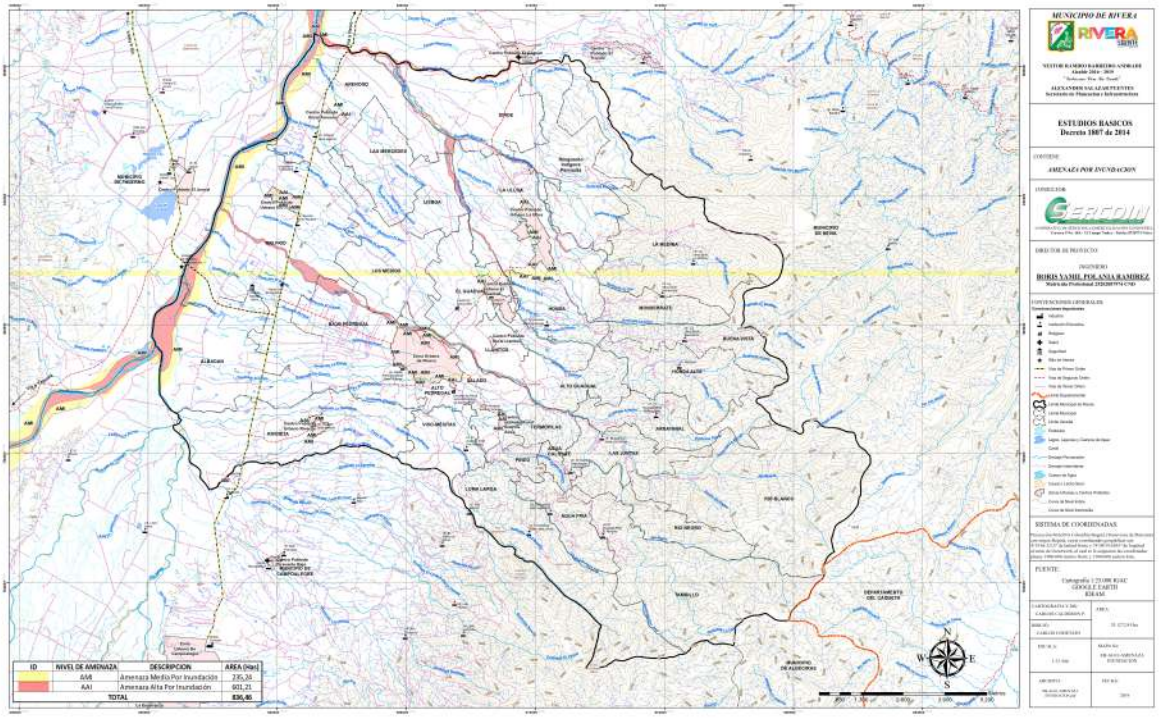


Figura 7.90: Mapa - Amenaza por Inundación - Zona Rural

Fuente: Tomado del PBOT Municipio de Rivera

En el mapa general de la zona rural, se observa que las áreas con mayor susceptibilidad a inundaciones se asocian principalmente con los valles de los ríos y quebradas de mayor jerarquía, especialmente hacia el occidente y suroccidente del municipio, donde predominan las zonas de amenaza alta por inundación (AAI) y amenaza media (AMI). Estas áreas se localizan a lo largo de los cursos del río Frío, el río Blanco y parte del río Las Ceibas, en sectores de baja pendiente y con evidencias geomorfológicas de acumulación aluvial reciente, condiciones que favorecen la expansión lateral de los caudales durante eventos de creciente.

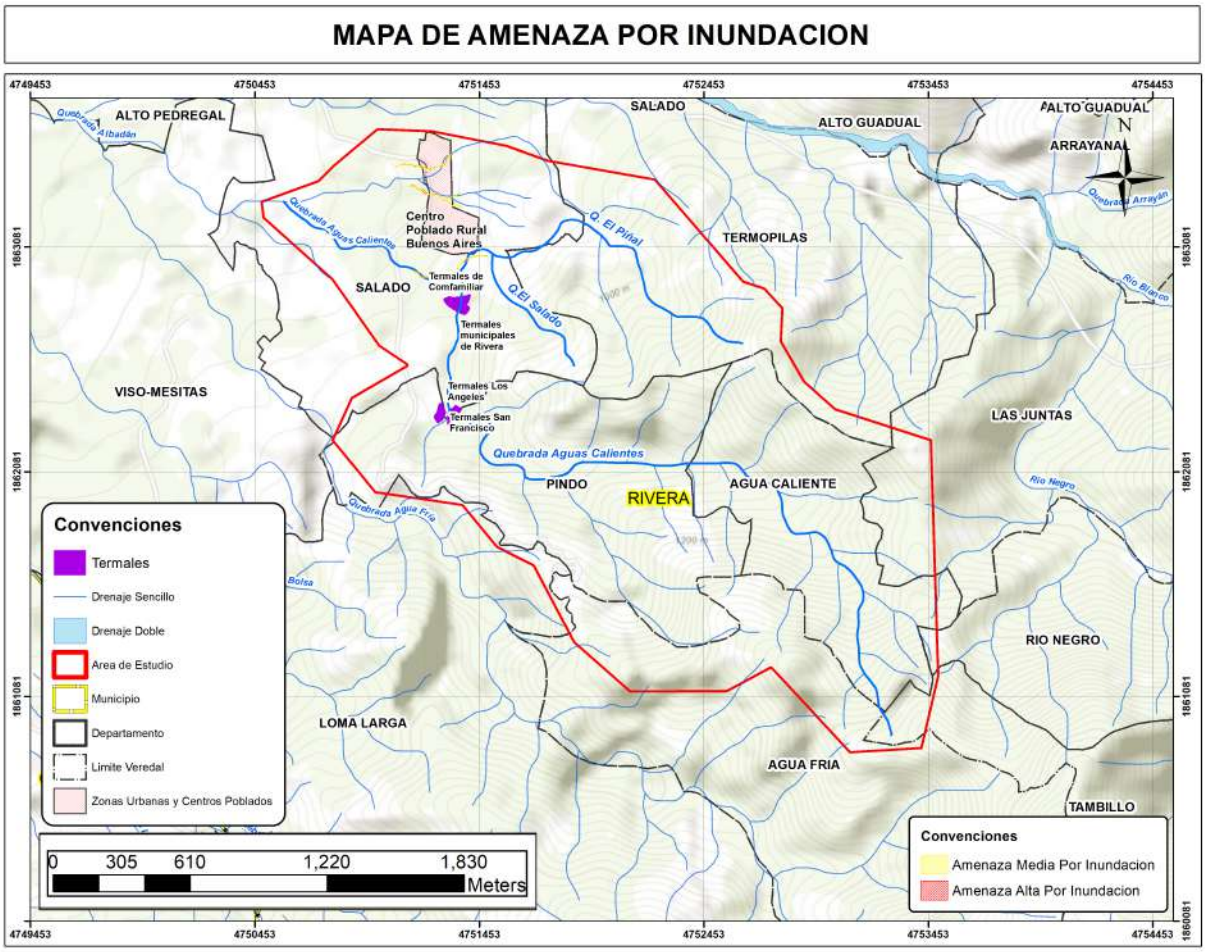


Figura 7.91: Mapa - Amenaza por Inundación - Zona Termales

Fuente: Elaboración propia con base en información del PBOT del Municipio de Rivera

Por su parte, la mayor extensión del territorio rural, especialmente hacia el centro y el oriente del municipio, presenta una topografía más irregular y pendientes pronunciadas, lo que reduce la posibilidad de inundación y concentra los procesos hídricos en cauces bien definidos. En estas zonas, la amenaza por inundación tiende a ser baja o nula, predominando condiciones de estabilidad hidrológica que contrastan con los valles aluviales de los sectores occidentales.

Por tanto, la zona de estudio muestra muestra una incidencia mucho más localizada de la amenaza. La amenaza media se identifica principalmente en las zonas adyacentes a la Quebrada Aguas Calientes y su sistema de drenaje, donde la combinación de una morfología encajada y la presencia de infraestructuras urbanas incrementa la posibilidad de desbordamientos ante lluvias intensas. Adicionalmente, se destaca una franja de amenaza alta en el sector suroriental, entre las veredas Agua Caliente y Agua Fría, coincidiendo con áreas de menor pendiente y confluencia de drenajes secundarios.

En conclusión, los resultados cartográficos sugieren que la gestión del riesgo por

inundación en Rivera debe considerar tanto la planificación territorial en los corredores fluviales rurales, evitando usos vulnerables, como la implementación de medidas de control hidráulico y drenaje pluvial en el área urbana, donde la amenaza, aunque localizada, puede tener impactos significativos sobre la infraestructura y la población

7.9.3. Amenaza por Avenidas Torrenciales

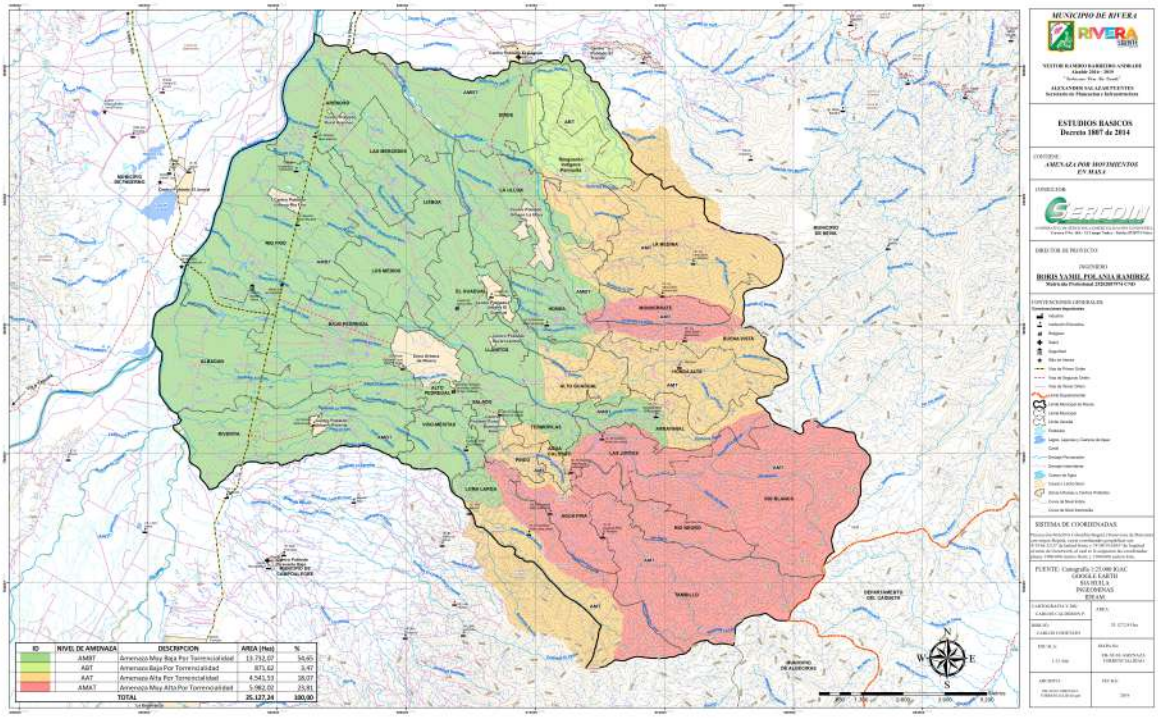


Figura 7.92: Mapa - Amenaza por Avenidas Torrenciales - Zona Rural

Fuente: Tomado del PBOT Municipio de Rivera

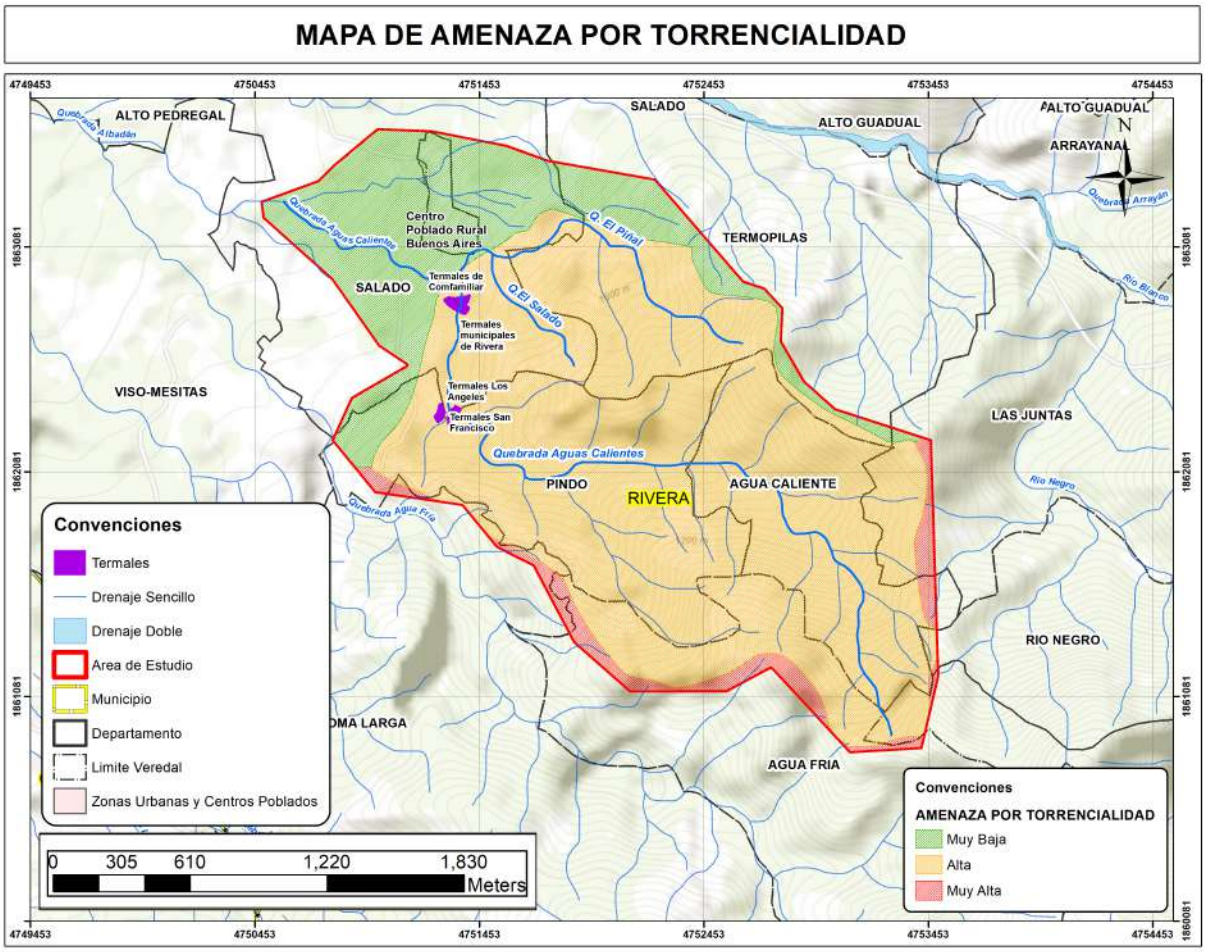


Figura 7.93: Mapa - Amenaza por Avenidas Torrenciales - Zona Termales

Fuente: Elaboración propia con base en información del PBOT del Municipio de Rivera

En el contexto municipal, el mapa de amenaza por torrencialidad evidencia que aproximadamente el 54,65 % del territorio se encuentra en categoría de amenaza muy baja, principalmente en las zonas de piedemonte y valle donde predominan relieves suaves y procesos de acumulación. Sin embargo, las áreas de amenaza alta y muy alta, que representan cerca del 41 % del territorio municipal, se concentran hacia el oriente y suroriente, coincidiendo con las microcuencas de los ríos Blanco y Negro, y las quebradas Agua Fría, Aguas Calientes y El Piñal. Estas zonas presentan una alta energía del relieve, cauces encajonados y condiciones de alta escorrentía superficial.

Al focalizar el análisis en la zona de estudio del presente informe, comprendida entre las quebradas Aguas Calientes, El Salado y El Piñal, se identifica un patrón similar, aunque con una mayor concentración de áreas clasificadas como de amenaza alta y muy alta dentro del área delimitada. Las áreas críticas se localizan principalmente en los sectores del centro poblado Buenos Aires y el entorno de los termales municipales, donde la topografía en ladera y la confluencia de cauces secundarios aumentan significativamente la susceptibilidad a eventos torrenciales.

El análisis cartográfico permite concluir que la zona de estudio coincide con un corredor de amenaza elevada, donde los procesos torrenciales podrían afectar tanto infraestructura existente (vías, establecimientos turísticos y obras hidráulicas) como áreas de ronda hídrica.

Esto se puede ver mas a detalle en en el Anexo 1.1. Información Secundaria e Inventario, Anexo 1.1.1. Información Secundaria en la carpeta titulada POT RIVERA - HUILA.

7.10. Noticias

7.10.1. Alerta en el departamento por ola invernal" – Gobernación del Huila

Durante la actual temporada de lluvias, el Departamento del Huila ha declarado el estado de alerta en múltiples municipios, entre ellos Rivera, debido a los efectos acumulativos de las precipitaciones sostenidas. En lo corrido del año 2025, se han registrado 13 eventos naturales (vendavales, deslizamientos, inundaciones), que han generado afectaciones en 10 municipios, incluyendo Rivera, según reportes oficiales del Comité Departamental de Gestión del Riesgo.

Aunque el informe no detalla puntualmente el tipo de afectaciones ocurridas en Rivera, su inclusión en el reporte implica la ocurrencia de al menos una emergencia atendida por el Comité Municipal de Gestión del Riesgo (CMGRD). En municipios con características geográficas y climáticas similares, los daños comunes han sido: afectación parcial de viviendas rurales, colapso de cubiertas, interrupciones en vías terciarias y riesgo por movimientos en masa.

Rivera, dada su topografía quebrada y presencia de múltiples corrientes hídricas, mantiene alto riesgo de deslizamientos y afectación a la infraestructura interveredal, especialmente en zonas de ladera con suelos saturados. Esto refuerza la necesidad de mantener activo el CMGRD local, realizar monitoreos constantes en zonas vulnerables y garantizar la operatividad del plan de contingencia municipal.

El Gobierno Departamental ha reiterado el acompañamiento técnico y logístico a los municipios, incluyendo asistencia humanitaria (mercados, kits de cocina, colchones) a las familias damnificadas. Aunque hasta el momento no se han reportado pérdidas humanas, se insiste en la importancia de las acciones preventivas, el monitoreo comunitario y la respuesta oportuna ante nuevas emergencias.

7.11. Información cartográfica

7.11.1. Referencias documentales

Como parte integral del presente alcance, se deben considerar los documentos que se enuncian a continuación, dentro del marco de la lectura, análisis e interpretación de

los contenidos, para los numerales subsecuentes, a fin de contextuar la integridad del dato expuesto.

- Resolución 471 de mayo 14 de 2020, expedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (2020a).
- Resolución 529 de junio 5 de 2020, expedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (2020b).
- Modificatorio 179 de 2022, expedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (2022).
- Ley 1523 de 2012 en el capítulo V Sistemas de Información alineado con la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE.
- Guía Técnica para la Identificación de la Estructura Ecológica Principal IDEAM (2016).

7.11.2. Sistema de referencia

El origen de proyección cartográfica Origen Nacional, surge con la expedición de la Resolución IGAC 471 de mayo 14 de 2020 , que actualiza las especificaciones técnicas mínimas para la cartografía oficial. En esta norma en el artículo 4, literal i contempla el sistema de referencia y se señala los parámetros de la proyección y origen así:

Tabla 7.14: Parámetros de la proyección cartográfica Origen Nacional.

Parametro	Valor
Proyección	Transversa Mercator
Elipsoide	GRS80
Origen Latitud	4” N
Origen Longitud	73” W
Falso Este	5.000.000
Falso Norte	2.000.000
Unidades	Metros
Factor de escala	0.9992

El IGAC, como autoridad en la cartografía nacional, afirma que los planos resultantes de los estudios, al final se deben proyectar al sistema único de proyección. De igual forma la cartografía temática se seguirá produciendo con sus respectivos requerimientos, pero para efectos de integrar y compartir deberá ser proyectada al origen nacional.

El nuevo sistema debe ser adoptado para todas aquellas entidades que produzcan, usen o compartan información geográfica oficial y/o pretendan representar sus datos sobre cartografía IGAC.

Elementos técnicos a considerar

El sistema se denomina Origen Único Nacional, ya que se planteó referida a una banda continental con un ancho de 12º de longitud y trabaja bajo el Datum MAGNA-SIRGAS, lo que implica que sigue siendo el mismo usado antes con seis orígenes, la proyección de igual forma, es cilíndrica transversa de Mercator, pero de tipo secante y no tangente por lo que alcanza a cortar el esferoide a ambos lados del meridiano central. En el proceso de adopción se buscó un factor de escala (k) que minimizara las distorsiones positivas y negativas desde el origen y además ponderado con pesos de densidad poblacional del territorio nacional desde datos DANE, dando como resultado, un k=0.9992 como el factor de escala óptimo.

De acuerdo a las características del factor de escala dispuesto, se obtiene un plano secante al esferoide. La distorsión en áreas es cero en aquellos dos meridianos estándar, es decir donde el plano corta el esferoide y esto sucede a 254 km del meridiano central. La distorsión es negativa hacia el meridiano central y es positiva más allá de los meridianos estándar.

Adopción del marco normativo

Además de la Resolución IGAC 471 de mayo 14 de 2020, se expidió la Resolución 529 de junio 5 de 2020 que agrega en su artículo 1 que “La proyección cartográfica aplica principalmente para el intercambio, uso y gestión de la información geográfica del país. Lo anterior no restringe el uso de otras proyecciones para levantamientos, mediciones o proyectos o actividades de geoposicionamiento a que haya lugar, para los cuales se aplicarán los parámetros de conversión correspondientes” .

Implementación tecnológica

En julio de 2020 al sistema Origen Único Nacional se le asignó el código EPSG 9377, que lo hace oficial a nivel internacional. De ahí, el llamado del IGAC a que aquellas entidades que disponen información por servicios web geográficos hagan la configuración de los mismos con el origen nacional. En las versiones de ArcGIS 10.8 y superiores ya está incorporado el Origen Nacional entre los sistemas de coordenadas proyectadas. En versiones previas de ArcGIS, se puede crear y adoptar el sistema de referencia

Implementación en el proyecto

En el desarrollo del contrato 376 de 2025, el cual tiene como objetivo, DESARROLLAR LAS ACTIVIDADES PARA LA ELABORACIÓN DE LA ETAPA 1: 1 CARTOGRAFÍA 1:10.000, APRESTAMIENTO; CONOCIMIENTO DEL RIESGO (AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS NATURALES DE INUNDACIÓN, AVENIDA TORRENCIAL Y MOVIMIENTO EN MASA); Y EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA AGUAS CALIENTES Y SUS QUEBRADAS TRIBUTARIAS EL PIÑAL Y EL SALADO EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE RIVERA- HUILA, EN CUMPLIMIENTO DE LO DISPUESTO EN EL DECRETO 1076 DE 2015 Y LOS LINEAMIENTOS DE LOS DECRETOS 1807 DE 2014, 1077 DE 2015 PARA LA INCORPORACIÓN DEL RIESGO EN EL DESARROLLO TERRITORIAL, EL DECRETO 2245 DE 2017 PARA EL ACOTAMIENTO DE RONDAS HÍDRICAS Y LAS GUÍAS METODOLÓGICAS DESARROLLADAS POR EL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO- SGC, EL IDEAM, Y

LAS DIRECTRICES PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA LEY 1931 DE 2018 Y DEMÁS NORMAS QUE SE COMPLEMENTEN, ADICIONEN, SUSTITUYAN Y/O MODIFIQUEN., se establece el sistema de referencia Origen Único Nacional, para la generación y entrega de los productos cartográficos, y tal como lo afirma el IGAC, autoridad en la cartografía nacional, el origen único trae beneficios como la integración de una única base de datos en coordenadas planas para todo el país, simplificación en el manejo de esas coordenadas, la representación en muchas escalas con una sola proyección, facilidad para la interoperabilidad de los datos espaciales en Colombia.

7.11.3. Información Secundaria

La cartografía base y/o secundaria se convierte en el insumo indispensable para realizar cualquier proceso de planificación y/o análisis a nivel territorial. De igual manera, esta actividad permitió avanzar en el conocimiento del área de influencia y ver la forma en que se afecta, en el contexto del alcance de la consultoría. A partir de esto, se realizó un análisis sobre los contenidos disponibles en el área de influencia, estructurando nuevos, de manera ordenada en bases de datos geográficas.

7.11.4. Grupo límite político - administrativo

De conformidad al Marco Geoestadístico Nacional (MGN) y las disposiciones de la resolución 2222 del 03 de agosto de 2018, del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2018). El Decreto 262 de 2004, establece como función del DANE: “Diseñar y desarrollar el Sistema de Información Geoestadístico y asegurar la actualización y mantenimiento del Marco Geoestadístico Nacional Único”; y, en concordancia con el Decreto 1743 de 2016, el DANE en su calidad de ente rector del SEN, ejerce la función de “Establecer y poner y disposición del público en general, el Marco Geoestadístico Nacional para la producción y difusión de estadísticas oficiales”. En este contexto el DANE, para el fortalecimiento del SEN en el Plan –Estadístico Nacional (PEN) 2017-2022, planteó la estrategia 8, que busca la integración entre la información estadística y la información geoespacial, la cual está alineada con la iniciativa de Naciones Unidas sobre la Gestión Global de Información Geoespacial DANE (2019).

Dentro de las características generales del Marco Geoestadístico Nacional, se encuentra la identificación de las áreas urbanas y rurales y facilitar los diferentes niveles de desagregación geográfica, así como la codificación de la división político-administrativa de Colombia. Por tanto, corresponde a una fuente confiable, que rige cualquier análisis territorial a nivel geográfico. En este caso, la información suministrada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para efectos del presente ejercicio, se asocia a la descripción vectorial del área que comprende: corregimientos, centros poblados, veredas, municipios y departamento.

7.11.5. Datos institucionales y/o estudios realizados en Colombia

En este grupo se organizó la información procedente de las diferentes entidades oficiales, al igual que un compendio de estudios realizados en el área de estudio.

7.11.6. Cartografía predial y urbanística

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia, elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble; realizar el inventario de las características de los suelos; adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial; capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica IGAC, Datos Abiertos IGAC, 2024.

Pone a disposición como dato abierto para todas las personas, organizaciones y entidades que la requieran, con el fin de generar, aportar y contribuir con la generación de nuevo conociendo y apoyar con la toma de decisiones del territorio colombiano conjuntos de datos como los siguientes: cartografía base a escala 1:500.000, 1:100.000 y 1:25.000 de todo el país, el conjunto de datos catastrales IGAC, Datos Abiertos IGAC, 2022.

7.12. Análisis de eventos históricos

En el marco de las actividades de la recopilación y análisis de información secundaria del contrato, se realizó un diagnóstico sobre los inventarios históricos locales existentes en el área de estudio, el cual tuvo como finalidad identificar, evaluar y seleccionar las fuentes de información para la alimentación de las bases de datos históricas que actualmente se están desarrollando en la Consultoría. En este capítulo, se presenta un panorama general del estado y avance de los inventarios históricos de desastres, la cual, se obtuvo a través de investigación por parte de los especialistas de la Consultoría a diferentes fuentes de información como DESINVENTAR, SIMMA y demás que se consideren relevantes, cuyos resultados se presentan a continuación.

7.12.1. DESINVENTAR

El manejo y desarrollo del DesInventar en Colombia ha estado a cargo de la OSSO, sin embargo, en la última década se ha ido consolidando con información de registros y trabajos realizados por diferentes autores, universidades y entidades locales, regionales y nacionales involucradas en la gestión del riesgo de desastres. Actualmente, existen 12 bases de datos para diferentes regiones y ciudades del país y una a nivel nacional con registros de desastres ocurridos desde el año 1900.

Los desastres registrados en dicha base de datos no corresponden a la totalidad de fenómenos de origen natural ocurridos, sino a aquellos eventos que generaron pérdi-

das, y que, por lo tanto, pueden considerarse desastres a escala regional, además que por sus efectos han sido registrados por medios de comunicación o entidades municipales encargadas de atender y evaluar las consecuencias de los eventos ocurridos. Los criterios utilizados para el registro de eventos dentro de la base de datos DesInventar son: (i) aquellos eventos que hayan generado afectaciones en por lo menos una vivienda de forma considerable o destruida, (ii) la pérdida de una o más vidas humanas, (iii) una o más familias afectadas, (iv) fenómenos con afectaciones ambientales en áreas mayores o iguales a una hectárea (Aguilar (2013)).

En la Tabla 7.15 se encuentra la información de 22 eventos de movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales ocurridos en el Municipio de Rivera, departamento de Huila, donde se puede observar la cantidad de personas afectadas por dichos fenómenos y el principal causante. Se puede acceder a esta información a través del siguiente link de enlace DesInventar

Tabla 7.15: Registro de eventos (Base de datos DesInventar)

Serial	Event	Date (YMD)	Comments	Cause	Descrip of Cau-se	Source	Deaths	Houses Des-tro-yed	Houses Da-ma-ged	Indirect Affec-ted	Relocated
UNGRD 2017-0284	Inundación	2017/12/10	CDGRD HUILA REPORTA EN EL MUNICIPIO DE RIVERA HACIA LAS 08: 00 HORAS DEBIDO A LAS FUERTES LLUVIAS E INSUFICIENCIA; EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO; SE INUNDARON 8 VIVIENDAS EN EL BARRIO CHAPINERO; FUNDADORES; FINCA EL PANTANO 1; VEREDA EL GUADUAL; AFECTANDO MUEBLES Y ENSERES; SE GENERO CAIDA DE ARBOLES EN LA VEREDA BAJO PEDEGRAL; ATENDIO BOMBEROS. -918	RAIN		UNGRD			8	40	
UNGRD 2017-0037	Deslizamient	2017/1/21	CDGRD DEL HUILA; INFORMA; SE PRESENTÓ DESLIZAMIENTO; EN LA VEREDA LAS JUNTAS; DEJANDO: 1 VIVIENDA AFECTADA Y DAÑO EN DOS MOTOCICLETAS. -057	UNKNO		UNGRD			1	5	

Serial	Event	Date (YMD)	Comments	Cause	Descrip of Cau-se	Source	Deaths	Houses Des-tro-yed	Houses Da-ma-ged	Indirect Affec-ted	Relocated
UNGRD 2017-0002	Creciente	2017/2/22	CDGRD HUILA REPORTA EN EL MUNICIPIO DE RIVERA AFECTACIÓN EN INFRAESTRUCTURA; PUENTES VEHICULARES 2; BOCATOMA DEL MUNICIPIO; SE REALIZA EVACUACIÓN PREVENTIVA DE 2.000 PERSONAS; BARRIOS CANADÁ ETAPA 1 Y ETAPA 2; SAN RAFAEL; NUEVA COLOMBIA Y COLEGIOS. PONAL Y BOMBEROS REALIZAN CONTROL EN EL PUENTE LOS MEDIOS- BARRIO CANADÁ VÍA GUADUAL RUTA 45 KM 15; PARA EL TRÁNSITO DE PERSONAS. ACTUALIZACIÓN DNBC RIVERA 12:33 HORAS INFORMA CUERPO DE BOMBEROS QUE EL RÍO SIGUE CRECIENDO POR LLUVIAS EN LA PARTE ALTA; LAS UNIDADES SE ENCUENTRAN HACIENDO LABORES DE VERIFICACIÓN Y AFECTACIÓN EN LA ZONA. -141 SE RECIBE; INFORME; NÚMERO 3; DELEGADO EN TERRENO; (DANIEL ORTIZ); ACTUALIZA INFORMACION EVENTO AVENIDA TORRENCIAL EN EL MUNICIPIO DE RIVERA: 1 VIVIENDA DESTRUIDA; 17 VIVIENDAS AVERIADAS; 70 FAMILIAS AFECTADAS; 2 PUENTES VEHICULARES; 2 PUENTES PEATONALES; 1 CTRO EDUCATIVO; 1 ACUEDUCTO; 205 HECTAREAS DE CULTIVOS(PANCOGER) SITUACION EN DESARROLLO. -156 DANIEL ORTIZ FUNCIONARIO SMD UNGRD. INFORME NRO. 09 DEL 06/03/2017 DEPARTAMENTO DEL HUILA. M/PIO DE RIVERA PERSONAS REGISTRADAS: HOMBRES 08; MUJERES 07; NIÑOS 130; NIÑAS 86; PARA UN TOTAL DE 231. CIFRAS PARCIALES. CANTIDAD DE MAQUINARIA 07. KIT ALIMENTARIO 30. KIT DE ASEO 30. KIT DE COCINA 30. FRAZADA 90. CARROTANQUES 06. SITUACIÓN EN SEGUIMIENTO. -172 EL VALOR DE OTROS CORRESPONDE A: 3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE 5000 LITTROS DEL CNL POR UN VALOR DE 6510.000. 3 CARROTANQUES POR 30 DIAS (INCLUYE SUMINSTRO Y SEGUIMIENTO Y CONTROL); POR UN VALOR DE 144483.850 TRANSFERENCIA ECONOMICA DIRECTA PARA EL MUNICIPIO DE RIVERA PARA GASTOS OPERATIVOS Y LOGISTICOS EN LA RESPUESTA Y EN LA RECUPERACIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR EL EVENTO EN MENCIÓN. (50000.000 A.P.17-0243) EL VALOR DE OTROS CORRESPONDE A SUMINISTRO; SEGUIMIENTO Y CONTROL DE MAQUINARIA. (350000.000) EL VALOR DE OTROS CORREPONDE A SUMINISTRO DE MAQUINARIA SMD185 466.704.077 (A.P 17-0809) EL VALOR DE OTROS CORRESPONDE A SUMINISTRO DE MAQUINARIA SMD() (326.692.853;90) (AP 18-0075) EL VALOR DE OTROS CORRESPONDE A SEGUIMIENTO Y CONTROL AL SUMINISTRO DE MAQUINARIA SMD() (22.868.499;77) (AP-18-0063) EL VALOR DE OTROS CORRESPONDE A SEGUIMIENTO Y CONTROL AL SUMINISTRO DE MAQUINARIA SMD CONJUNTO ALGECIRAS - RIVERA CAMPOALEGRE 19.156.750.90(AP)	RAIN		UNGRD		2	16	232	
UNGRD 2017-0000	Creciente	2017/1/21	CDGRD DE HUILA INFORMA: M/PIO DE RIVERA: PÉRDIDA DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA RIVERITA EN LA VÍA RIVERA – VEREDA ALTO BEJUCAL – CAMPOALEGRE. EN SEGUIMIENTO. -056	UNKNO	Quebrad Riveri-ta	UNGRD					

Serial	Event	Date (YMD)	Comments	Cause	Descrip of Cau-se	Source	Deaths	Houses Des-tro-yed	Houses Da-ma-ged	Indirect Affec-ted	Relocated
UNGRD 00705	Inundación	2013/2/12	CDGRD DEL HUILA; INFORMA; FILTRACIÓN DE AGUAS LLUVIAS; EN LA VEREDA: RIVERITA-COLAPSO DE DOS PAREDES DE LA VIVIENDA	RAIN		UNGRD			1	5	
UNGRD 00229	Inundación	2013/1/16	EL CDGRD INFORMA QUE EN LA NOCHE ANTERIOR SE PRESENTO UN AGUACERO AFECTANDO A UNA VIVIENDA EN EL BARRIO RODRIGO LARA	RAIN		UNGRD			2	10	
UNGRD 2012-0113	Inundación	2012/4/18	SE PRESENTO INUNDACION POR LLUVIAS EN LA VEREDA RIVERITA REPORTE CREPAD HUILA CORREO ELECTRONICO	RAIN		UNGRD			13	100	
DGR-2011-02459	Inundación	2011/11/19	SE PRESENTO CRECIENTE SUBITA DE LA QUEBRADA JAGUAR EN EL CORREGIMIENTO EL CAGUAN; ARRASTRO VEHICULO FALLECIENDO EL SARGENTO WILSON BARRERA GAMBOA PERTENECIENTE AL GAULA DE LA POLICIA NACIONAL. CUERPO FUE RESCATADO EN AGUAS DEL RIO ARENOSO. REPORTE CREPAD	OVERFL	CRECIE SUBITA DE LA QUE-BRA-DA JA-GUAR	DGR	1				
2011-00005	Deslizamient	2011/1/1	Los Termales Rivera, ubicados en la zona turística más visitada del Huila, desaparecieron por un deslizamiento ocurrido a las 4:30 am. Arrasó con 15 viviendas de la vereda Aguas Calientes. YDA	UNKNO	La fuente no men-ciona la causa del even-to.	El Tiem-po, 02 de enero de 2011		15			100
DGR-2011-01161	Deslizamient	2011/5/18		UNKNO		DGR		1		5	
DGR-2010-02056	Creciente	2010/12/31	REPORTE DEL CREPASD.	OVERFL	QUEBR/ EL SALA-DO Y AGUAS CA-LIEN-TES.	DGR		3		15	
DGR-2010-01443	Inundación	2010/11/6	AFECTADA VIA NEIVA - PITALITO. PERDIDA DE CULTIVOS DE PLATANO;YUCA; PAPAYA; TOMATE Y PEPINO. REPORTE DEL CREPAD.	OVERFL	DESBOI RIO NEIVA	DGR		2	2	20	

Serial	Event	Date (YMD)	Comments	Cause	Descrip of Cau-se	Source	Deaths	Houses Des-tro-yed	Houses Da-ma-ged	Indirect Affec-ted	Relocated
DGR-2008-01493	Inundación	2008/12/6		OTHER		DGR					
DGR-2008-00111	Inundación	2008/3/12	DAÑOS EN LA PARTE AGRICOLA	UNKNO		DGR				15	
1982-0064	Deslizamient	1982/2/25	Entre las personas que perecieron se encuentra una menor miembros de una flia campesina.//La tragedia ocurrió a causa de las fuertes lluvias que provocaron la venida de las quebradas La Medina y la Ulloa y el desprendimiento de franjas de tierra que asola ron igual/ varias plantaciones.	RAIN	Fuertes lluvias	EL TIEM-PO 1982-02-26	3				
1960-0005	Inundación	1960/2/15		OVERFL	RIO FRIO	BDOD-19000	9				
1953-0034	Inundación	1953/7/15		OVERFL	Río Mag-dale-na	BDOD-00620					
2007-0726	Inundación	2007/11/1	REPORTE DEL CREPAD	UNKNO		DPAD	2			5	
2007-0388	Inundación	2007/6/10	DESBORDAMIENTO RIO MAGDALENA. REPORTE DE LA DEFENSA CIVIL.	OVERFL		DPAD			6	30	
2005-0087	Inundación	2005/2/9	REPORTE DEL CREPAD. APOYO DEL FONDO NACIONAL DE CALAMIDADES PARA LA COMPRA DE COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES PARA LA OPERACIÓN DE LA MAQUINARIA DEL MUNICIPIO A FIN DE REHABILITAR LA RED VIAL TERCIARIA. MEDIANTE LA RESOLUCION 05 DEL 10 DE MARZO DE 2005 SE DECLA 20000000 TOTAL APOYO FNC	UNKNO		DPAD			21	150	
2003-0568	Creciente	2003/12/6	SITIO RURISTICO LOS TERMALES INSPECCION DE EL SALADO.	UNKNO		DPAD	1				
1999-0351	Inundación	1999/3/20	PERDIDA DE 1068 HAS DE CULTIVOS. DESBORDAMIENTO EL RIO FRIO. AFECTADA ZONA URBANA Y RURAL VEREDAS LAS JUNTAS RIONEGRO AGUACALIENTE RIOBLANCO EL TAMBRILLO LA MEDINA MONSERRATE EL GUADUAL LOS MEDIOS ALTO GUADUAL TERMOPILAS LLANITOS ARRAYANAL A GUAFRIA ARENOSO RIOFRIO HONDA	OVERFL	Desbto. rio Frio	DNPAD		8	71	14651	

Fuente: Tomado de DesInventar

De acuerdo con la tabla 7.15 del registro de eventos (DESIVENTAR), para el municipio de Rivera, Huila, se identificaron numerosos registros de afectaciones por inundaciones, crecientes súbitas y deslizamientos, desde el año 1953 hasta 2017. Estos eventos han causado daños significativos en infraestructura, viviendas, cultivos, vías y centros turísticos, así como pérdidas humanas y desplazamientos de población.

Entre los casos más relevantes se destacan: la creciente del río Frío en 1999, que afectó a más de 14.000 personas en veredas como Aguacaliente, Agua Fría, Río Blanco, Termópilas y Arrayanal; el deslizamiento de 2011 que arrasó con 15 viviendas en la vereda Aguas Calientes, afectando la zona de los termales; y la avenida torrencial de 2017, que provocó la evacuación de más de 2.000 personas y daños en puentes, acueducto, viviendas y colegios. Esta evidencia histórica fortalece el sustento técnico y social del presente estudio, al mostrar la recurrencia y severidad de los fenómenos que amenazan al territorio riverense.

7.12.2. SIMMA

Se realizó una consulta en el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) del Servicio Geológico Colombiano (SGC), con el fin de identificar registros históricos de movimientos en masa en el municipio de Rivera, Huila. Como resultado, se hallaron cuatro eventos clasificados como deslizamientos, con fechas de ocurrencia entre 2010 y 2013 (ver Tabla 7.16). Si bien estos eventos no se encuentran directamente dentro del área de estudio, sí se localizan en zonas cercanas, lo que evidencia la susceptibilidad de la región ante este tipo de fenómenos.

Estos registros constituyen una fuente técnica complementaria a la información recolectada en campo y otras bases de datos, fortaleciendo el análisis de amenaza por remoción en masa. La localización geográfica de estos deslizamientos puede consultarse a través del portal web del SIMMA: Sistema de Información de Amenazas y Vulnerabilidad - SGC. En el Mapa 7.94 se presenta la ubicación georreferenciada de estos eventos, en relación con las zonas de influencia del área de estudio.

Tabla 7.16: Registro de eventos (Base de datos SIMMA)

Código SIMMA	Tipo de movimiento	Fecha evento	Coordenada X	Coordenada Y
26.451	Deslizamiento	11/06/2013	4749003.54	1866118.29
22.26	Deslizamiento	19/04/2011	4759954.14	1858788.02
22.264	Deslizamiento	6/01/2011	4755510.72	1861007.45
22.272	Deslizamiento	20/11/2010	4758858.42	1867635.44

Fuente: Tomado de SIMMA

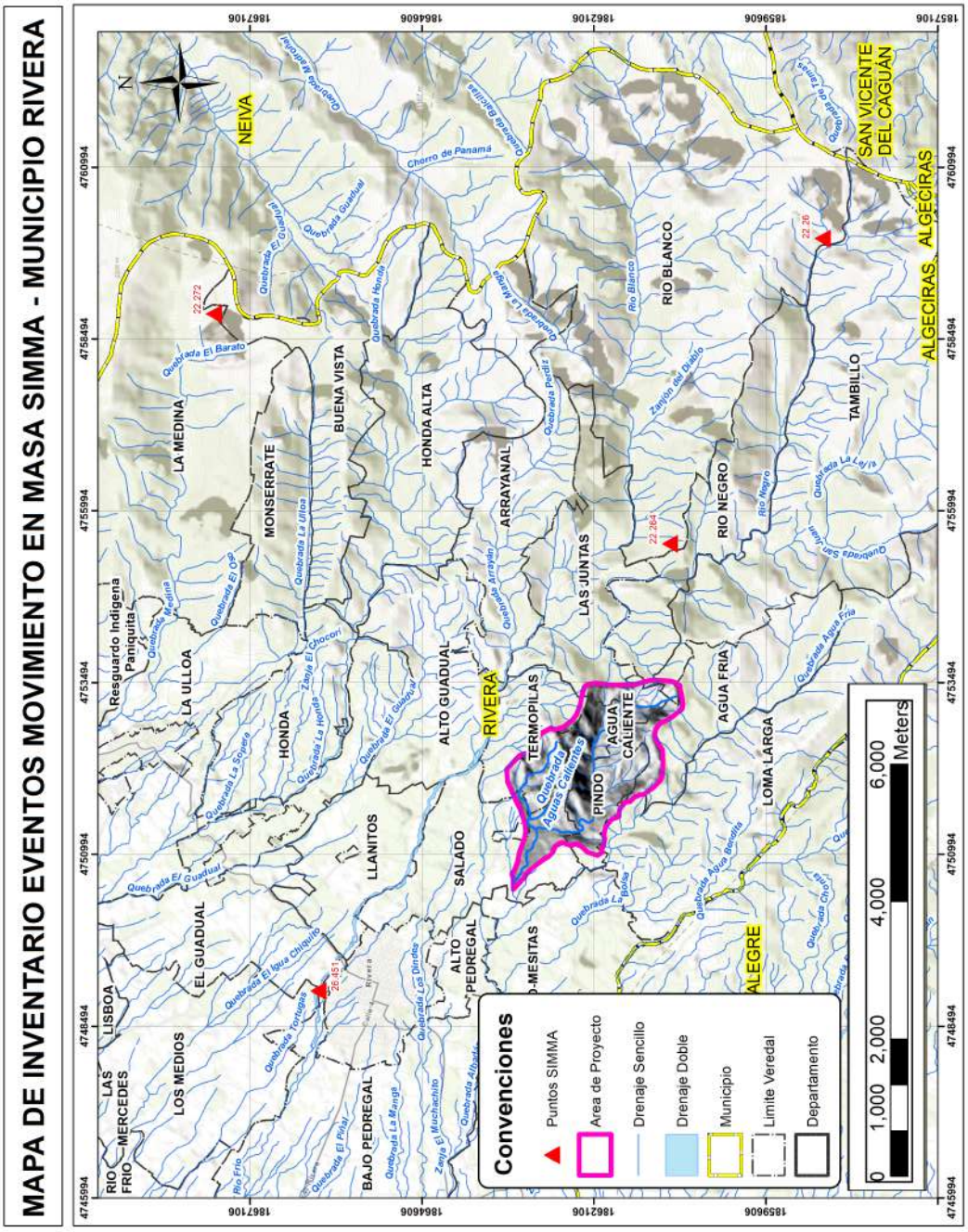


Figura 7.94: Mapa - Localización evento de movimiento en masa cerca al área de estudio

7.12.3. COLOMBIA EN MAPAS

Se llevó a cabo una consulta en el portal Colombia en Mapas, específicamente en la capa denominada Ïnventario de Procesos Morfodinámicos"del Servicio Geológico Colombiano (SGC), disponible en el enlace: Colombia en Mapas. Esta capa geográfica permite visualizar los eventos asociados a fenómenos de remoción en masa en todo el territorio nacional.

En relación con el área de estudio, se identificó un único evento registrado dentro del municipio de Rivera, correspondiente a un deslizamiento traslacional. Si bien este evento se encuentra cercano al área de interés, no se evidencia una concentración significativa de procesos morfodinámicos activos o históricos dentro de los límites específicos de análisis. La localización de este evento puede observarse en la figura 7.95.

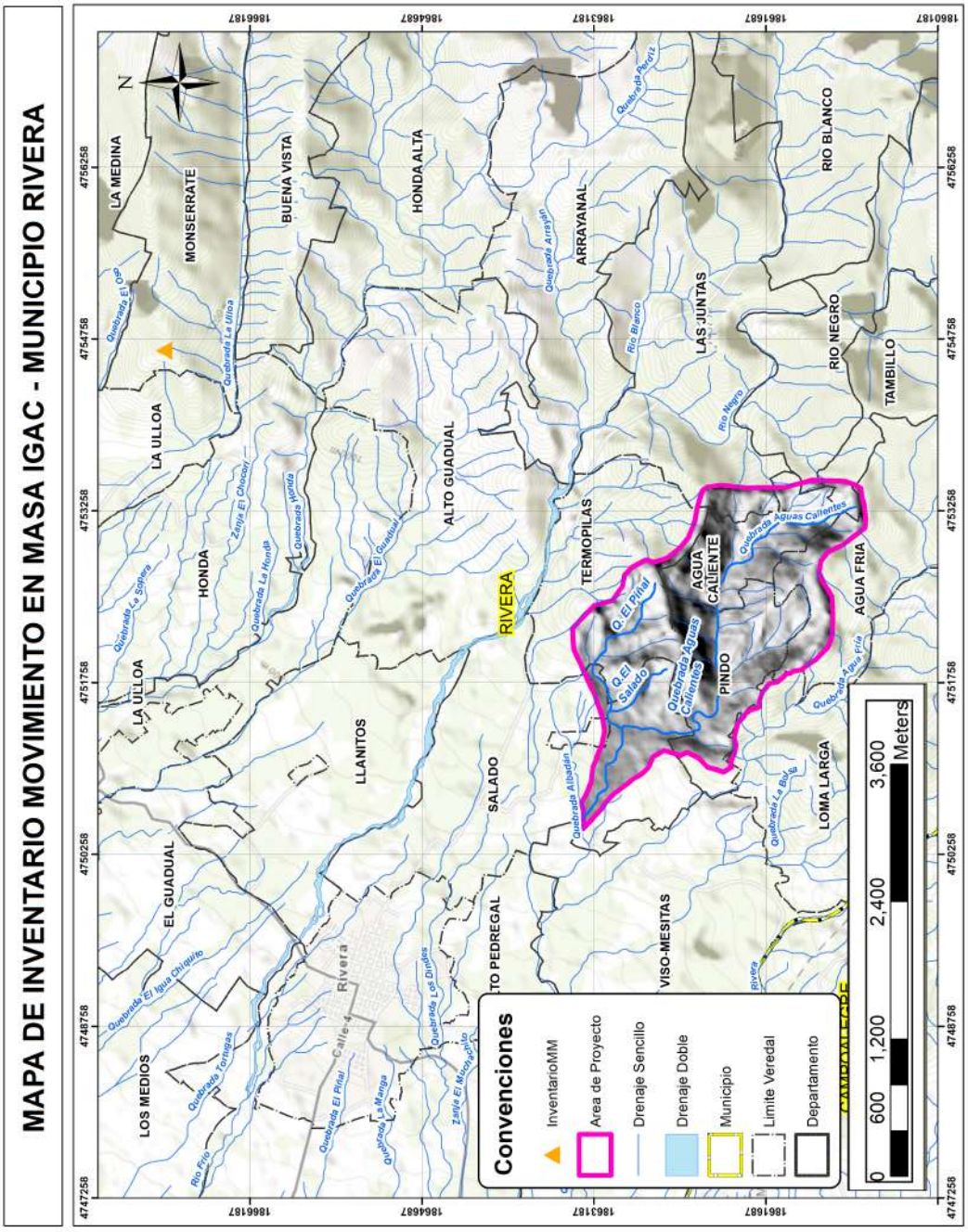


Figura 7.95: Mapa - Localización evento de movimiento en masa cerca al área de estudio

7.13. Catalogo IDEAM

Se realizó la recolección de información a través de la plataforma del IDEAM, enfocada en los temas de cambio climático y amenaza. La información obtenida fue procesada y analizada para generar una descripción contextualizada del área de estudio, con referencia a las condiciones climáticas y geodinámicas tanto a nivel regional como nacional.

7.13.1. Cambio Climático

Vulnerabilidad

- **Índice relativo de afectación año 2010**

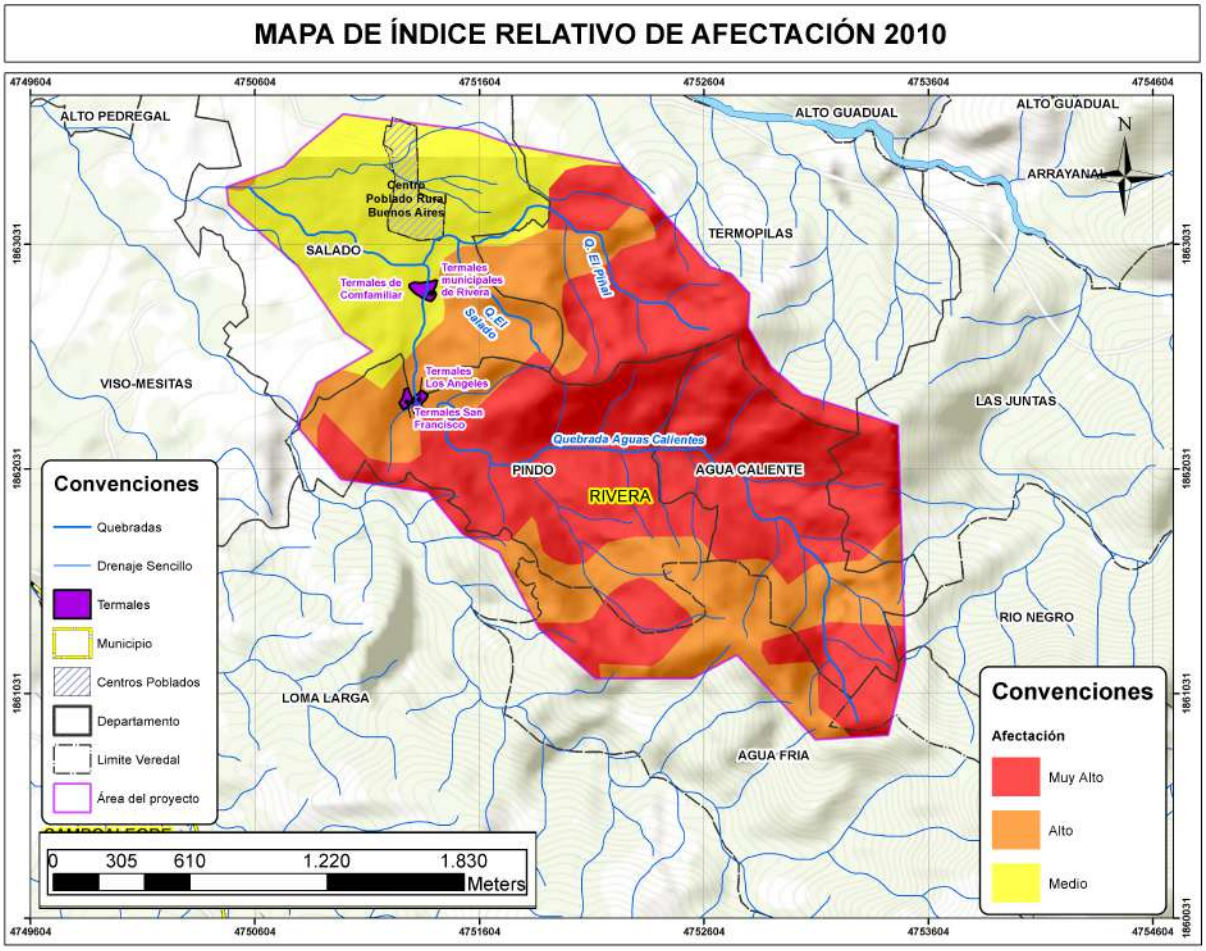


Figura 7.96: Mapa - Índice relativo de afectación en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

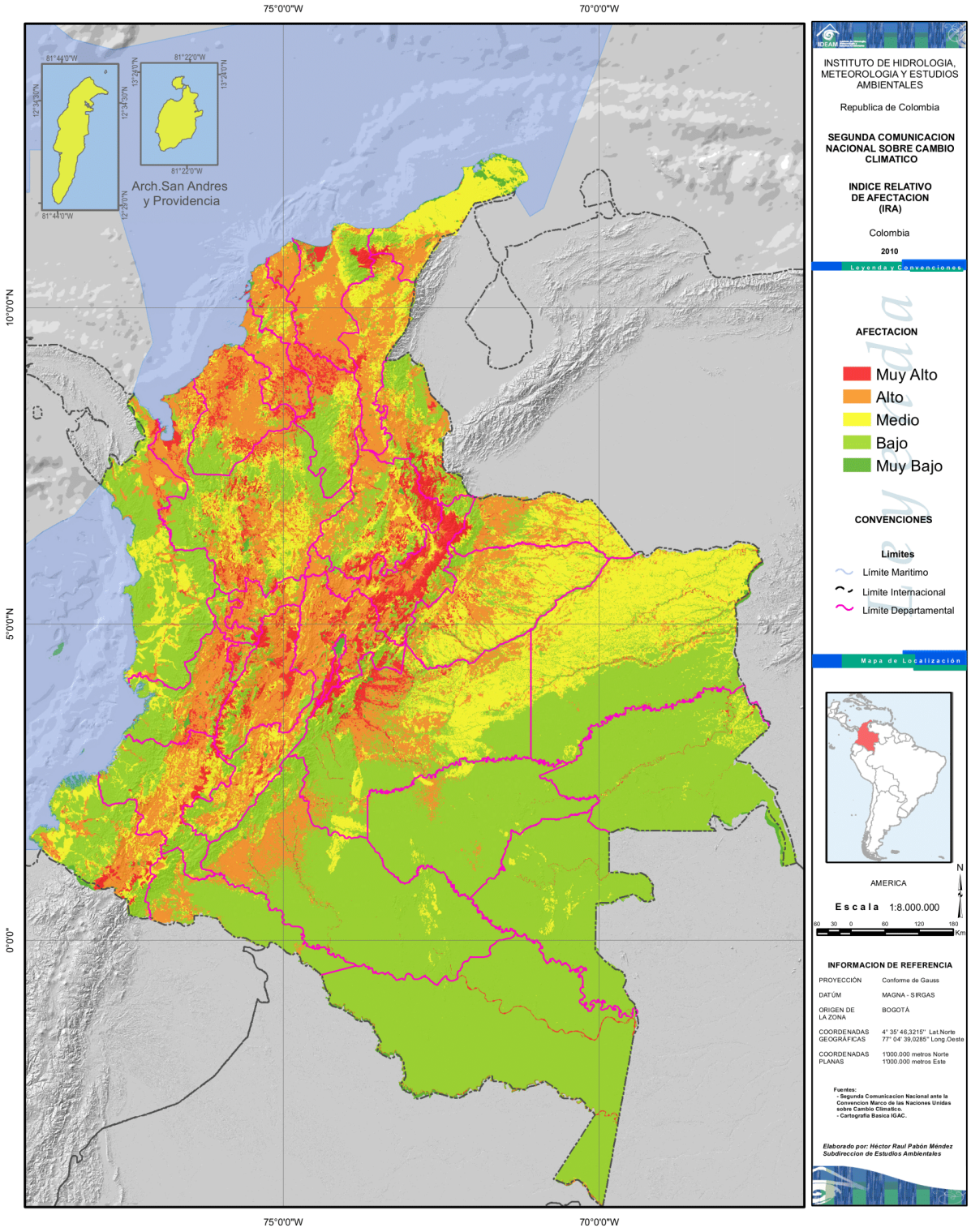


Figura 7.97: Mapa - Índice relativo de afectación en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

En el mapa del índice relativo de afectación 2010 se evidencia un índice de afectación muy alto en la mayor parte del área de estudio, especialmente entre Rivera, Agua Caliente, Pindo y las microcuencas de las quebradas Aguas Calientes y El Piñal. Se observan niveles de afectación alta en El Salado y la parte baja de la microcuenca, y afectación media hacia el límite noroccidental, cerca del centro poblado Buenos Aires. La distribución sugiere una mayor exposición en las zonas centrales y orientales, donde se concentra infraestructura turística como los termales.

- **Vulnerabilidad ambiental periodo 2011-2040**

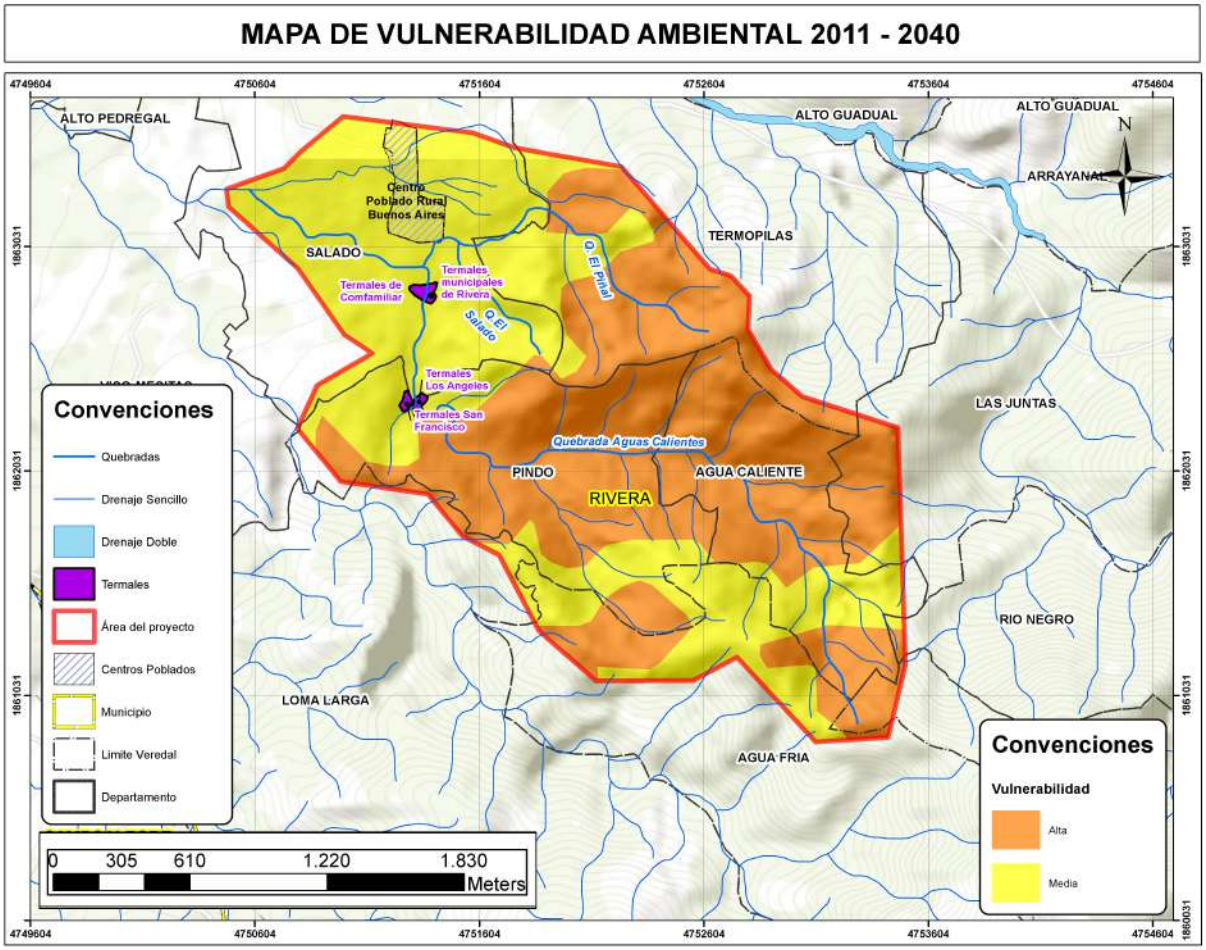


Figura 7.98: Mapa - Vulnerabilidad ambiental periodo 2011-2040 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

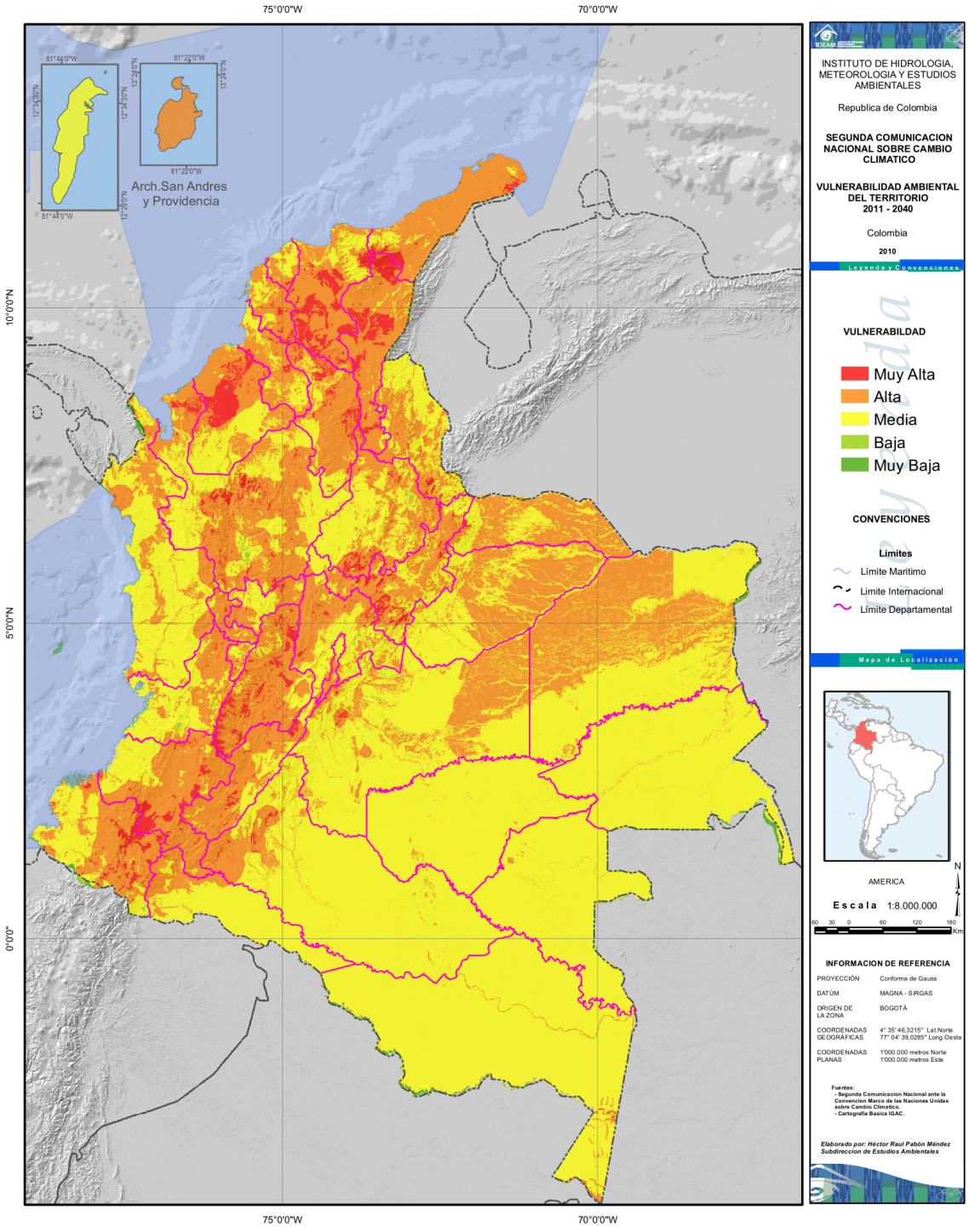


Figura 7.99: Mapa - Vulnerabilidad ambiental periodo 2011-2040 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

El mapa de vulnerabilidad ambiental proyectada para el periodo 2011–2040 eviden-

cia que la mayor parte del área de estudio —incluyendo las microcuencas de Aguas Calientes, El Salado y El Piñal— presenta alta vulnerabilidad, especialmente en torno a las quebradas Aguas Calientes y El Salado, el casco urbano de Rivera y sectores con infraestructura turística como los termales.

Las zonas de vulnerabilidad media se concentran al sur y suroccidente del polígono, donde la intervención antrópica es menor. La distribución espacial refleja una alta exposición ambiental asociada a la ocupación de cauces activos, el desarrollo turístico, la transformación de la cobertura vegetal y la posible degradación del entorno natural.

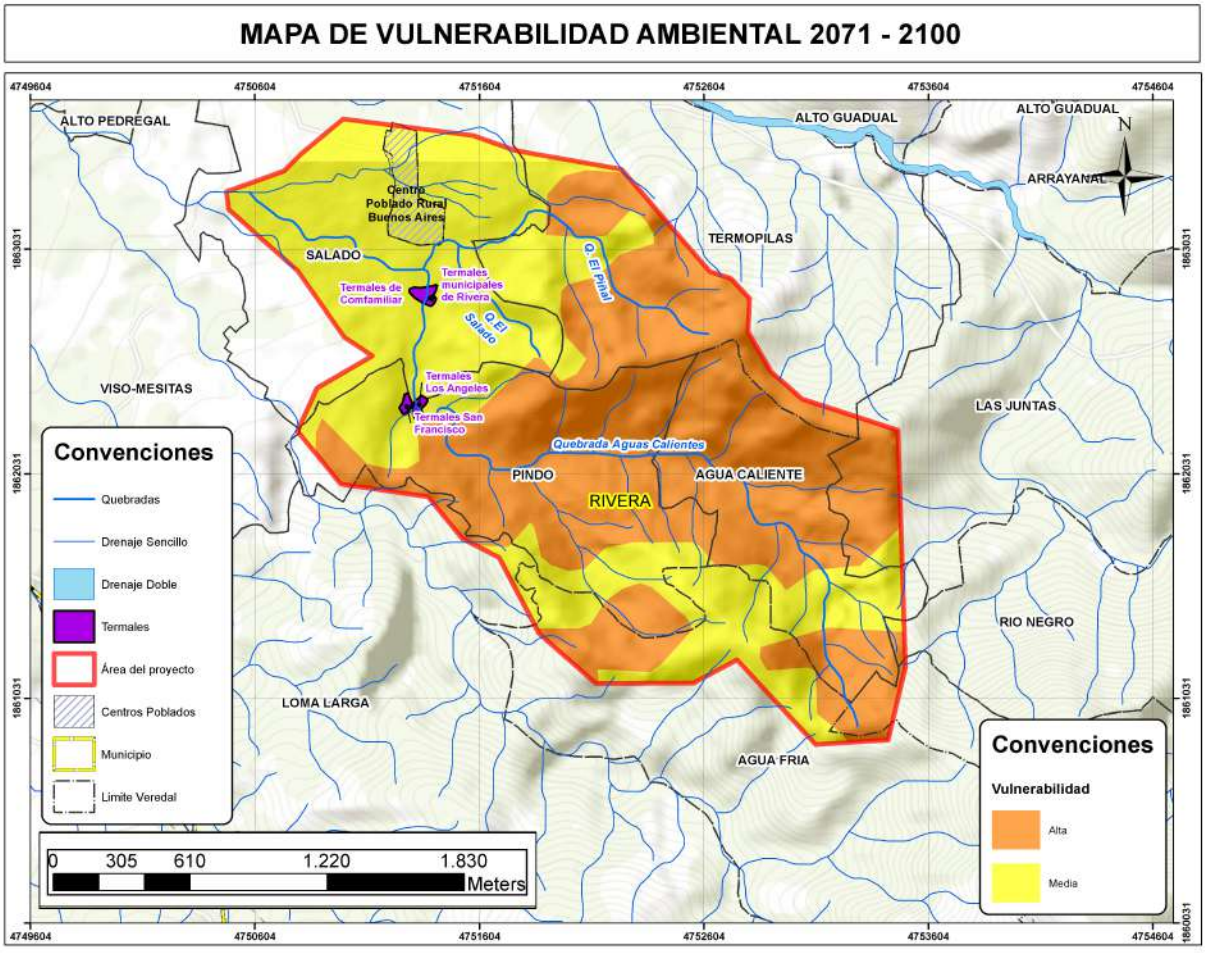


Figura 7.100: Mapa - Vulnerabilidad Ambiental 2071 - 2100 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

- **Vulnerabilidad ambiental periodo 2071-2100**

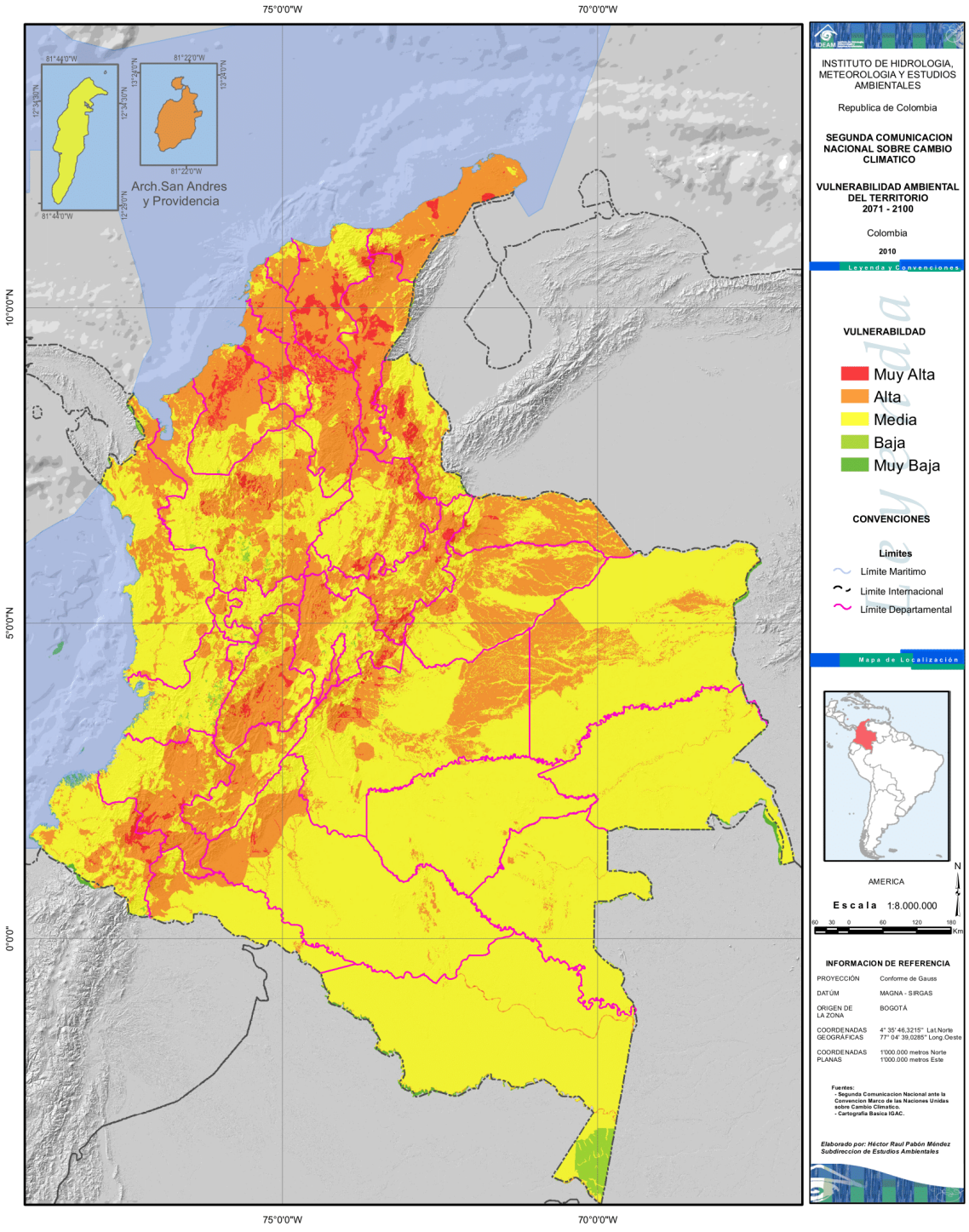


Figura 7.101: Mapa - Vulnerabilidad ambiental periodo 2071-2100 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

El mapa de vulnerabilidad ambiental proyectada para el periodo 2071–2100 eviden-

cia una amplia distribución de zonas con alta vulnerabilidad (color naranja) en el área de estudio, abarcando los alrededores de las quebradas Aguas Calientes, El Salado y El Piñal, así como las áreas cercanas al casco urbano de Rivera y los complejos termales.

Las zonas de vulnerabilidad media (color amarillo) se ubican de forma restringida en el sector sur y sureste del polígono.

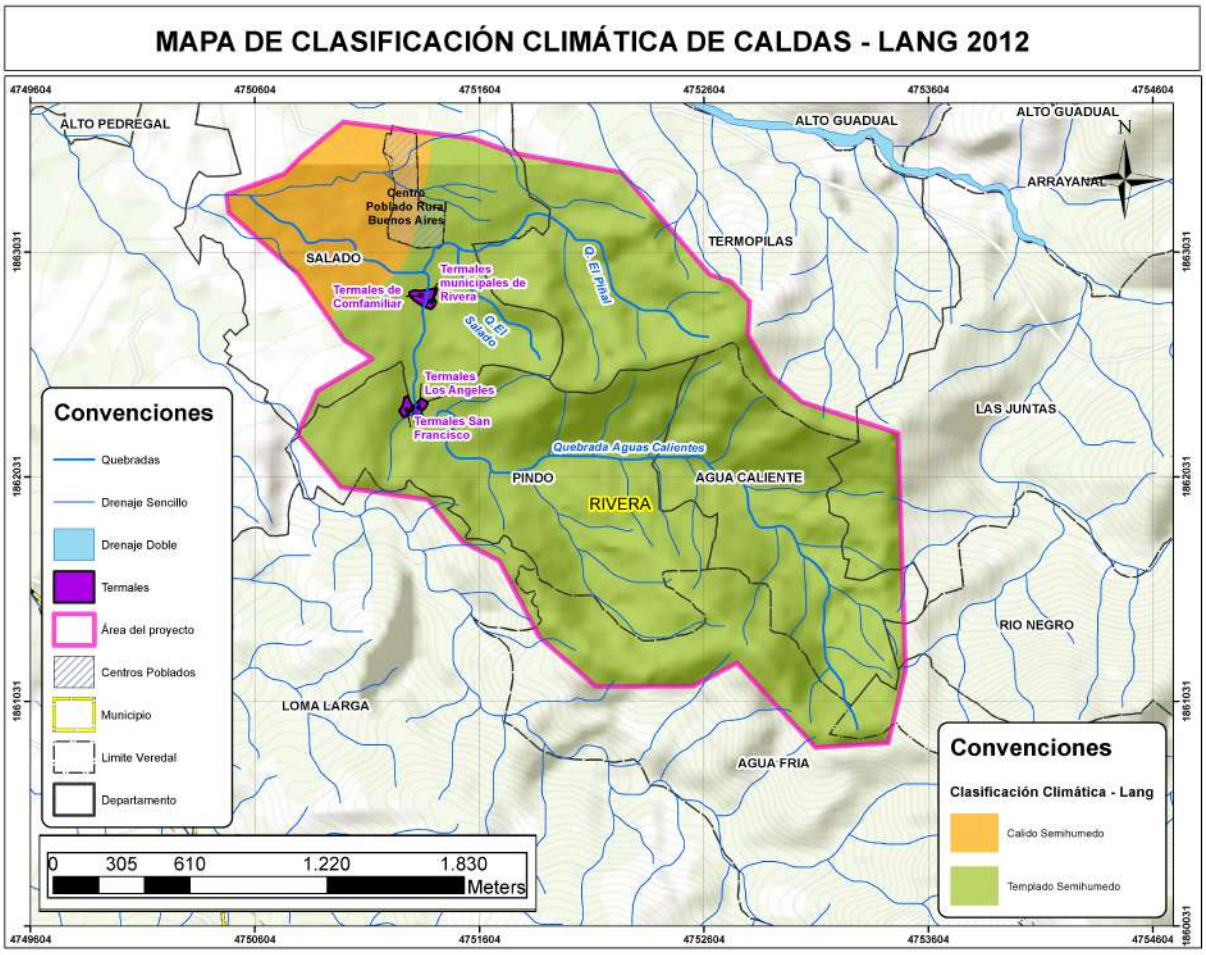


Figura 7.102: Mapa - Clasificación climática Lang 2012 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

- **Clasificación climática de Caldas - Lang**

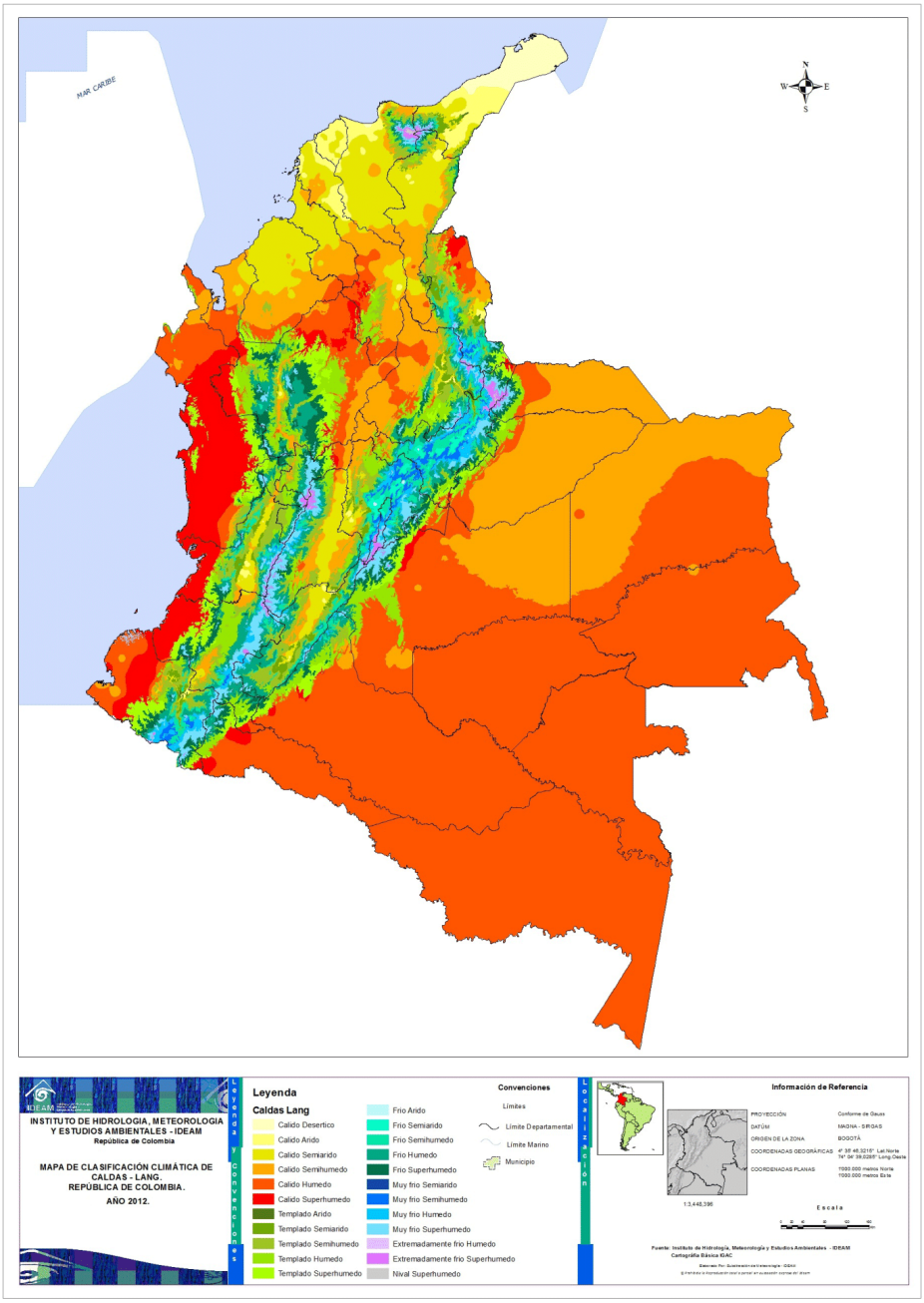


Figura 7.103: Mapa - Clasificación Climática Lang 2012 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Según la clasificación climática de Lang (2012), el área de estudio presenta dos zonas climáticas bien definidas ver figura 7.102. La primera corresponde al clima Cálido Semihúmedo, ubicado en el sector occidental de la microcuenca, particularmente sobre la quebrada El Salado y los alrededores de los Termales de Comfamiliar. Esta zona, situada a menor altitud, se caracteriza por temperaturas más elevadas y una humedad intermedia.

La segunda zona corresponde al clima Templado Semihúmedo, que abarca la mayor parte del territorio, incluyendo las microcuencas de las quebradas Aguas Calientes, El Piñal y el casco urbano de Rivera. Este sector presenta temperaturas más frescas y un régimen de humedad moderado.

- **Clasificación climática de Lang**

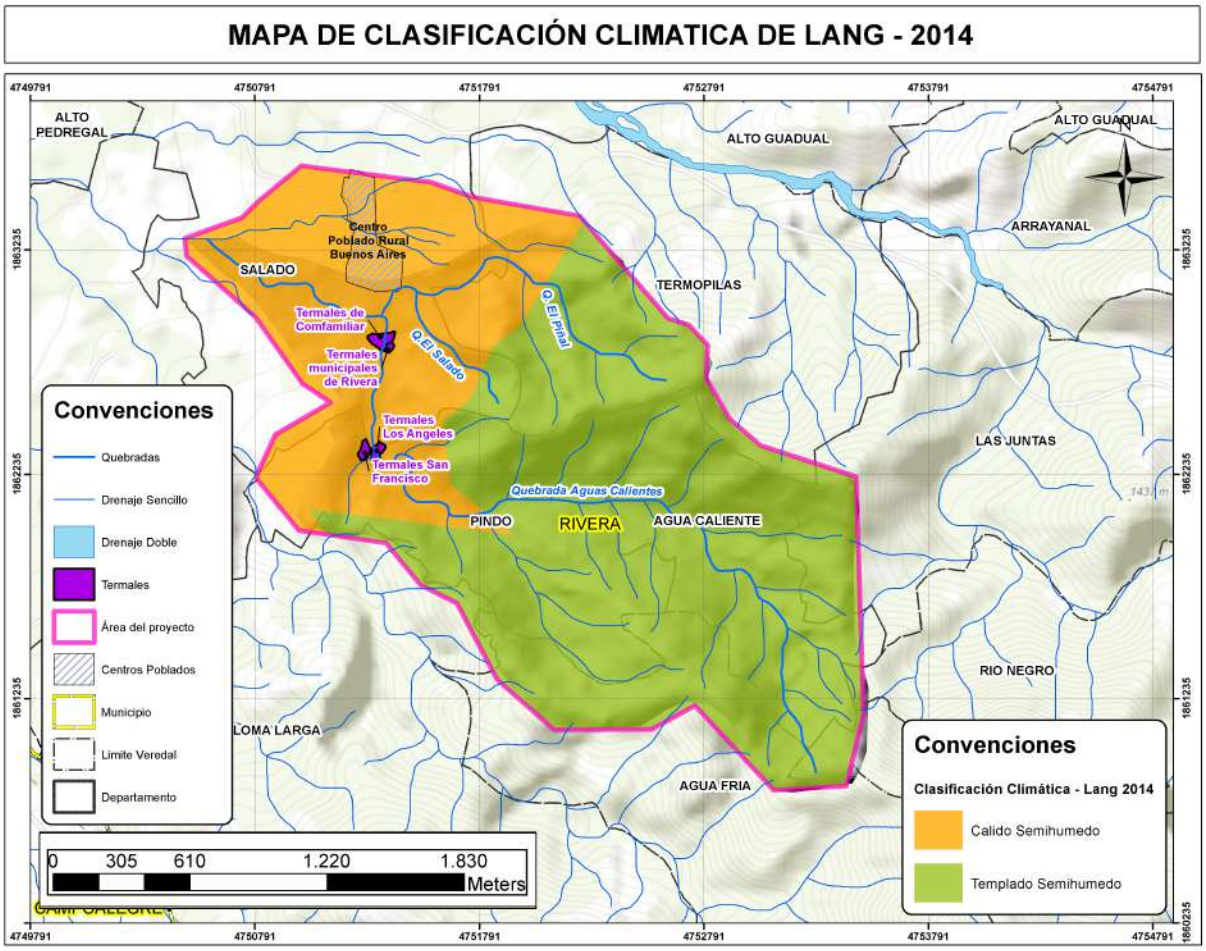


Figura 7.104: Mapa - Clasificación climática Lang 2014 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

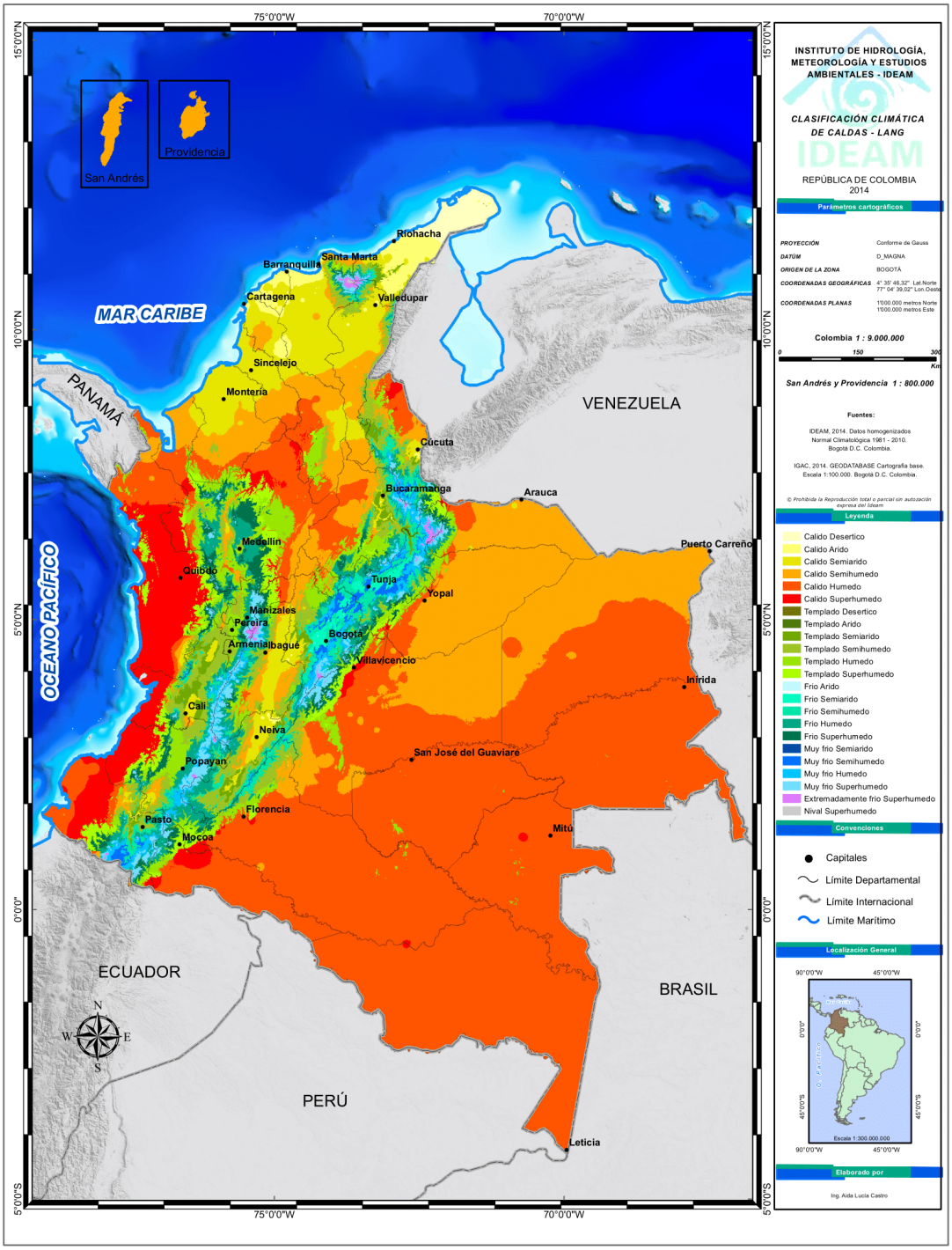


Figura 7.105: Mapa - Clasificación climática Lang 2014 en Colombia

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

De acuerdo con la figura 7.104, se observa que el área de estudio presenta pre-

dominio de clima templado semihúmedo, que abarca la mayor parte de su superficie, caracterizado por temperaturas moderadas y una estacionalidad en las precipitaciones que favorece la cobertura vegetal y la estabilidad hídrica. Hacia el sector noroccidental, en zonas como Salado y Termópilas, se identifica un clima cálido semihúmedo, con temperaturas más elevadas y menor disponibilidad hídrica en épocas secas, lo que genera contrastes en las condiciones ambientales y en la dinámica de los ecosistemas locales.

- **Clasificación climática de Lang periodo 1971-2000**

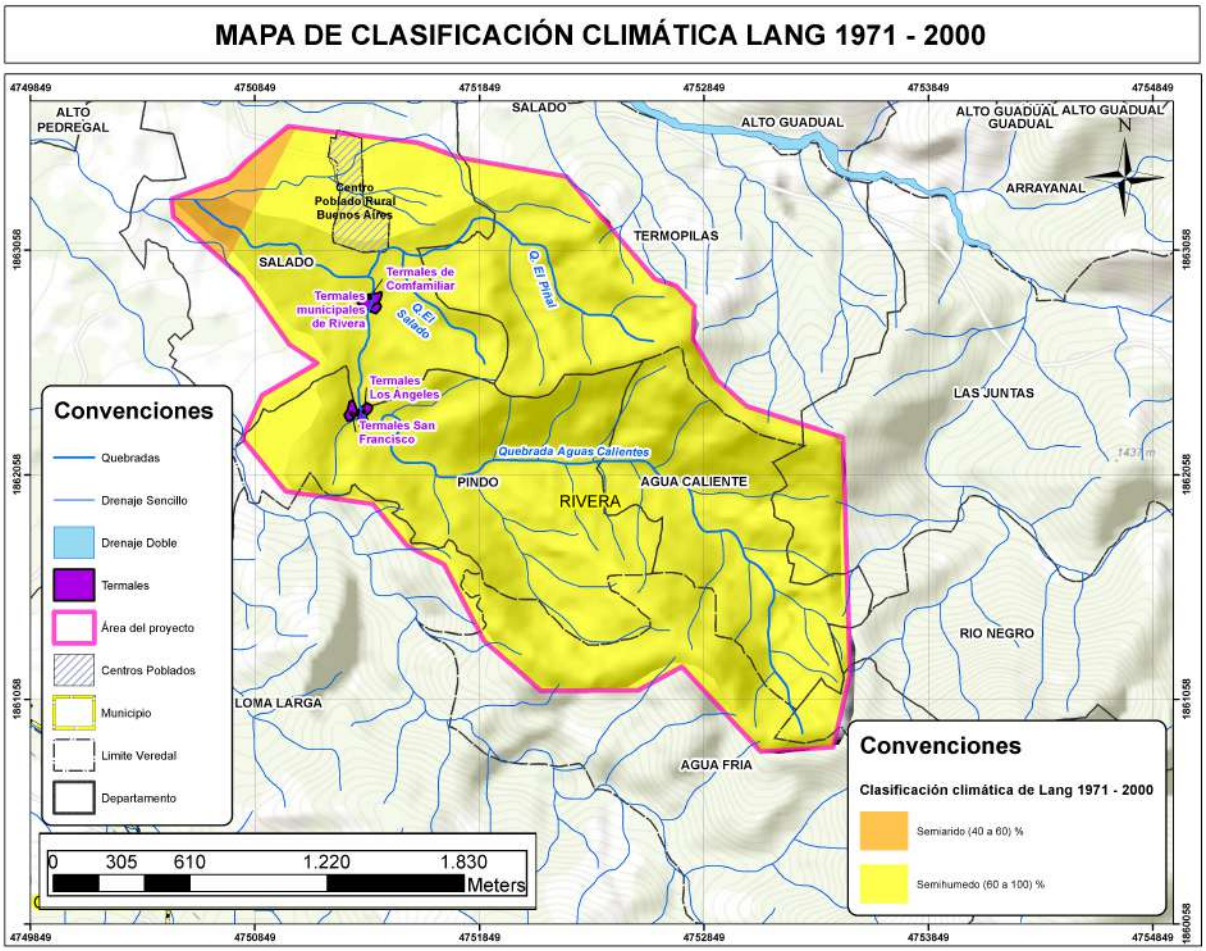


Figura 7.106: Mapa - Clasificación climática de Lang periodo 1971-2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

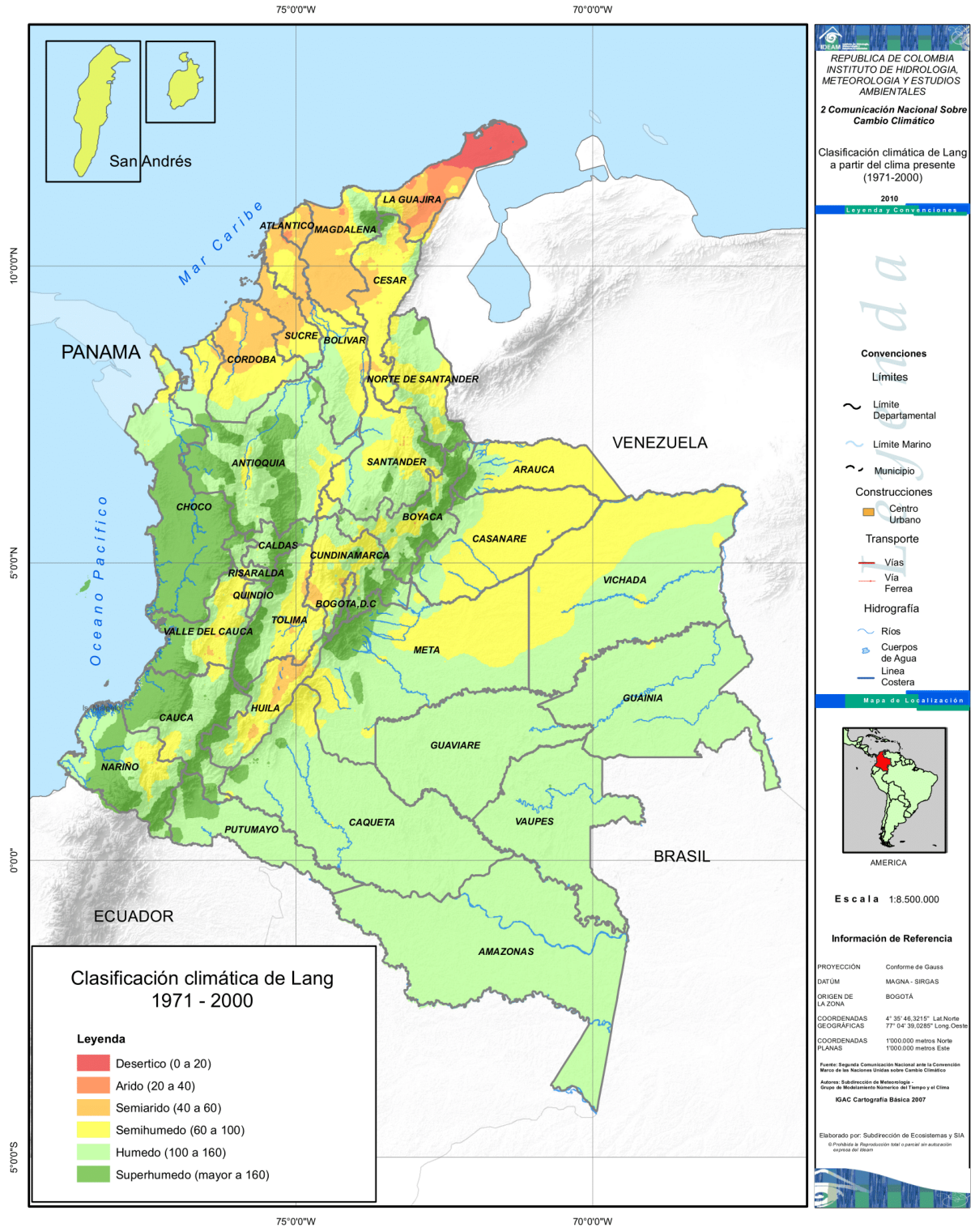


Figura 7.107: Mapa - Clasificación climática de Lang periodo 1971-2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

La figura 7.106 presenta la clasificación climática de Lang para el periodo 1971–2000, evidenciando que el área de estudio se encuentra bajo un clima predominantemente semihúmedo, con valores de humedad relativa entre el 60% y el 100%. Estas condiciones favorecen una disponibilidad hídrica constante y la permanencia de coberturas vegetales, influyendo directamente en la estabilidad de laderas y en la regulación natural de los caudales de las quebradas El Piñal, El Salado y Aguas Calientes.

- **Densidad de la energía eólica a 50m de altura. Promedio multianual**

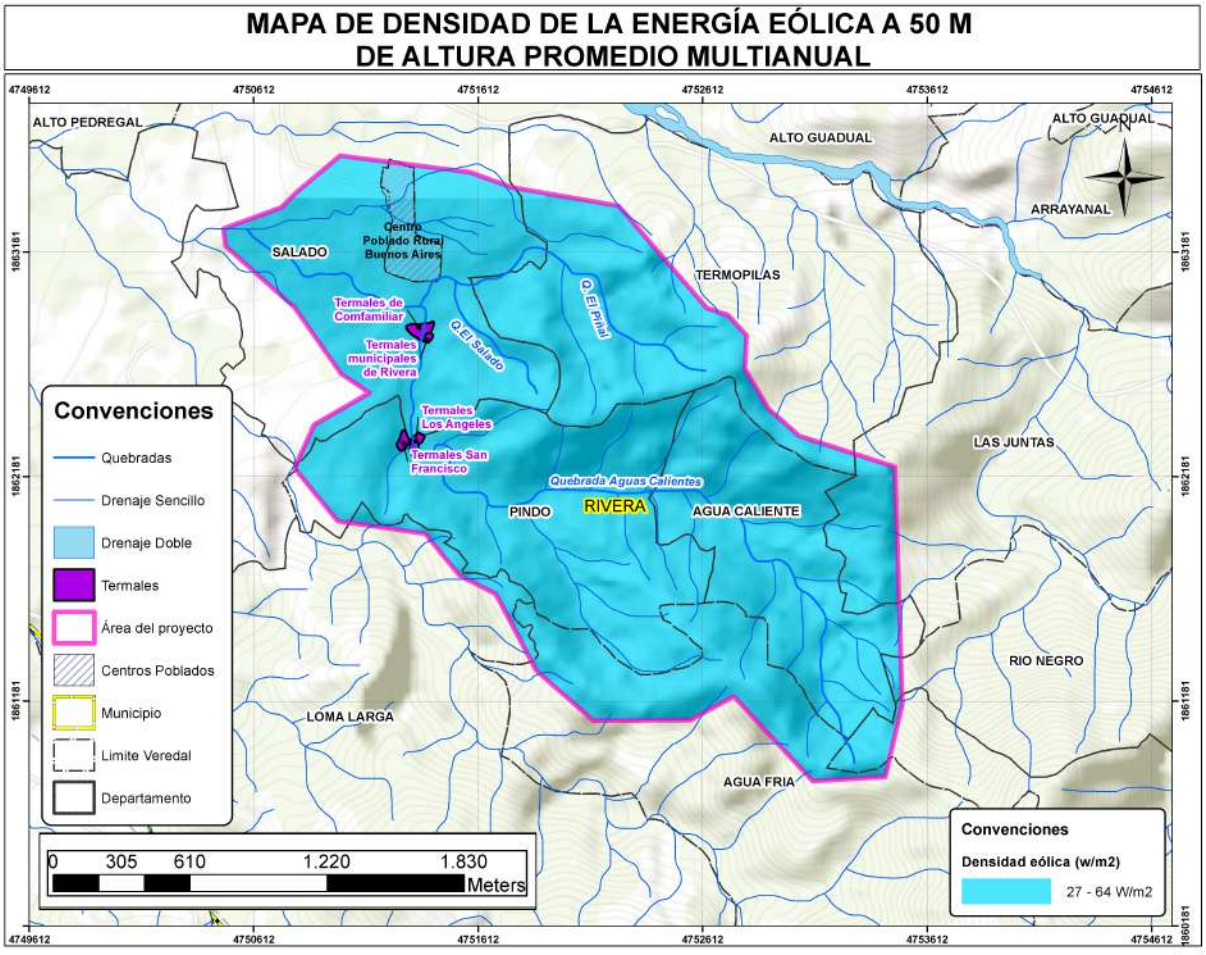


Figura 7.108: Mapa - Densidad de la energía eólica a 50m de altura. Promedio multianual en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

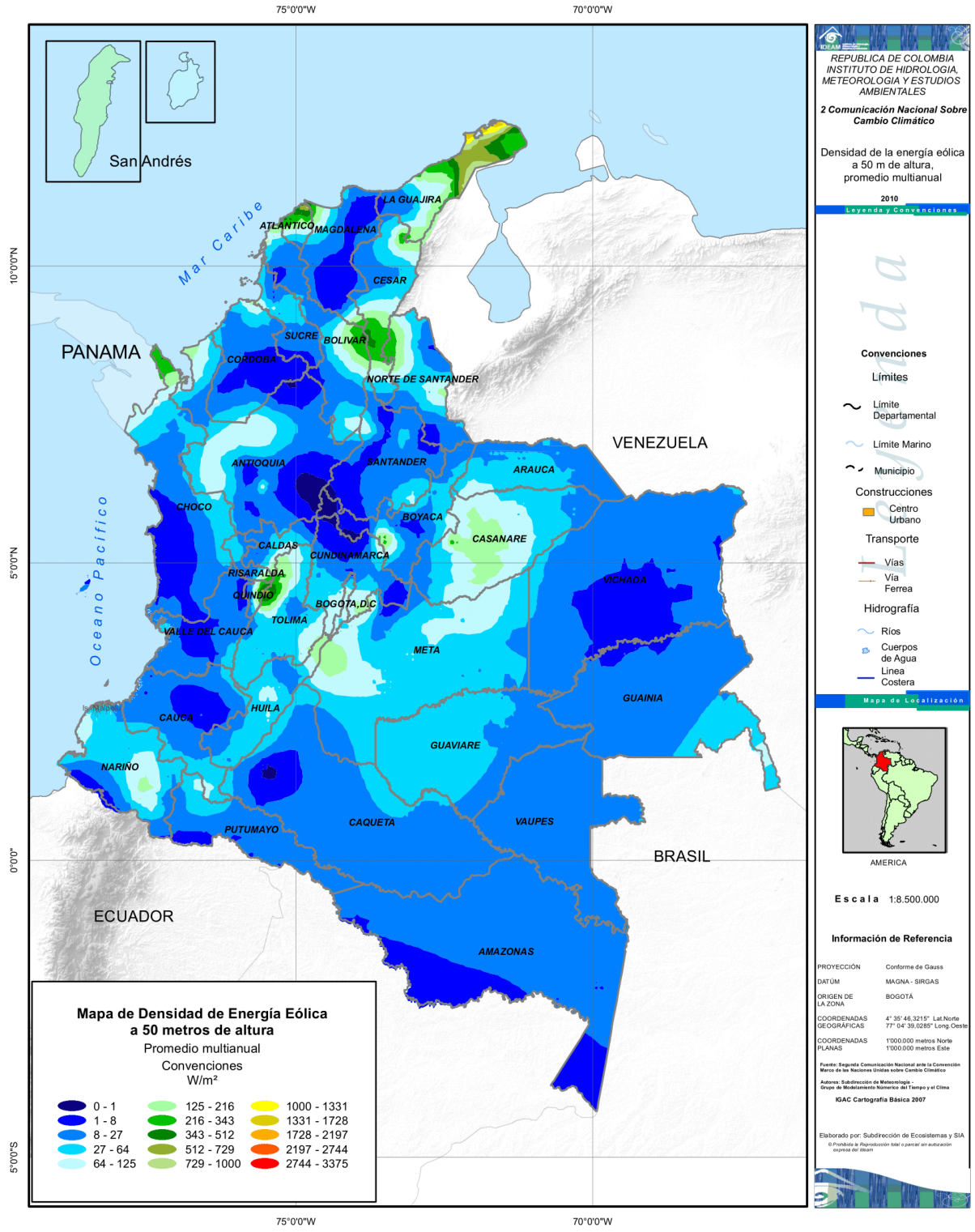


Figura 7.109: Mapa - Densidad de la energía eólica a 50m de altura. Promedio multianual en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Según la densidad de energía eólica para el área de estudio (ver figura 7.108), se registran valores promedio multianuales que oscilan entre 27 y 64 W/m². La distribución es homogénea en toda la zona delimitada, lo que refleja un potencial eólico bajo a moderado, influenciado por las condiciones locales de relieve y cobertura vegetal, donde la topografía limita la aceleración del viento.

- **Diferencia de temperatura del multimodelo entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000**

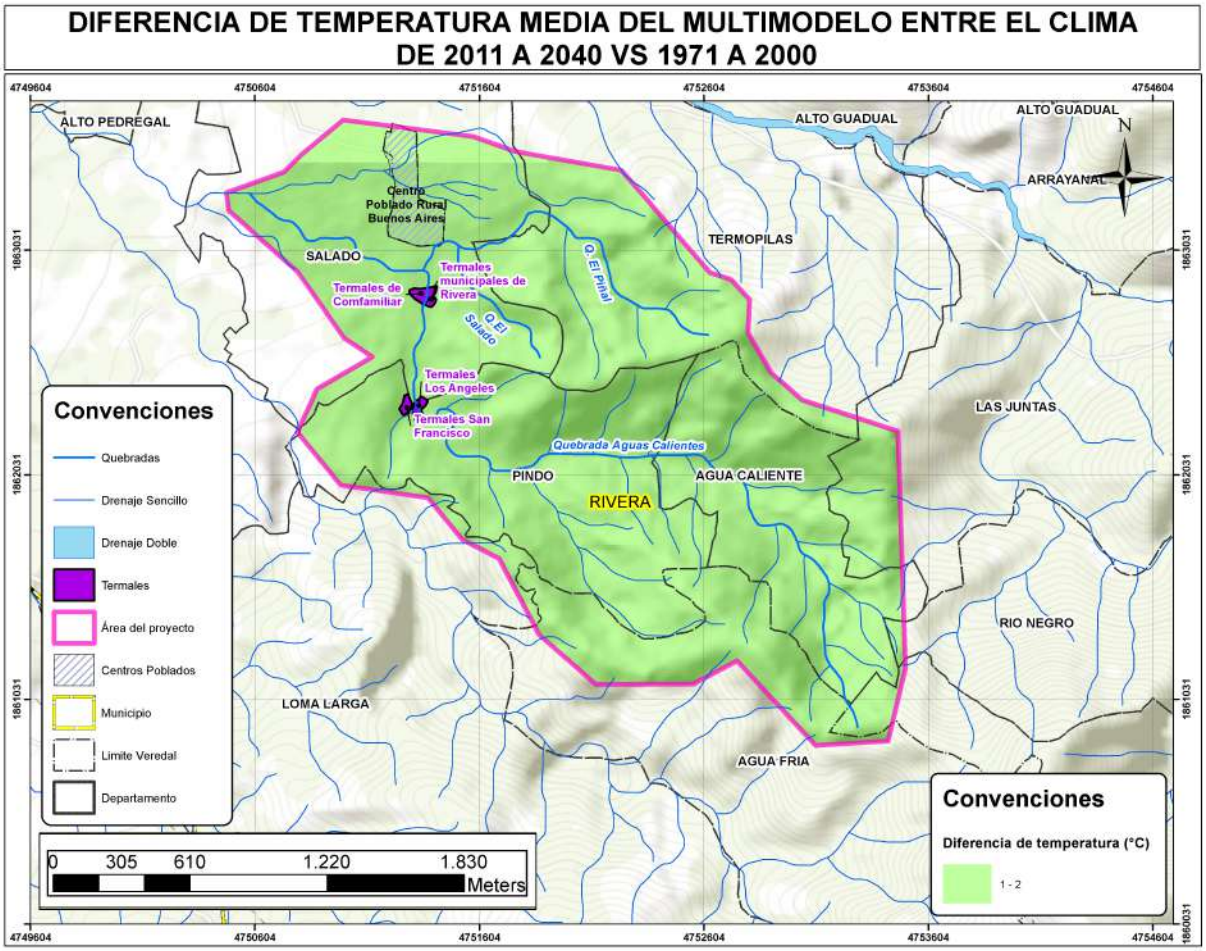


Figura 7.110: Mapa - Diferencia de temperatura del multimodelo entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

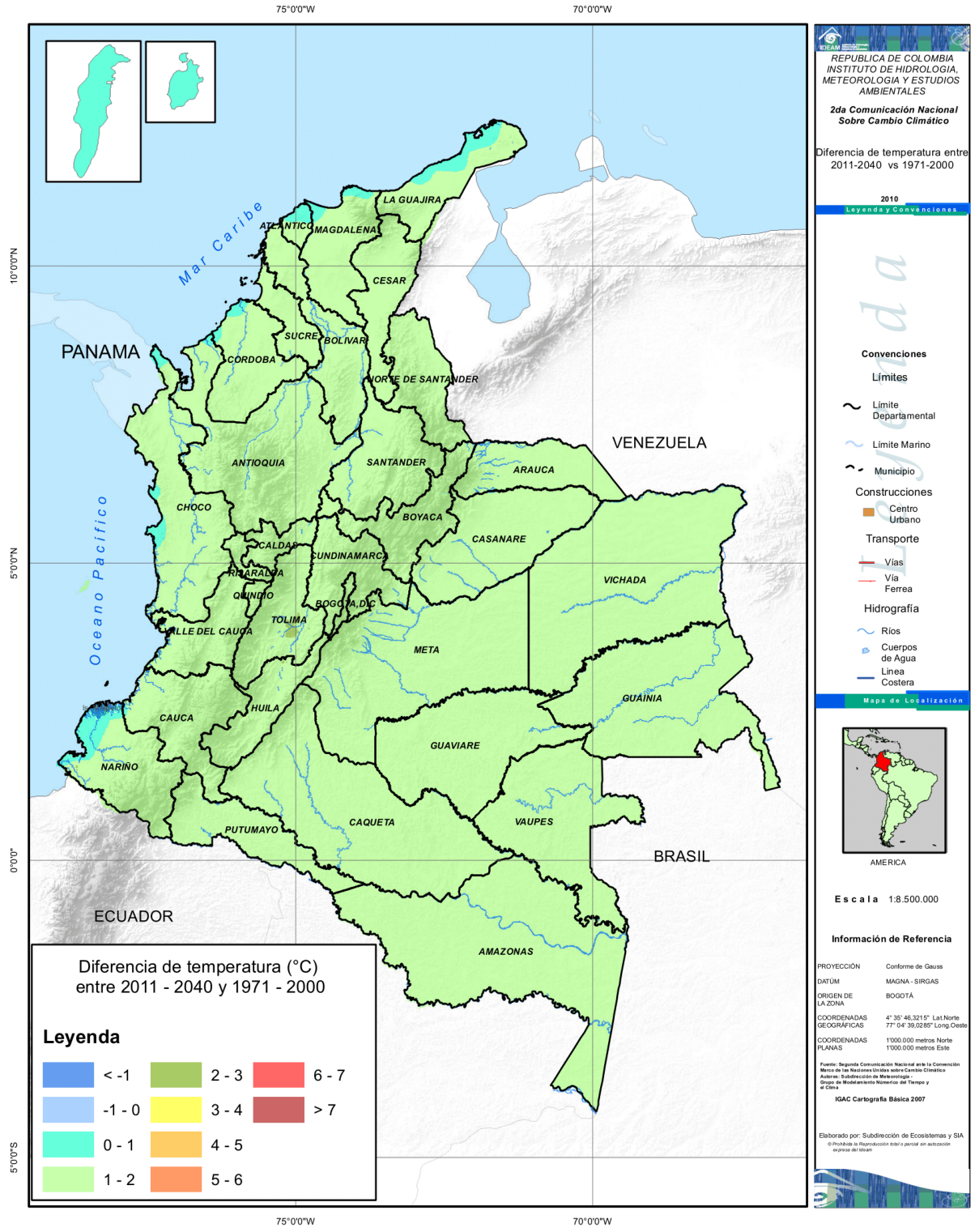


Figura 7.111: Mapa - Diferencia de temperatura del multimodelo entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

El área de estudio presenta un incremento proyectado de la temperatura media entre 1 y 2 °C para el periodo 2011–2040 respecto a 1971–2000 de acuerdo con lo observado en la figura 7.110. La distribución del aumento es homogénea en toda la zona delimitada por el polígono del proyecto, sin variaciones internas destacables en el rango de valores representado.

- **Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000**

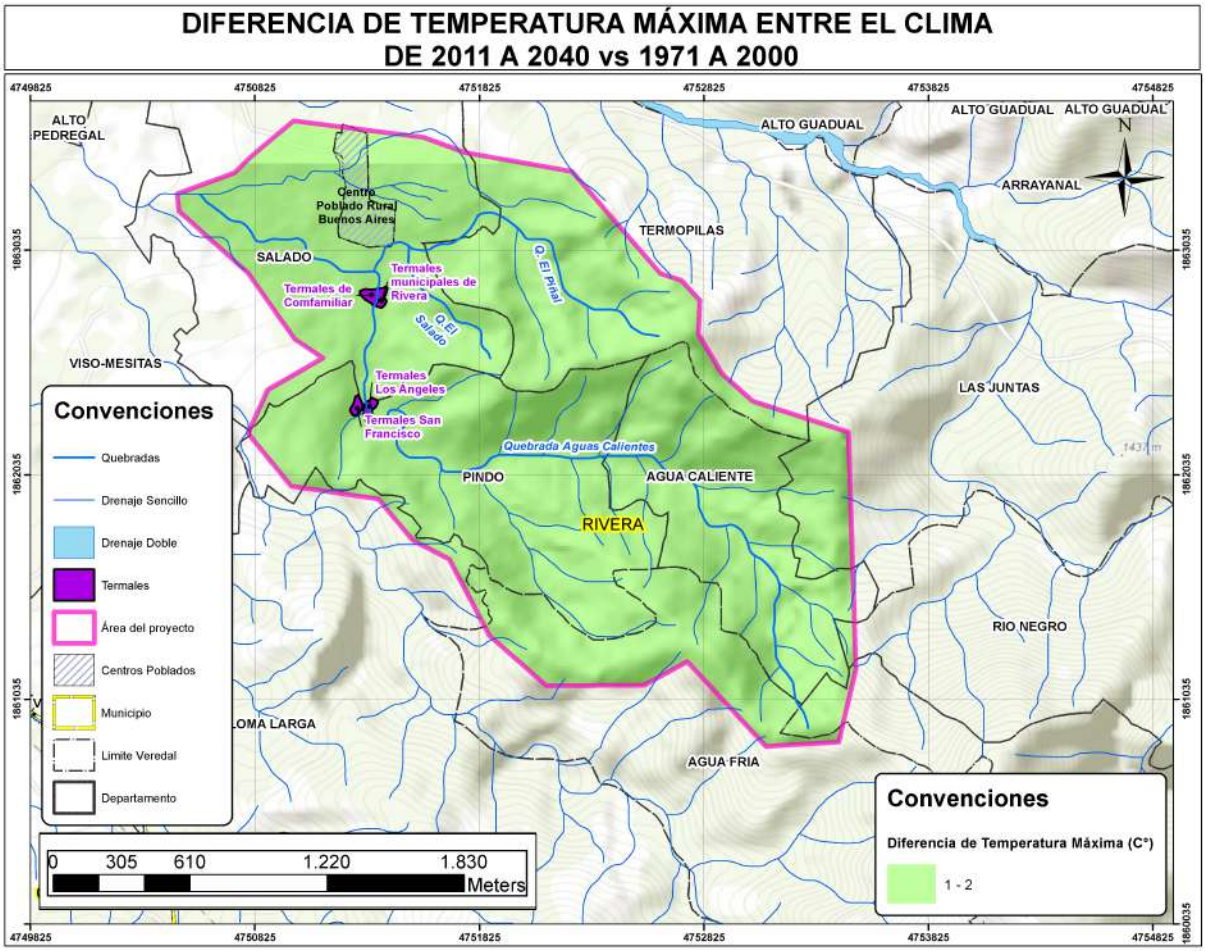


Figura 7.112: Mapa - Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

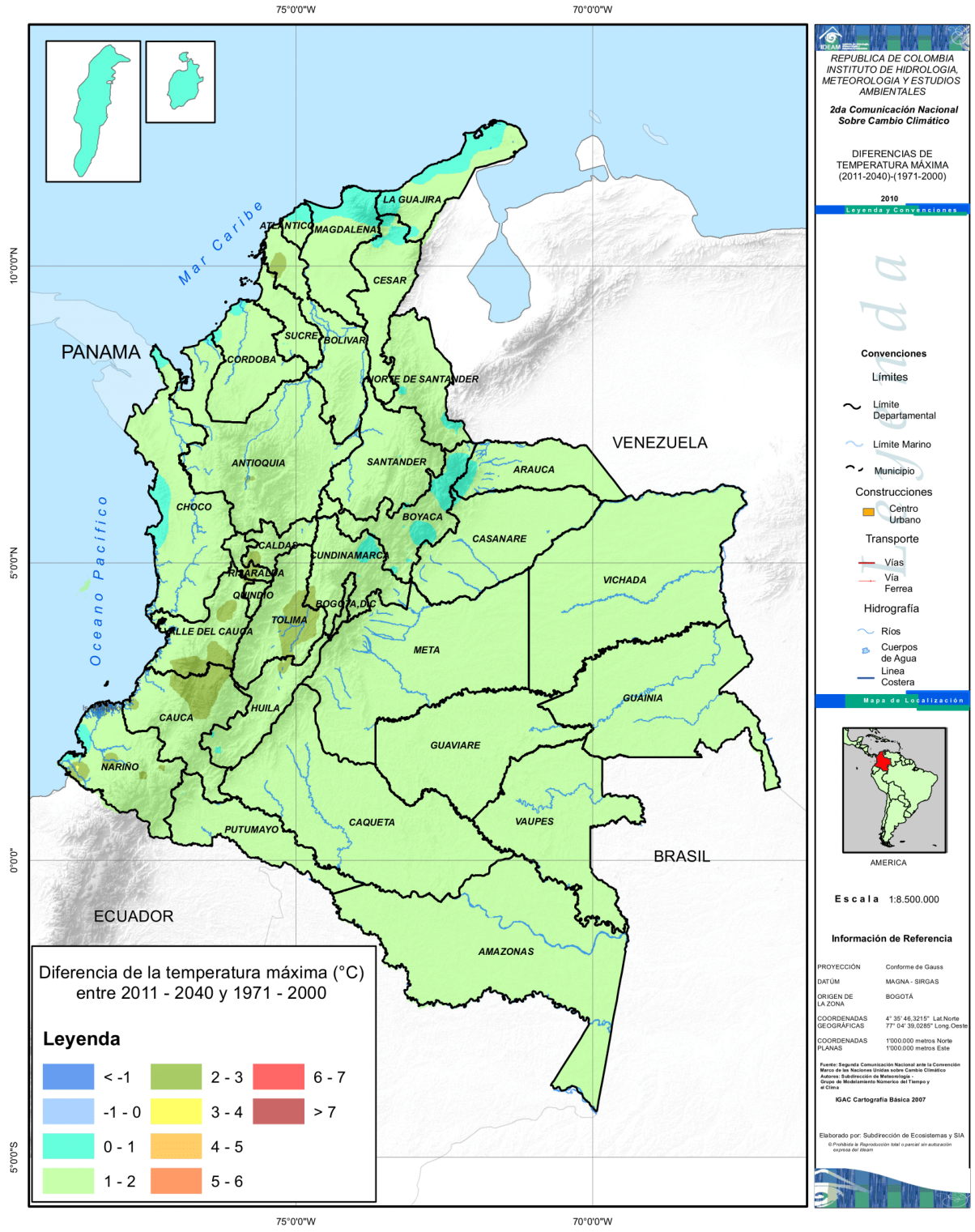


Figura 7.113: Mapa - Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

La figura 7.112 presenta la variación proyectada de la temperatura máxima en el área de estudio, correspondiente a la diferencia entre los periodos 2011–2040 y 1971–2000. Se identifican incrementos homogéneos en todo el polígono del proyecto, con valores comprendidos entre 1 y 2 °C, lo que evidencia una tendencia uniforme de aumento térmico máximo en la zona analizada.

- **Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000**

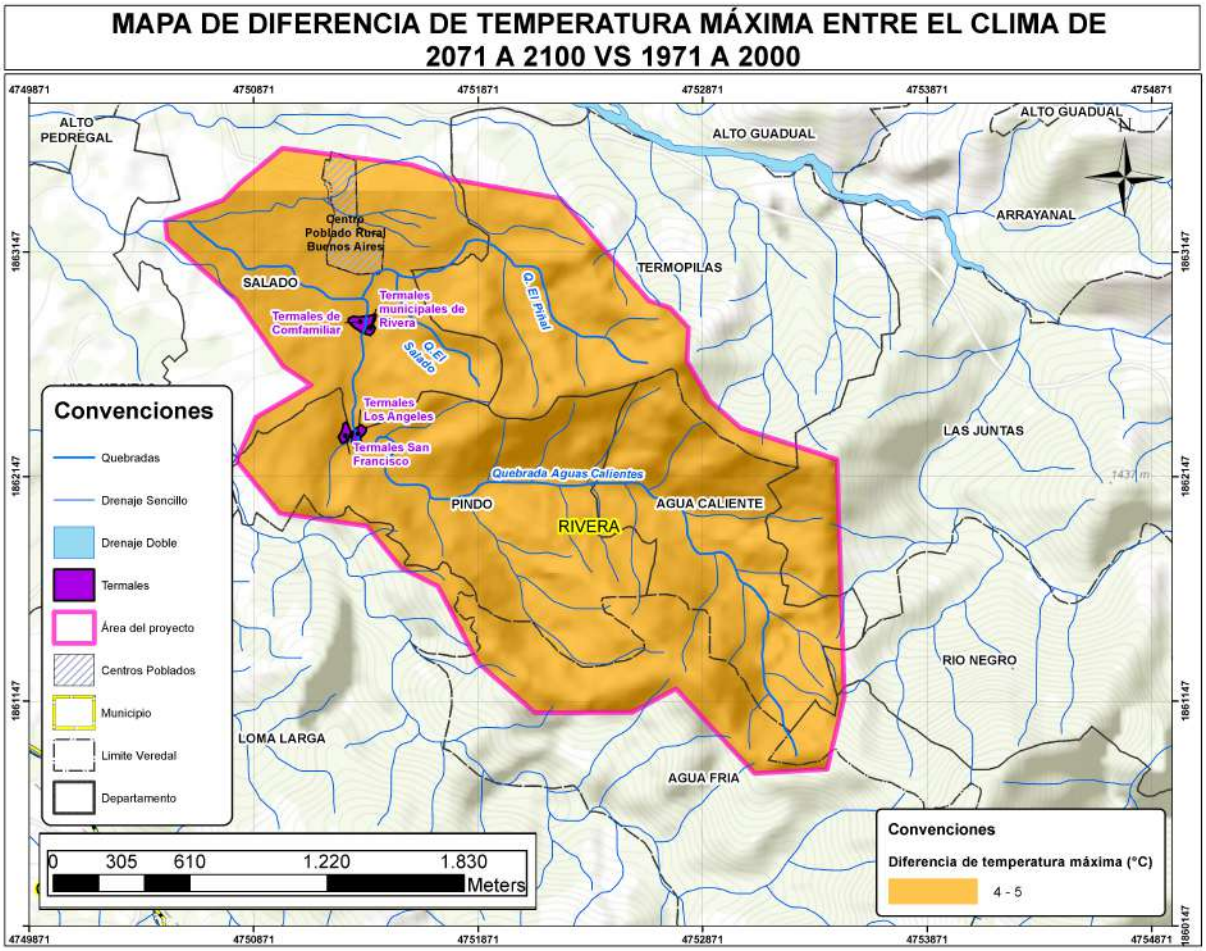


Figura 7.114: Mapa - Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

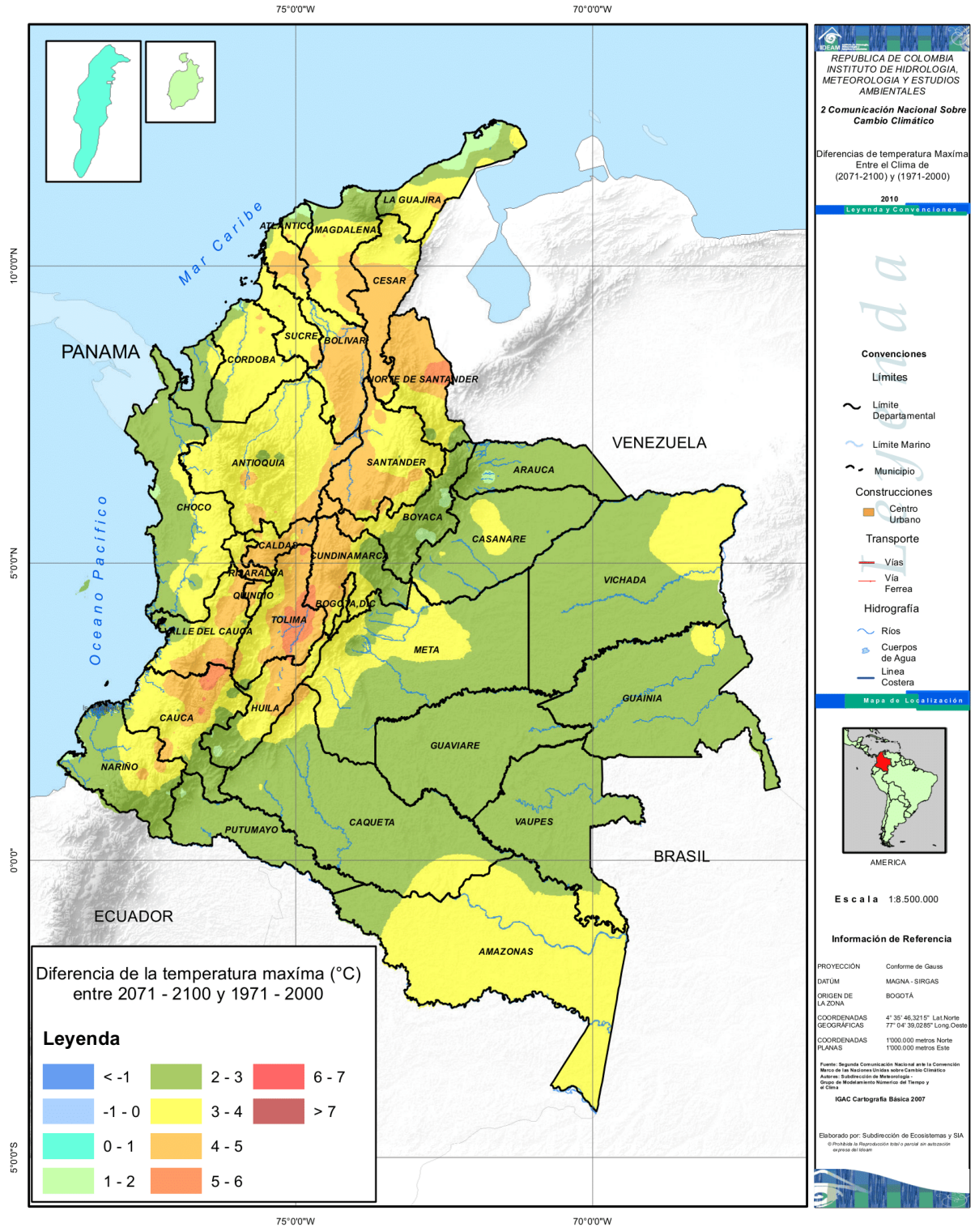


Figura 7.115: Mapa - Diferencia de temperatura máxima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Para el horizonte 2071–2100, en comparación con el periodo base 1971–2000, el área de estudio proyecta un incremento generalizado de la temperatura máxima en un rango de 4 a 5 °C. Como se aprecia en la figura 7.114, la variación se distribuye de manera uniforme en todo el polígono del proyecto, sin evidenciarse diferencias internas en la magnitud del aumento.

- **Diferencia de temperatura media del multimodelo entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000**

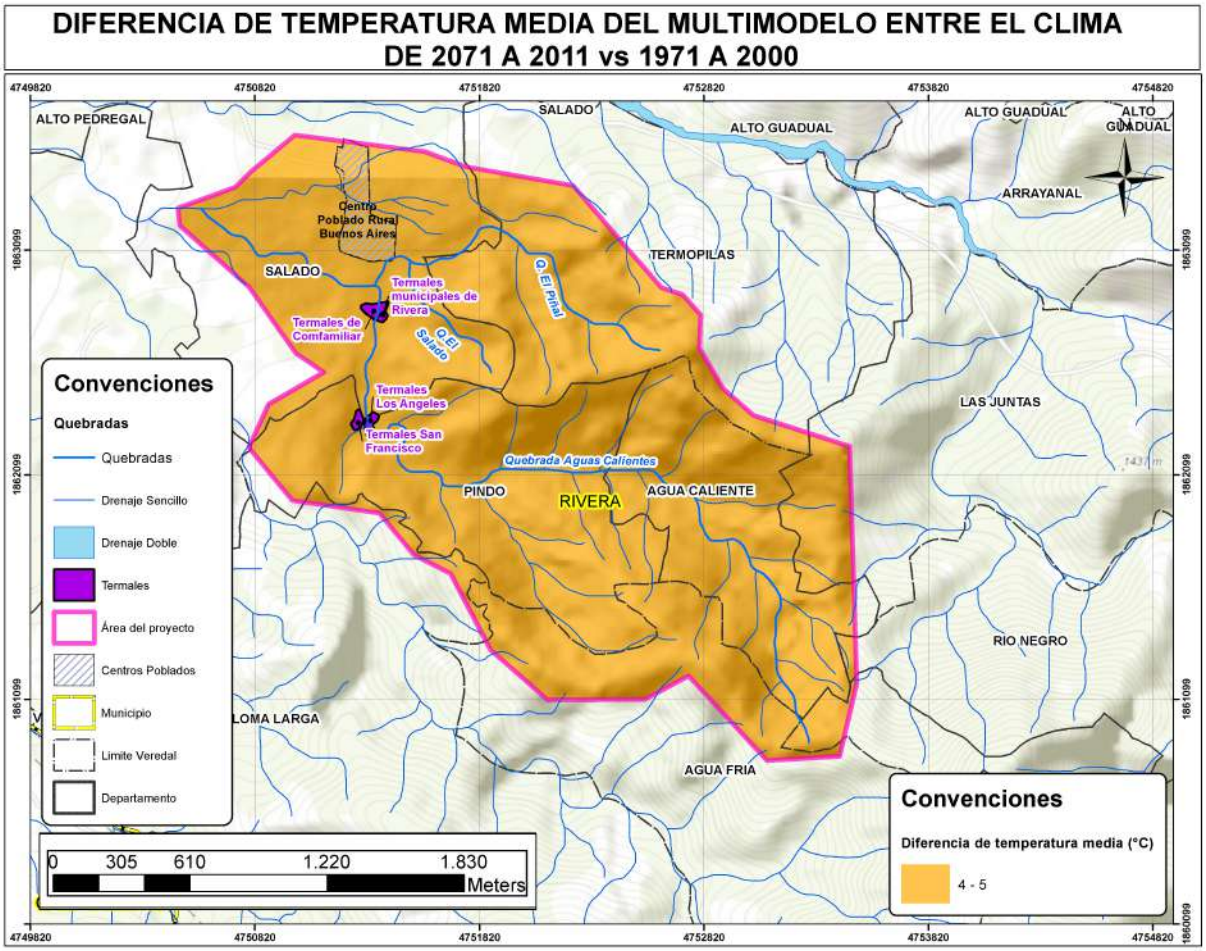


Figura 7.116: Mapa - Diferencia de temperatura media del multimodelo entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

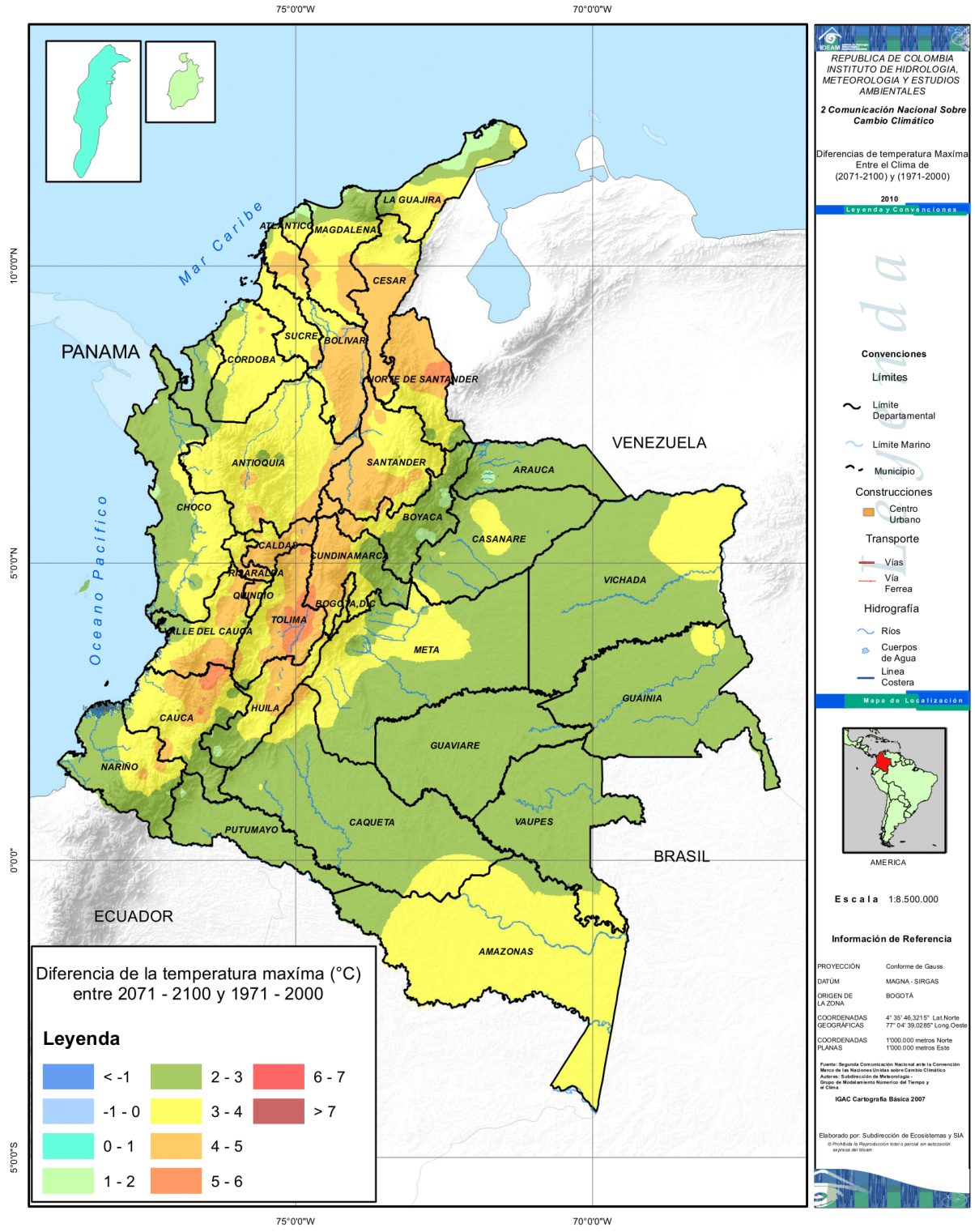


Figura 7.117: Mapa - Diferencia de temperatura media del multimodelo entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Para el periodo 2071–2100, en relación con el intervalo base 1971–2000, el área de estudio proyecta un incremento de la temperatura media en el rango de 4 a 5 °C. Según se ilustra en la figura 7.116, este aumento se distribuye de manera uniforme en todo el polígono del proyecto, sin presentar variaciones internas significativas en la magnitud del cambio térmico.

- **Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000**

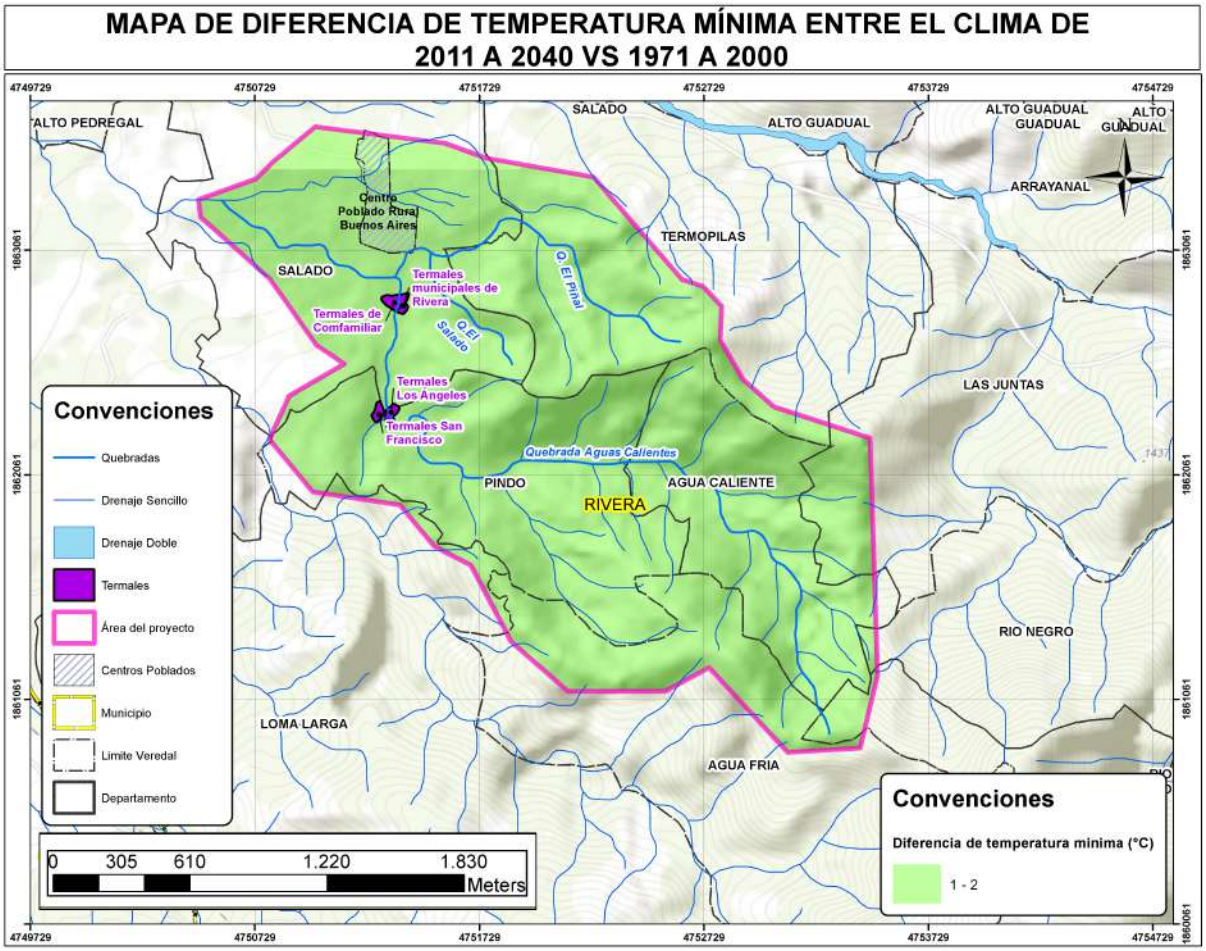


Figura 7.118: Mapa - Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

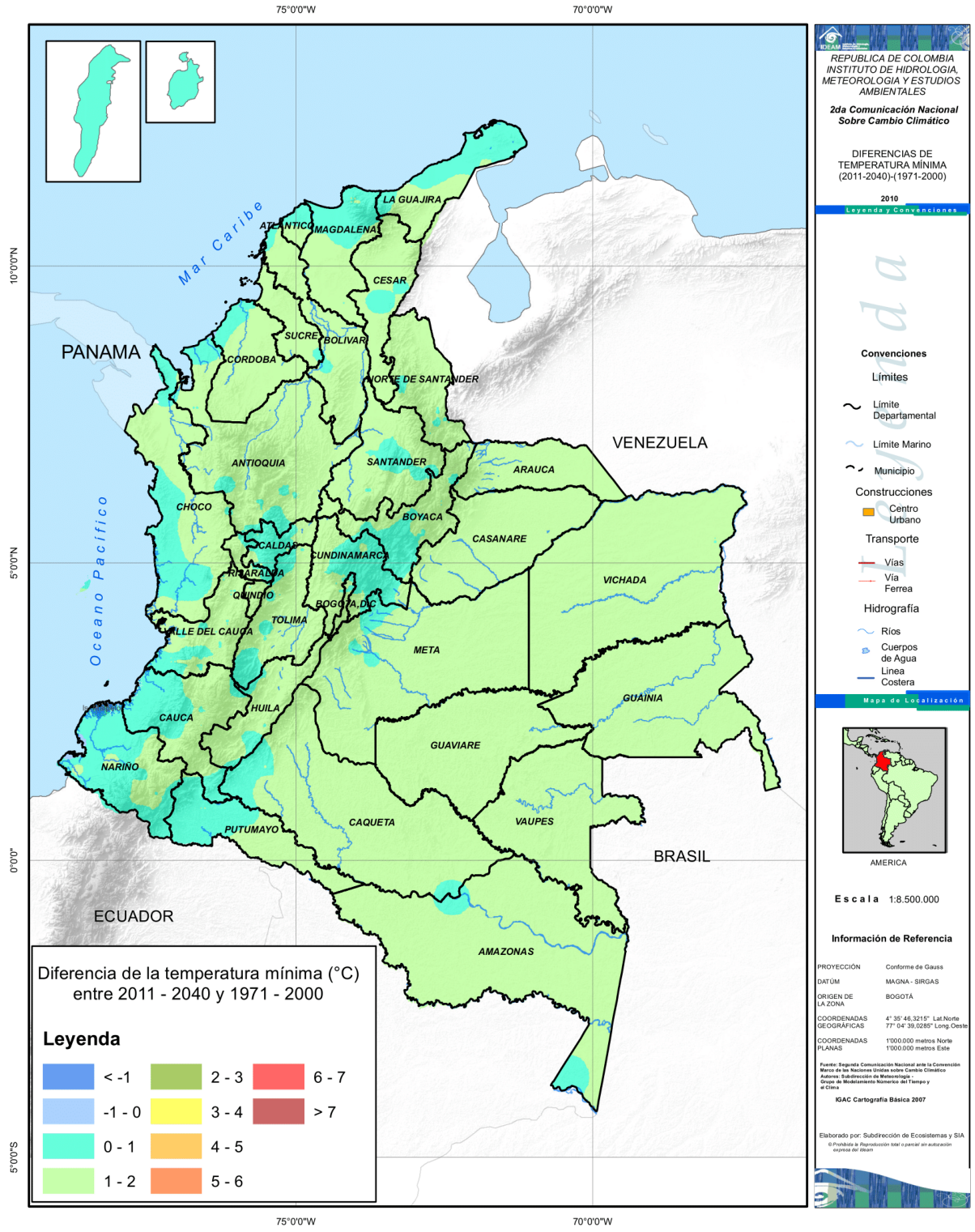


Figura 7.119: Mapa - Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

En el periodo 2011–2040, respecto al intervalo base 1971–2000, el área de estudio presenta un incremento proyectado de la temperatura mínima en el rango de 1 a 2 °C. Tal como se muestra en la figura 7.120, esta variación se distribuye de forma homogénea en todo el polígono del proyecto, sin registrarse diferencias internas relevantes en el aumento estimado.

- **Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000**

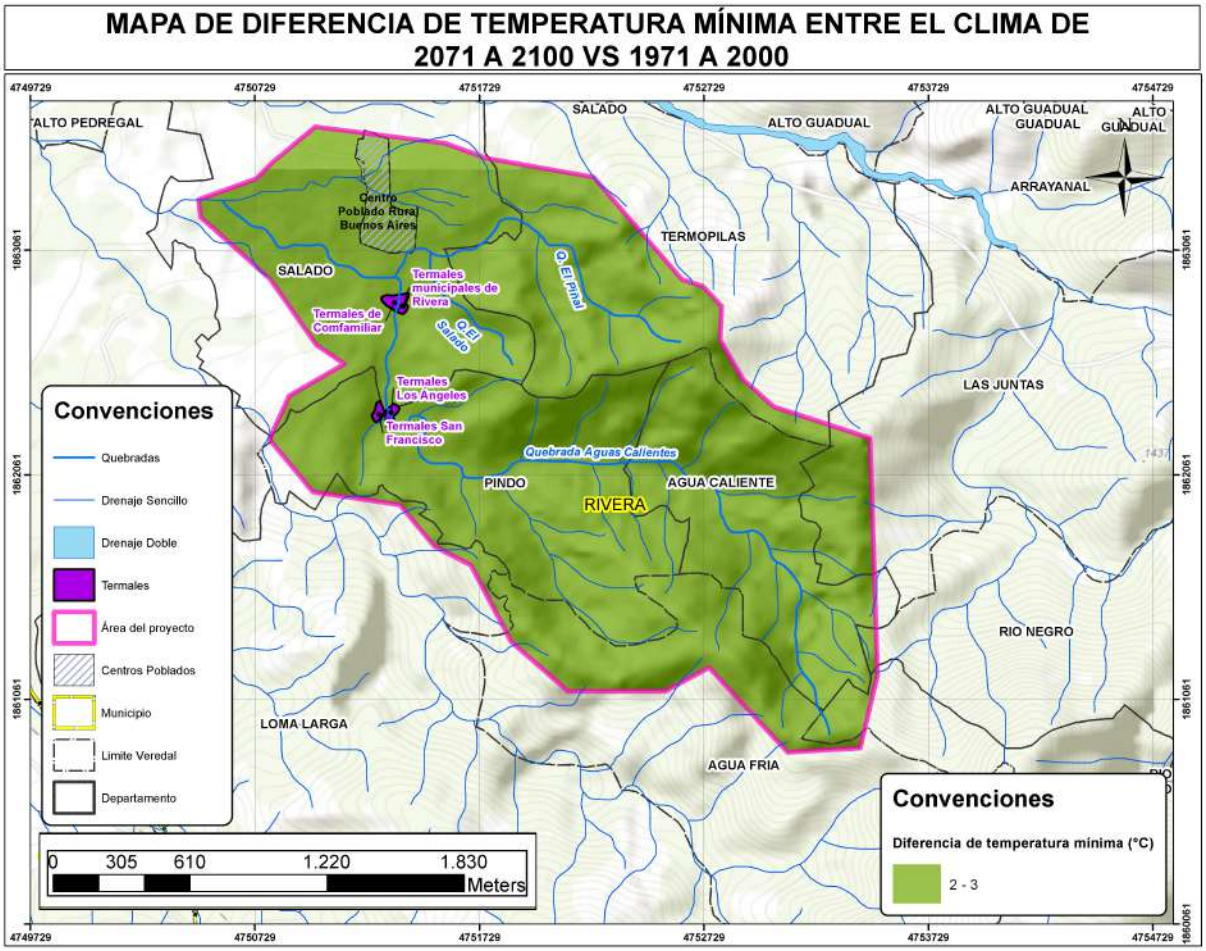


Figura 7.120: Mapa - Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

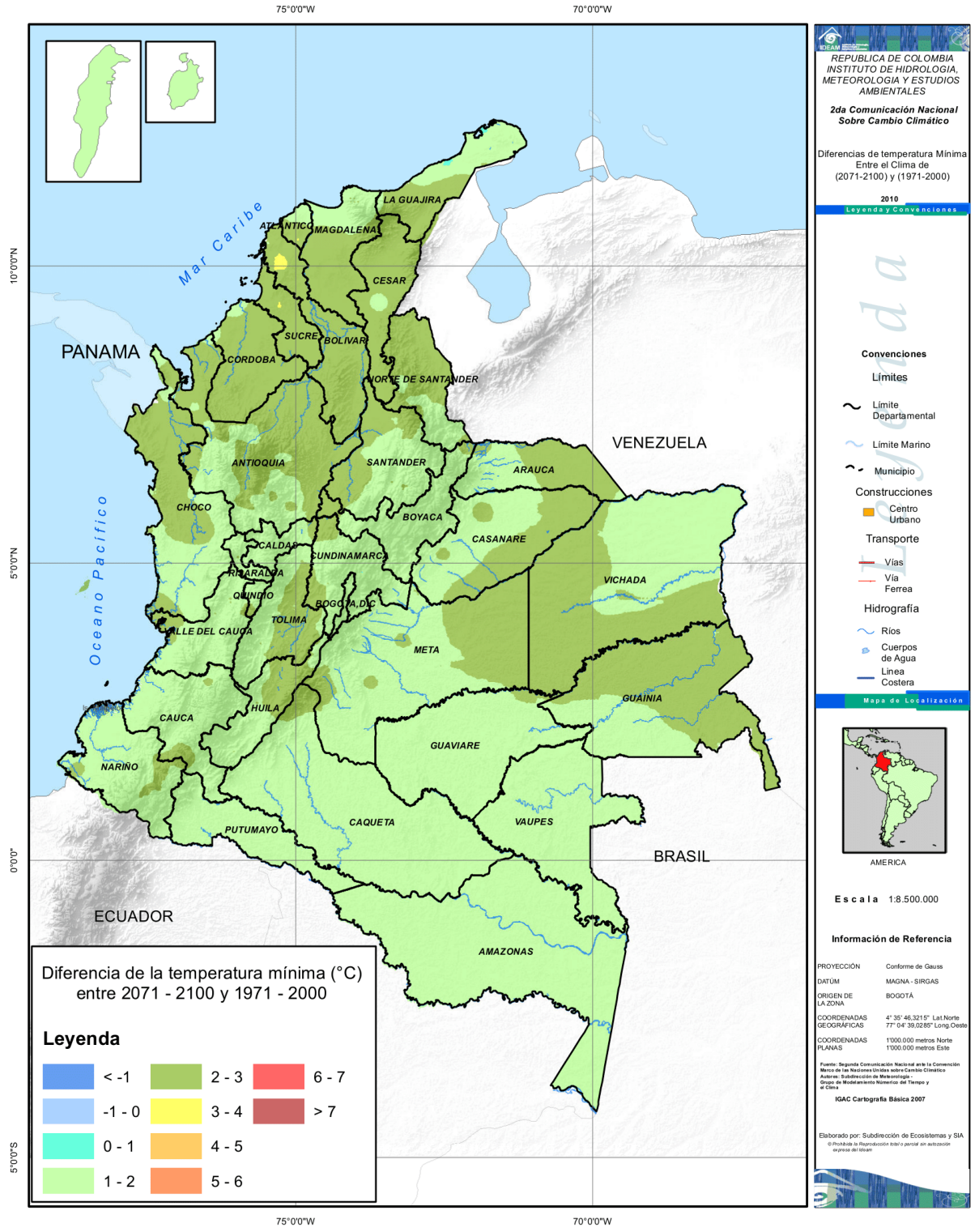


Figura 7.121: Mapa - Diferencia de temperatura mínima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Para el periodo 2071–2100, en comparación con la línea base 1971–2000, el área de estudio presenta un aumento proyectado de la temperatura mínima comprendido entre 2 y 3 °C. La figura 7.120 evidencia que esta variación se mantiene de forma uniforme en todo el polígono del proyecto, sin diferencias significativas en la distribución espacial del incremento térmico.

- **Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2011-2040 vs 1976-2005**

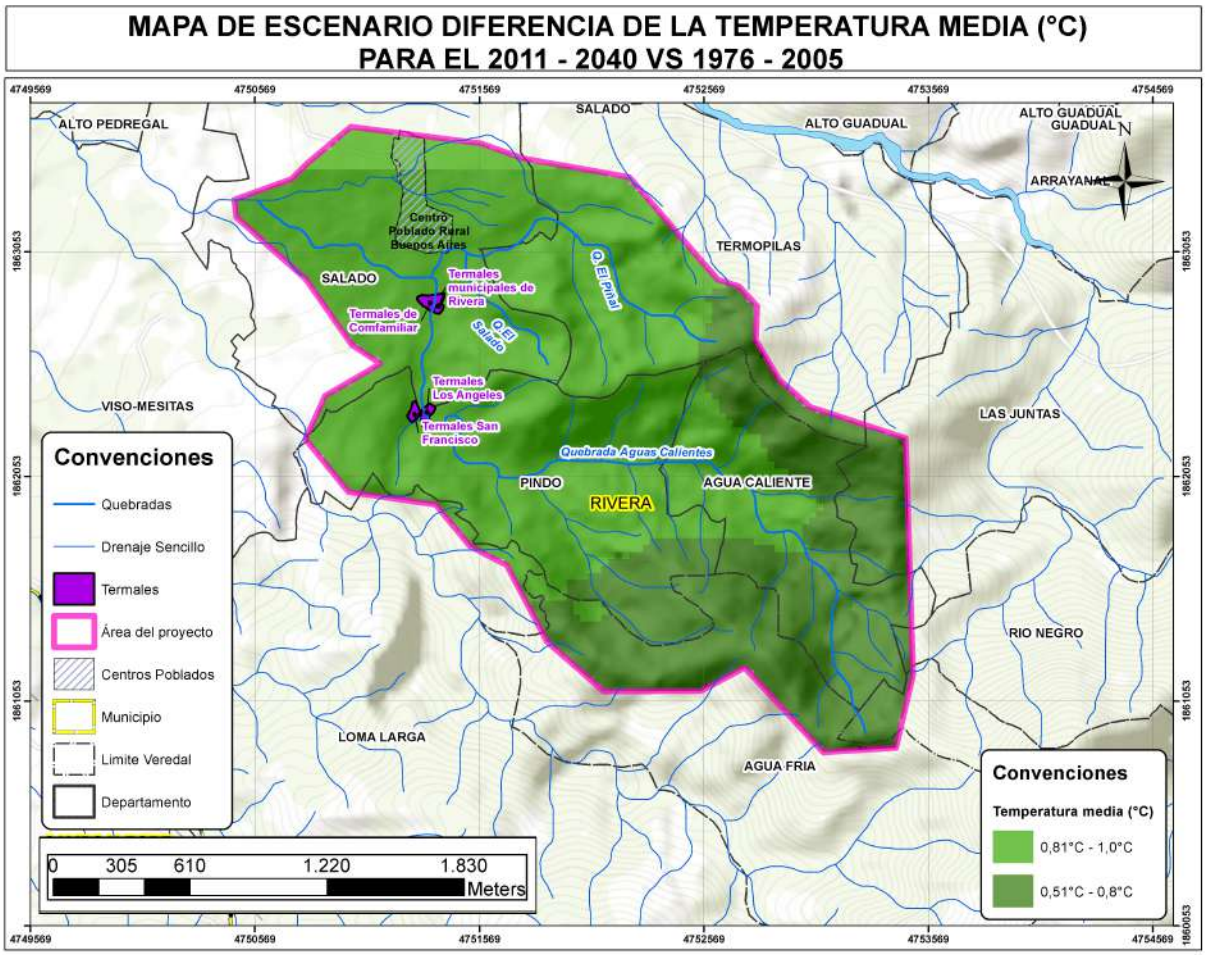


Figura 7.122: Mapa - Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2011-2040 vs 1976-2005 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

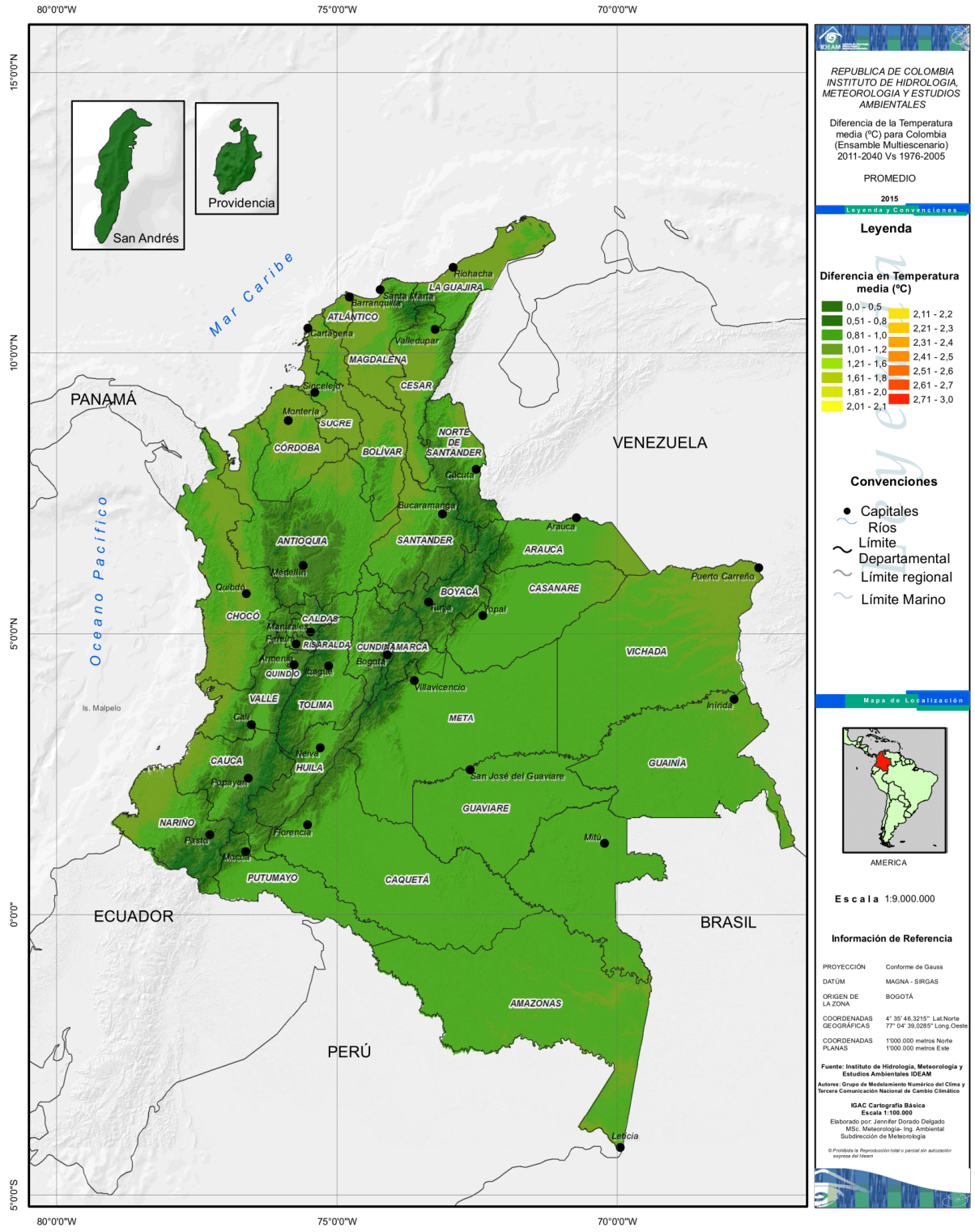


Figura 7.123: Mapa - Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2011-2040 vs 1976-2005 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

En el escenario proyectado 2011–2040, respecto al periodo 1976–2005, el área de estudio presenta incrementos de temperatura media en el rango de 0,51 °C a 1,0 °C. Predomina el intervalo de 0,81 °C a 1,0 °C, que abarca la mayor parte del polígono del proyecto, mientras que el rango de 0,51 °C a 0,8 °C se distribuye de manera localizada y con menor extensión espacial, tal como se aprecia en la figura 7.122.

- **Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2071-2100 vs 1976-2005**

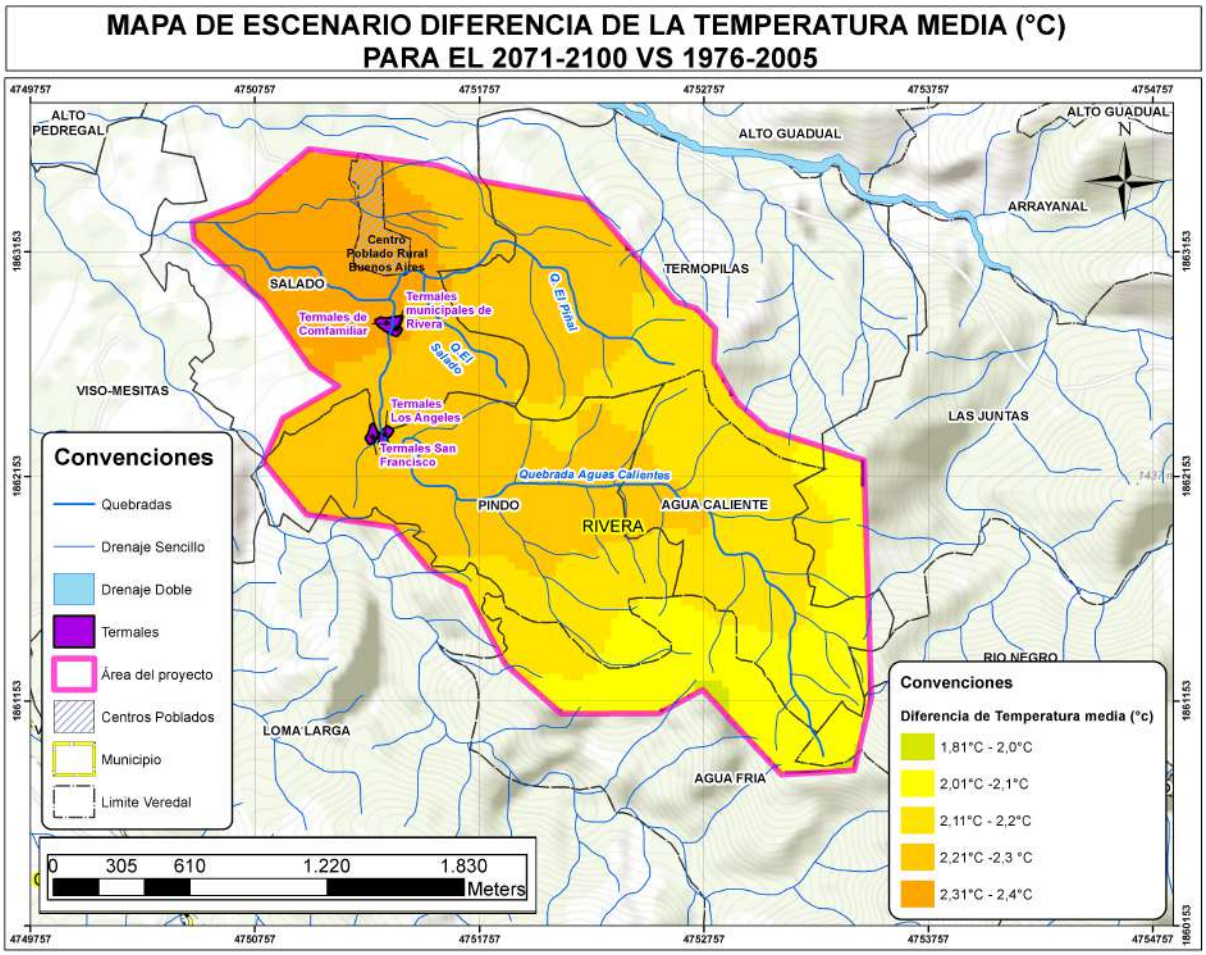


Figura 7.124: Mapa - Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2071-2100 vs 1976-2005 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

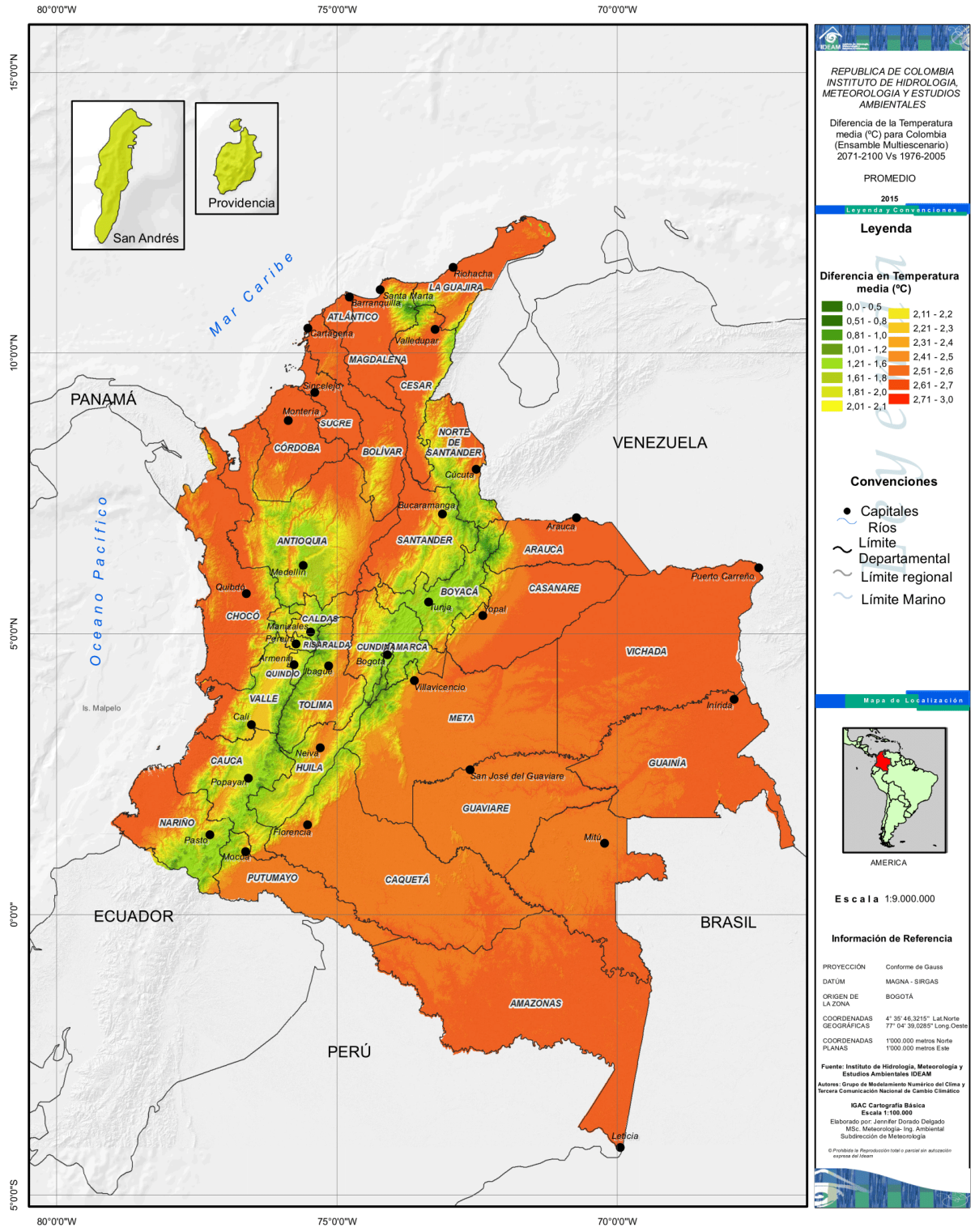


Figura 7.125: Mapa - Escenario diferencia de la temperatura media (°C) para el 2071-2100 vs 1976-2005 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

En el escenario proyectado para el periodo 2071–2100, con respecto al intervalo de referencia 1976–2005, el área de estudio registra un incremento de la temperatura media en un rango de 1,81 °C a 2,4 °C. La distribución espacial evidencia que los intervalos de 2,01 °C a 2,3 °C predominan en la mayor parte del polígono, mientras que los incrementos más bajos, entre 1,81 °C y 2,0 °C, y los más altos, entre 2,31 °C y 2,4 °C, se presentan de forma localizada. Esta variación se dispone de manera continua, sin rupturas significativas, reflejando un patrón térmico ascendente homogéneo con ligeros gradientes internos en la zona analizada, como se ilustra en la figura 7.122.

- **Radiación solar global promedio multianual**

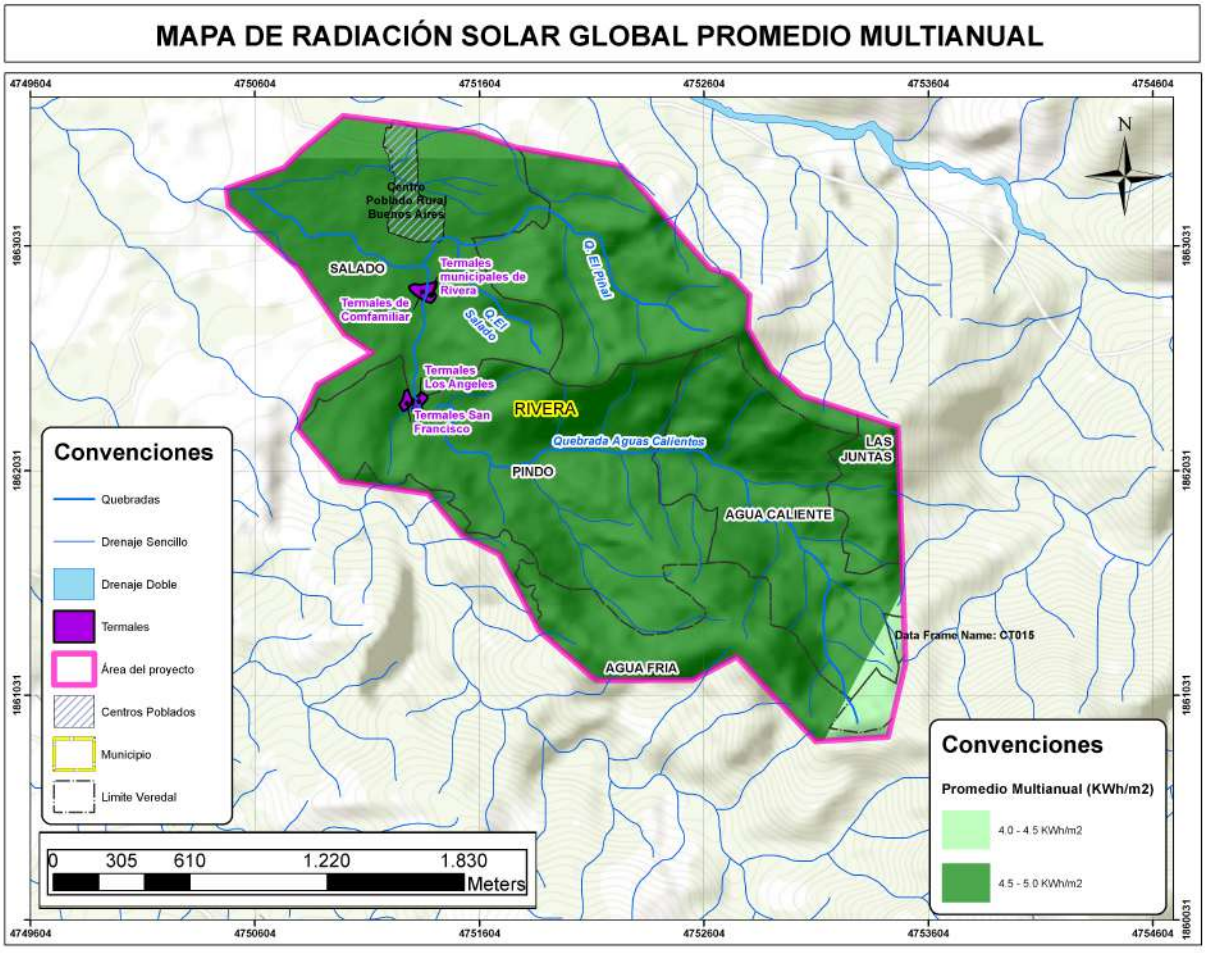


Figura 7.126: Mapa - Radiación solar global promedio multianual

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

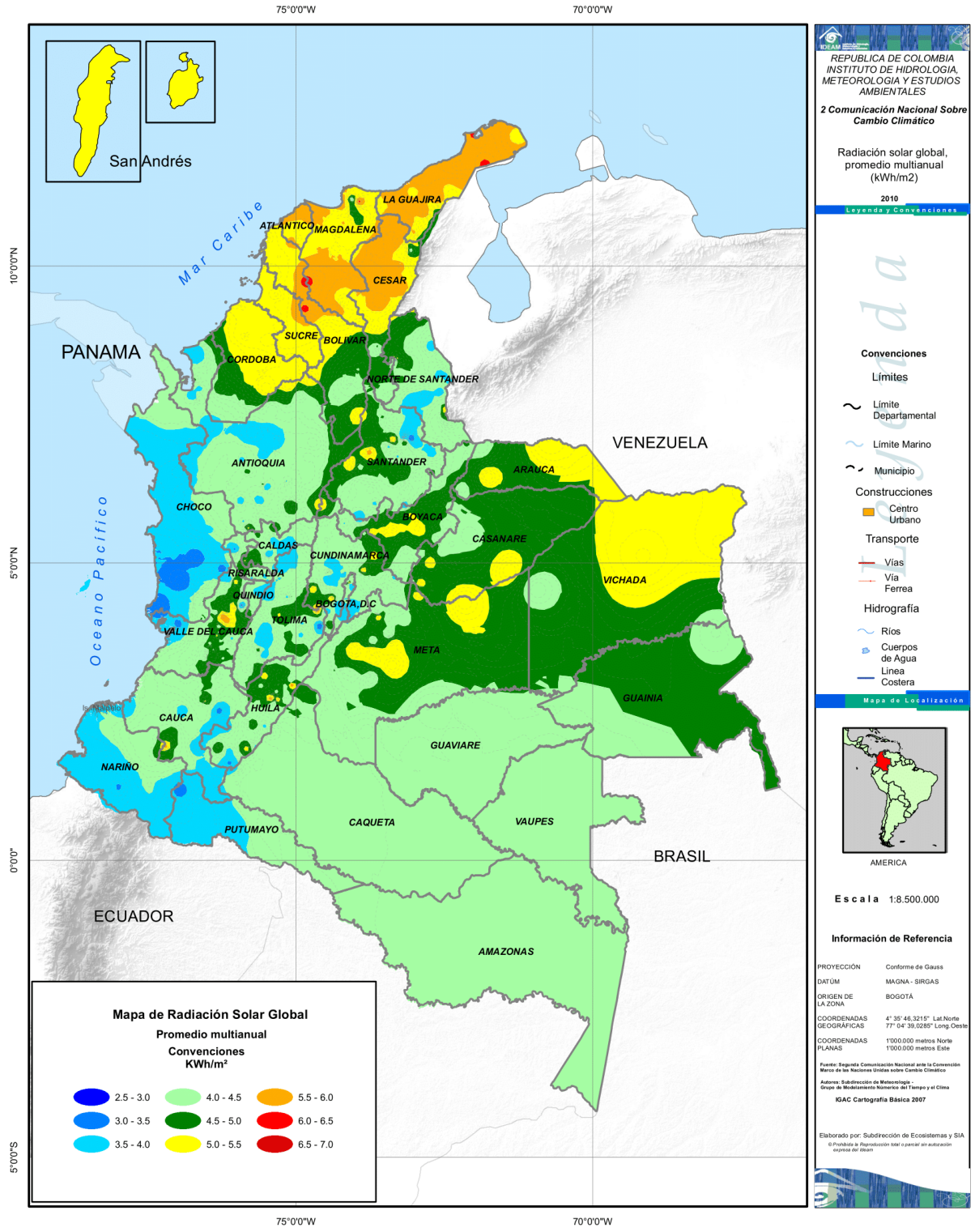


Figura 7.127: Mapa - Radiación solar global promedio multianual en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

En el área de estudio, la radiación solar global promedio multianual se encuentra en el rango de 4,0 a 5,0 kWh/m². Predomina el intervalo de 4,0 a 4,5 kWh/m² en la mayor parte del polígono, mientras que el rango de 4,5 a 5,0 kWh/m² se presenta de forma más localizada hacia el sector suroriental, tal como se aprecia en la figura 7.126.

- **Temperatura media anual y pisos térmicos periodo 1971-2000 Año 2012**

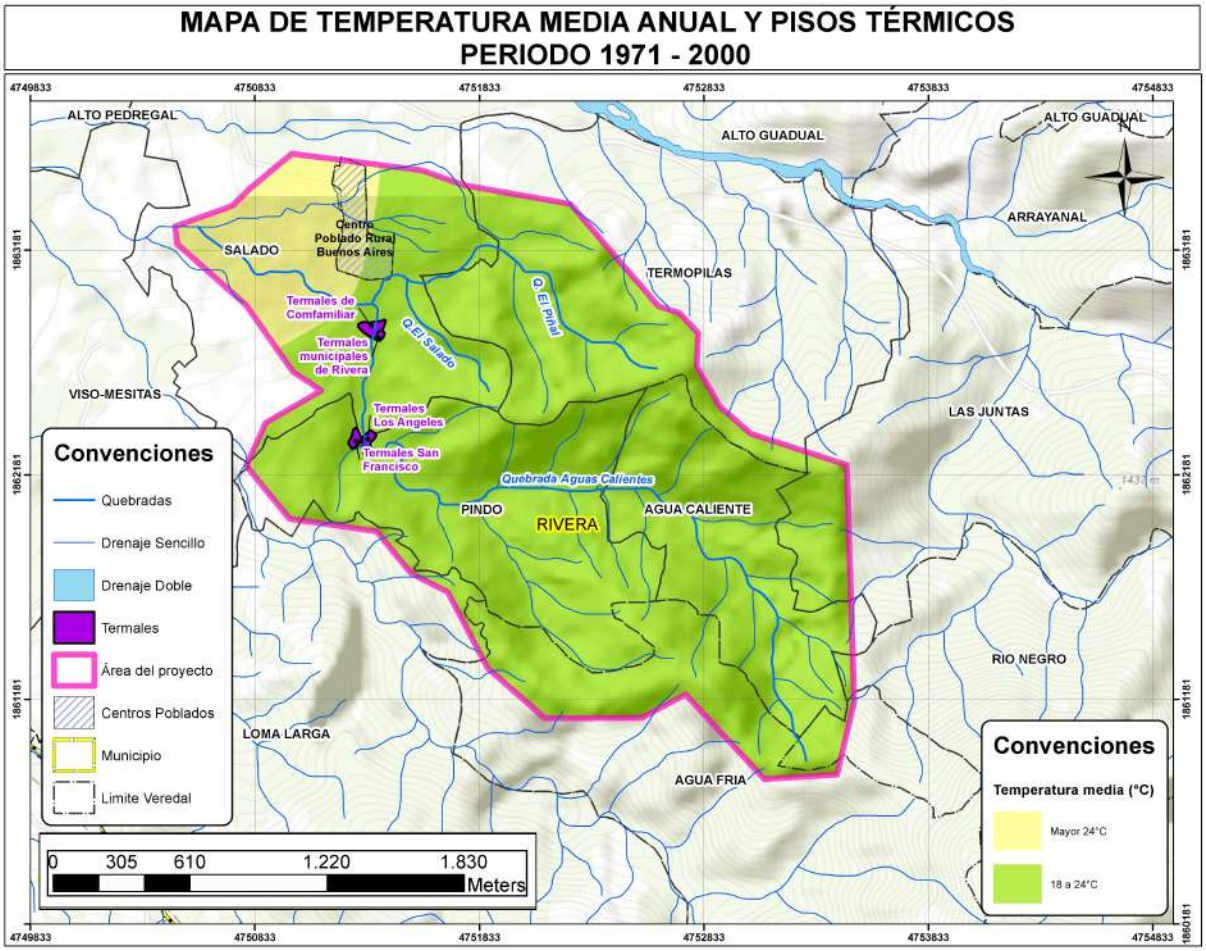


Figura 7.128: Mapa - Temperatura media anual y pisos térmicos periodo 1971-2000 Año 2012 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

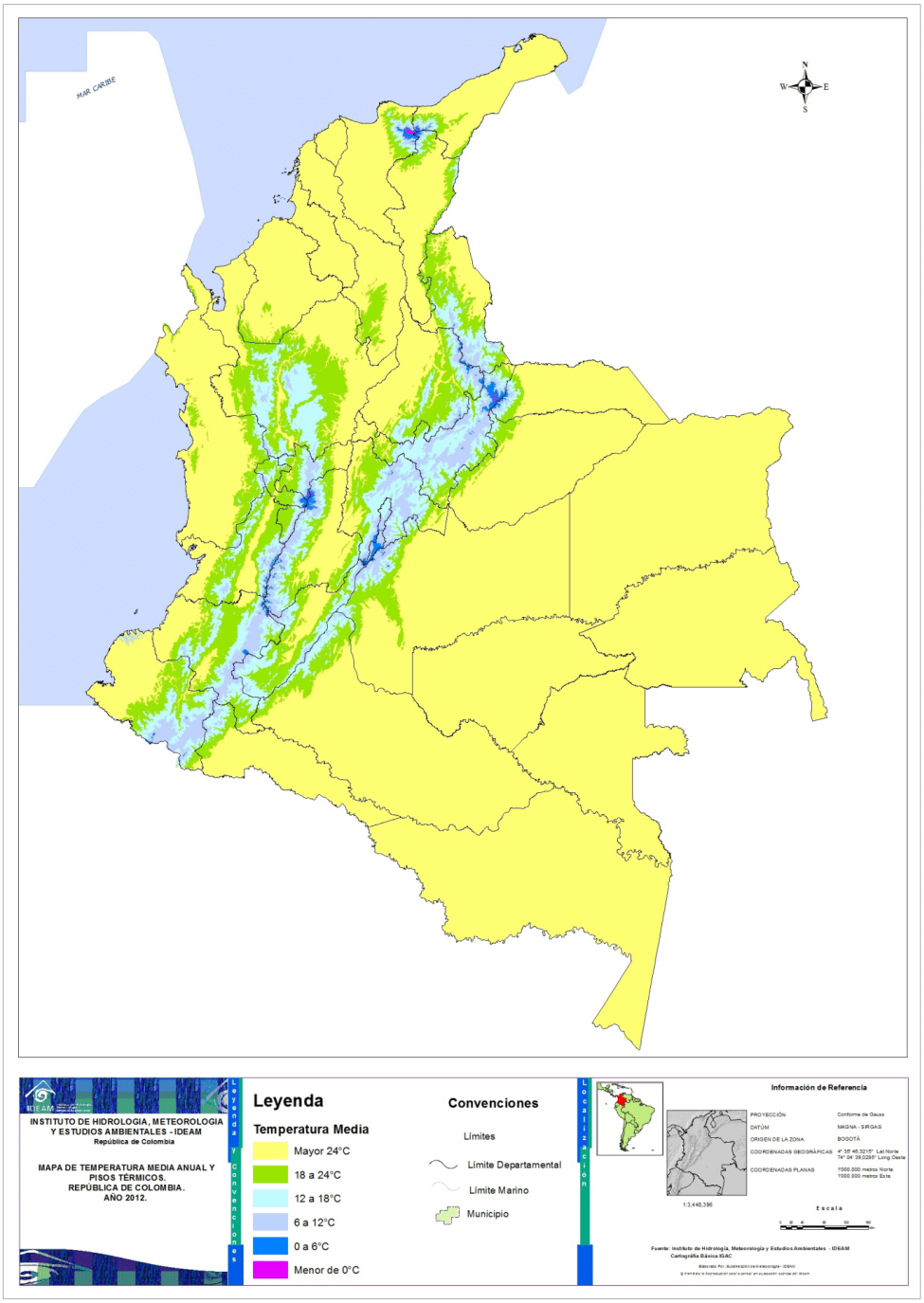


Figura 7.129: Mapa - Temperatura media anual y pisos térmicos periodo 1971-2000 Año 2012 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

En el periodo de referencia 1971–2000, el área de estudio presenta temperaturas medias anuales comprendidas entre 18 °C y valores superiores a 24 °C. Predomina el rango de 18 a 24 °C en la mayor parte del polígono, mientras que las zonas con temperaturas medias anuales superiores a 24 °C se localizan de manera puntual. Esta distribución térmica, ilustrada en la figura 7.128, refleja la variabilidad espacial de los pisos térmicos en el ámbito del proyecto.

- **Tendencia de la Temperatura Máxima Periodo 1971-2000**

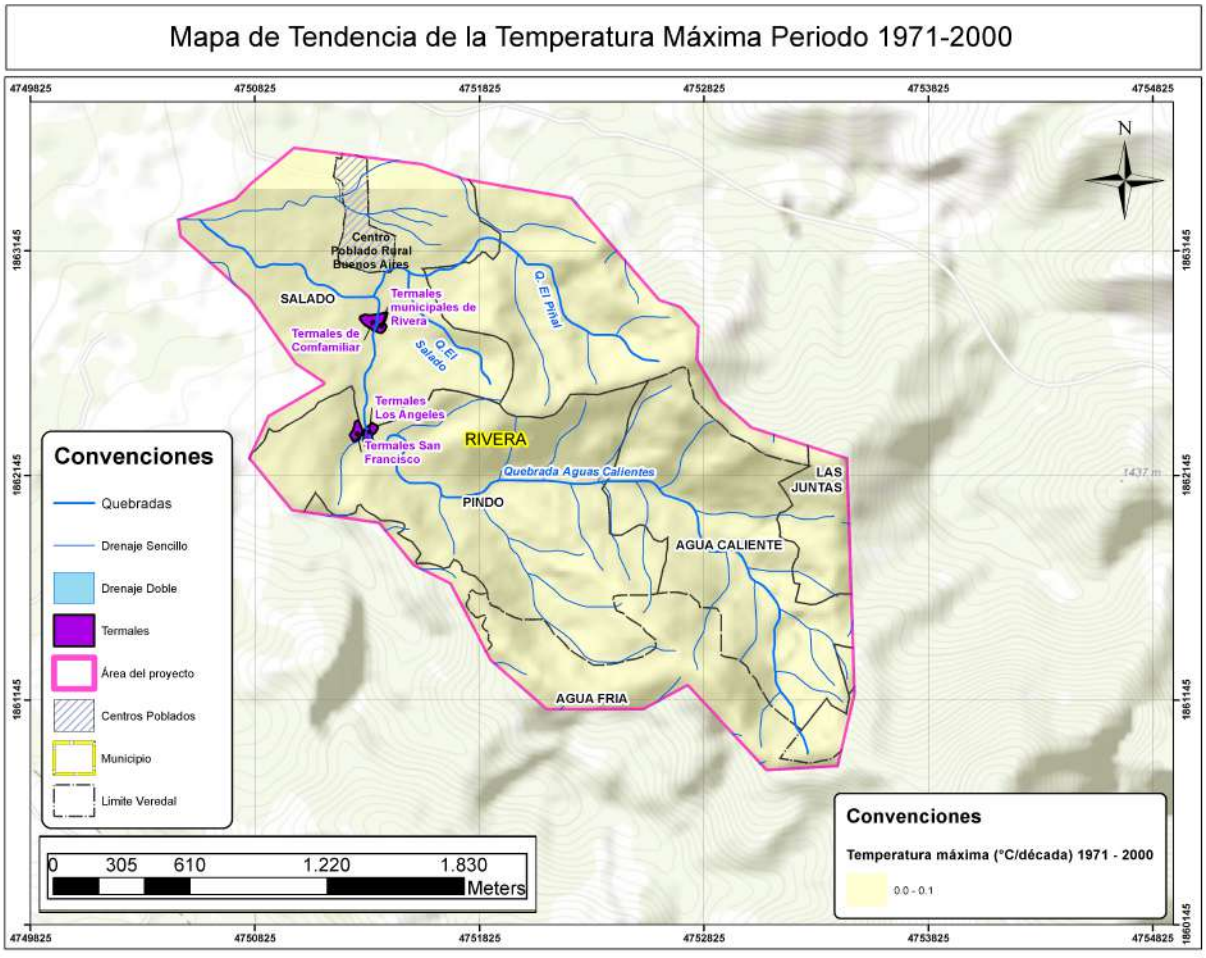


Figura 7.130: Mapa - Tendencia de la Temperatura Máxima Periodo 1971-2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

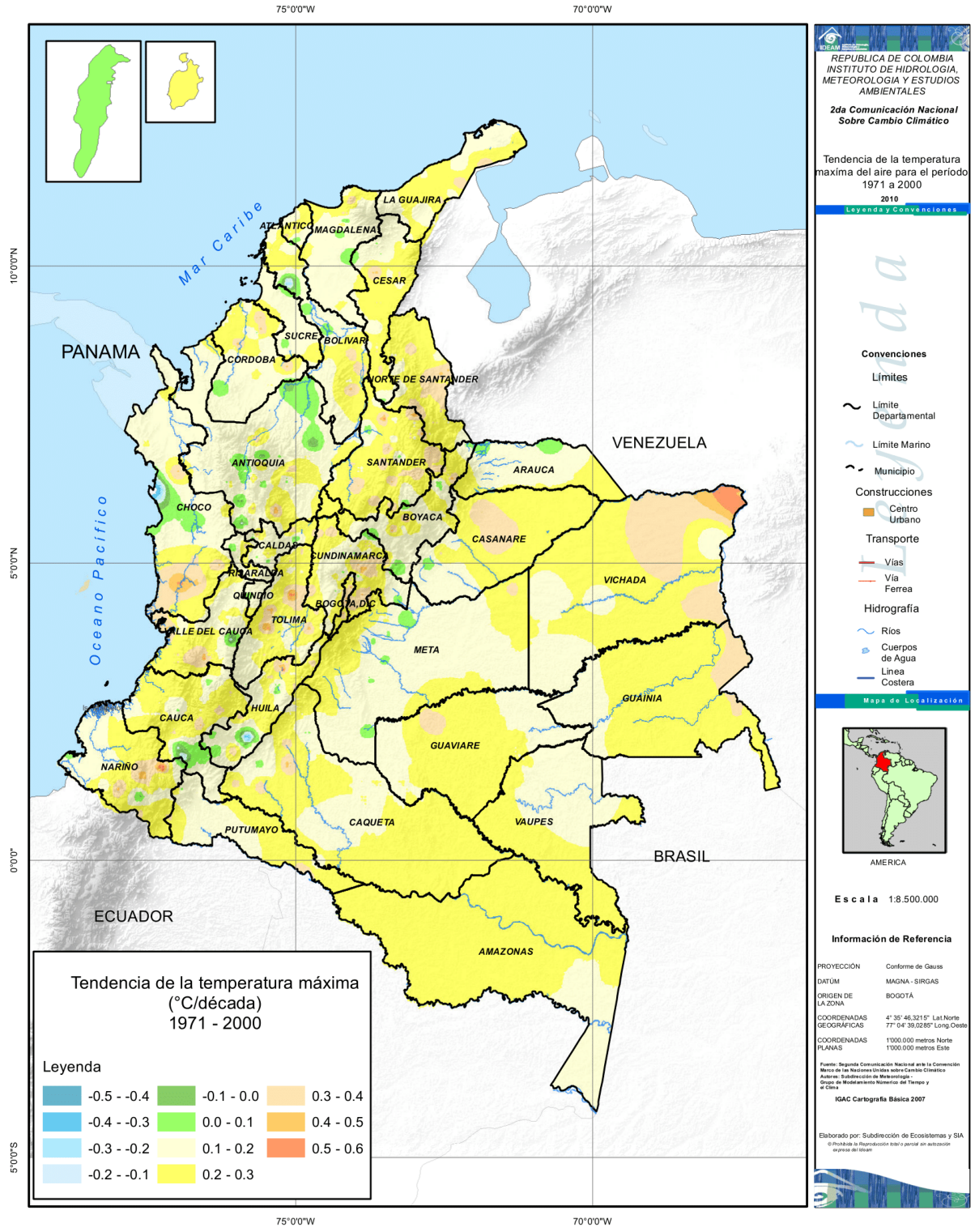


Figura 7.131: Mapa - Tendencia de la Temperatura Máxima Periodo 1971-2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Durante el periodo 1971–2000, el área de estudio presenta una tendencia de incremento en la temperatura máxima en el rango de 0,0 a 0,1 °C por década. Esta variación, observada de manera homogénea en todo el polígono del proyecto, indica un aumento térmico máximo moderado y estable en el ámbito espacial analizado, tal como se representa en la figura 7.130.

- **Tendencia de la Temperatura Media Periodo 1971-2000**

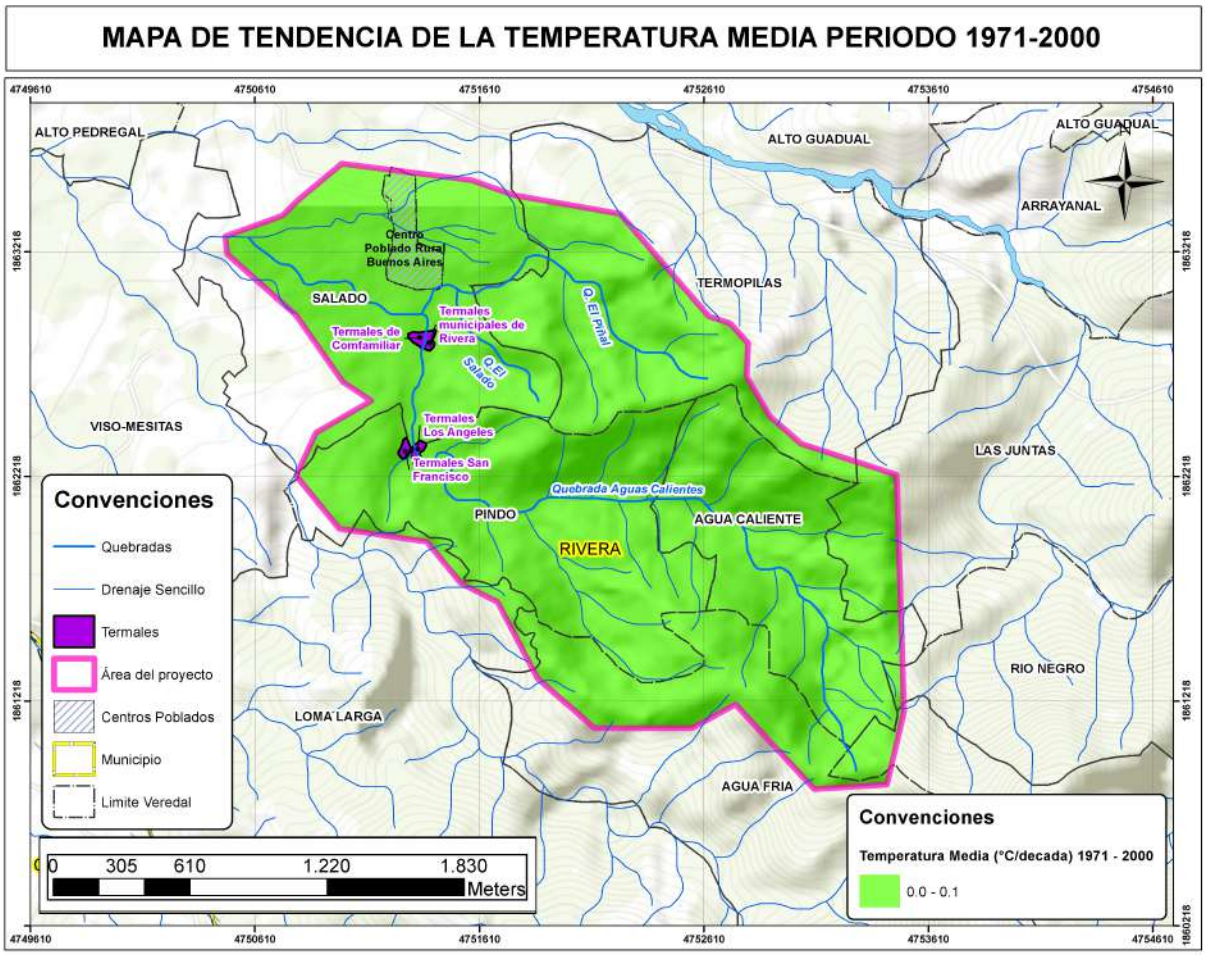


Figura 7.132: Mapa - Tendencia de la Temperatura Media Periodo 1971-2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

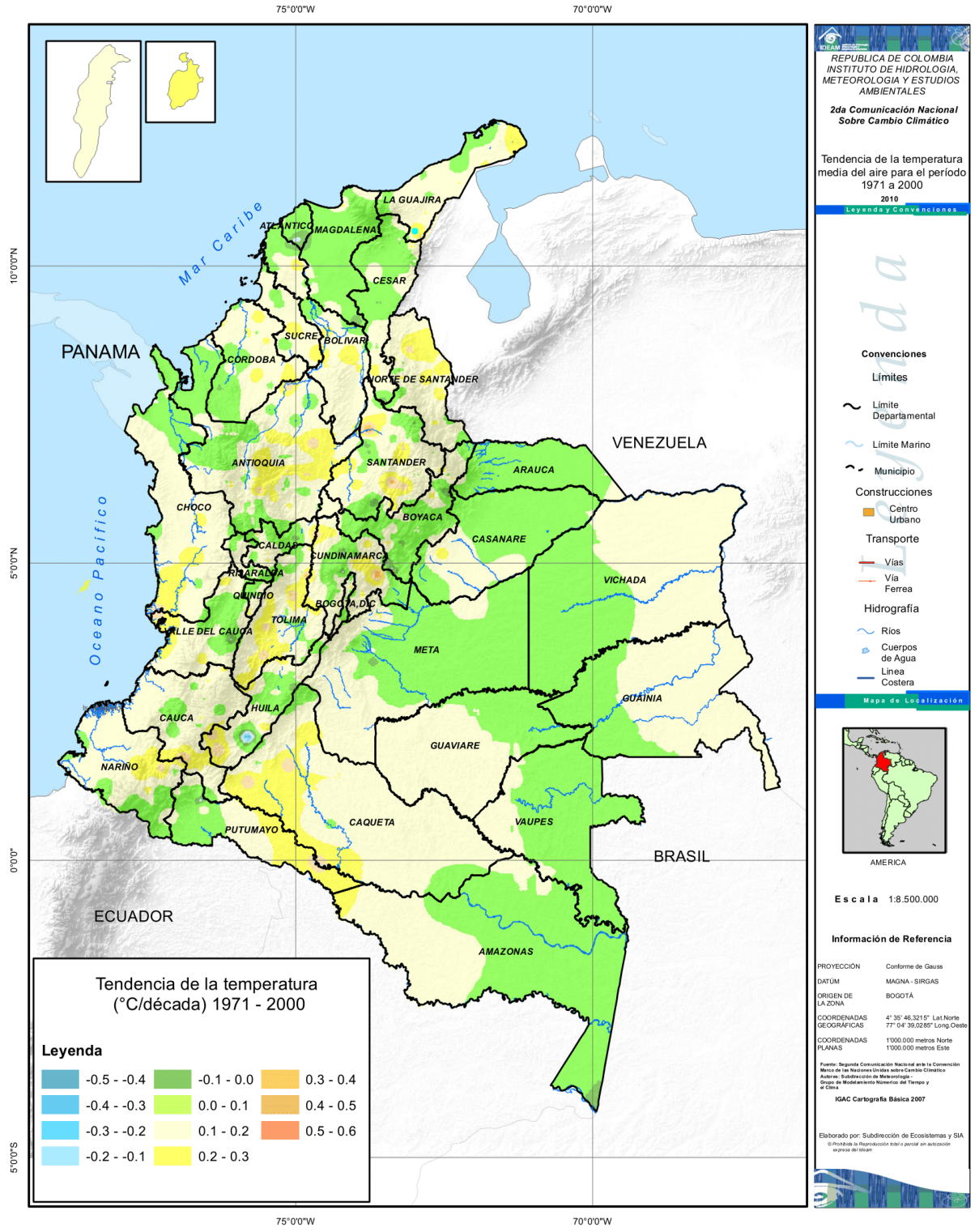


Figura 7.133: Mapa - Tendencia de la Temperatura Media Periodo 1971-2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Durante el periodo 1971–2000, el área de estudio registra una tendencia de incremento en la temperatura media en el rango de 0,0 a 0,1 °C por década. Esta tendencia se distribuye de forma homogénea en todo el polígono del proyecto, evidenciando un patrón térmico estable y sin variaciones espaciales significativas dentro de la zona analizada. Ver figura 7.132.

- **Tendencia de la Temperatura Minima Periodo 1971-2000**

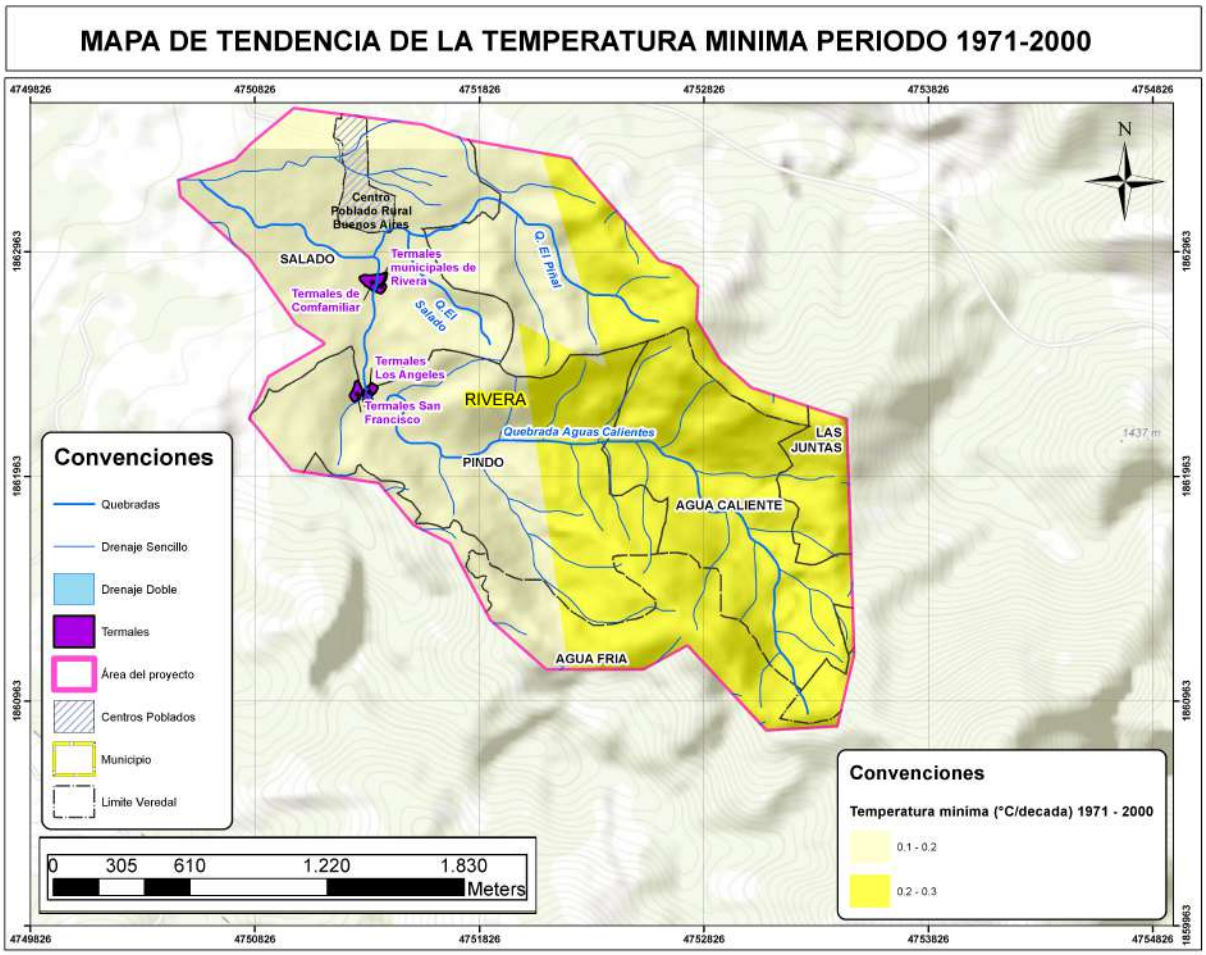


Figura 7.134: Mapa -Tendencia de la Temperatura Minima Periodo 1971-2000 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

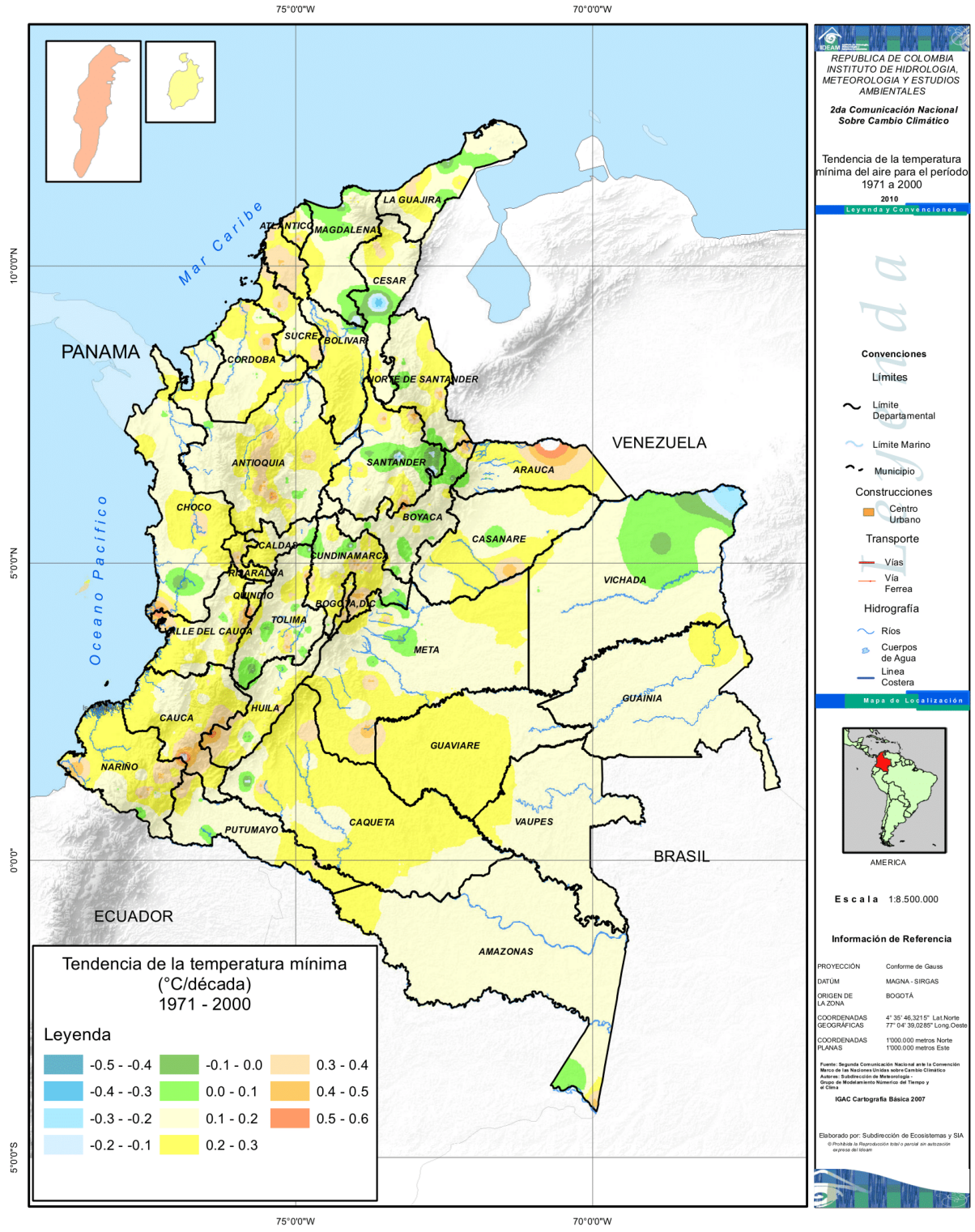


Figura 7.135: Mapa -Tendencia de la Temperatura Minima Periodo 1971-2000 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Durante el periodo 1971–2000, el área de estudio presenta una tendencia de incremento en la temperatura mínima en el rango de 0,1 a 0,3 °C por década. Predomina el intervalo de 0,1 a 0,2 °C por década en la mayor parte del polígono, mientras que el rango de 0,2 a 0,3 °C por década se localiza principalmente en el sector sur y suroriental, tal como se observa en la figura 7.134.

- **Impacto potencial periodo 2011 - 2040**

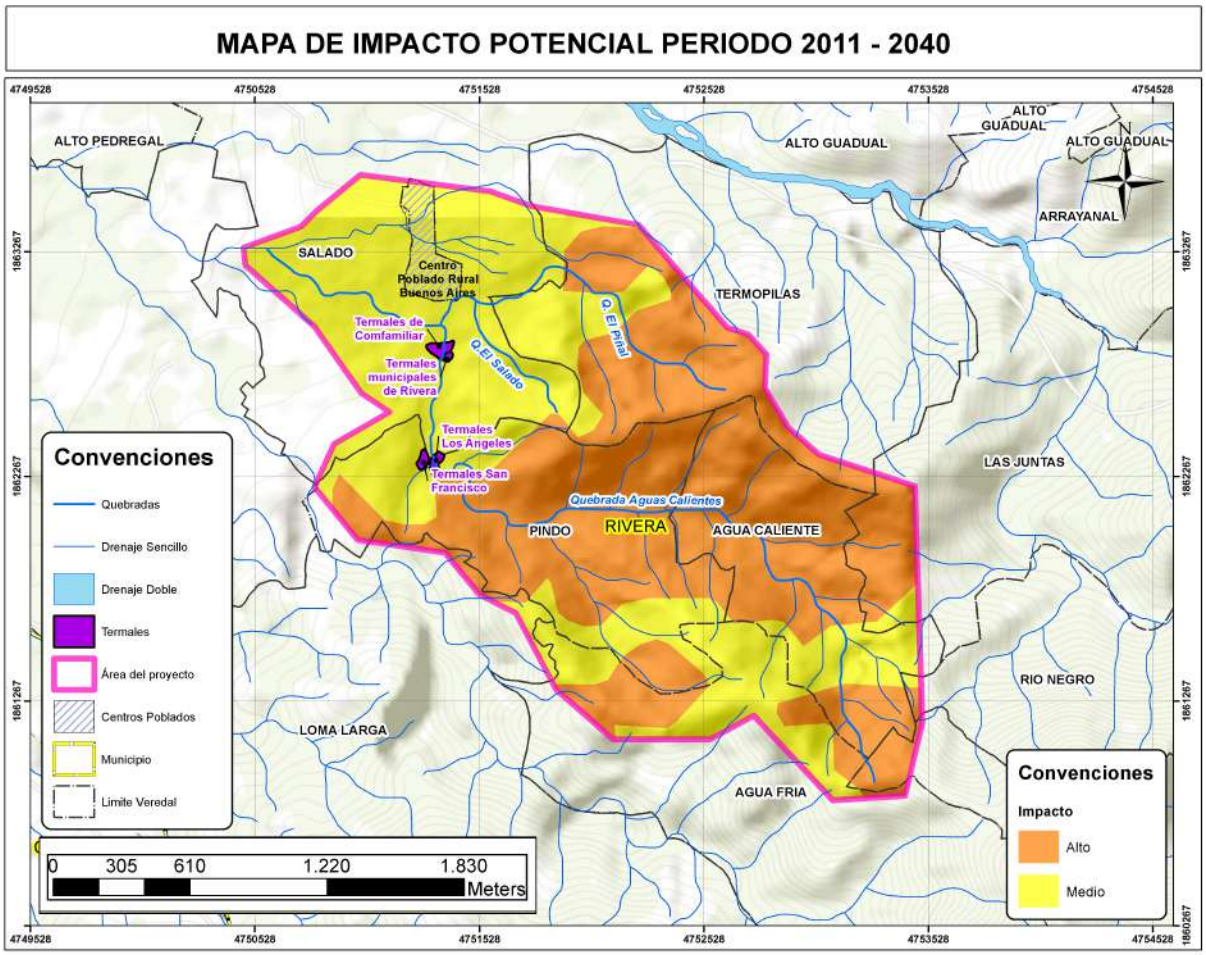


Figura 7.136: Mapa - Impacto potencial periodo 2011 - 2040 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

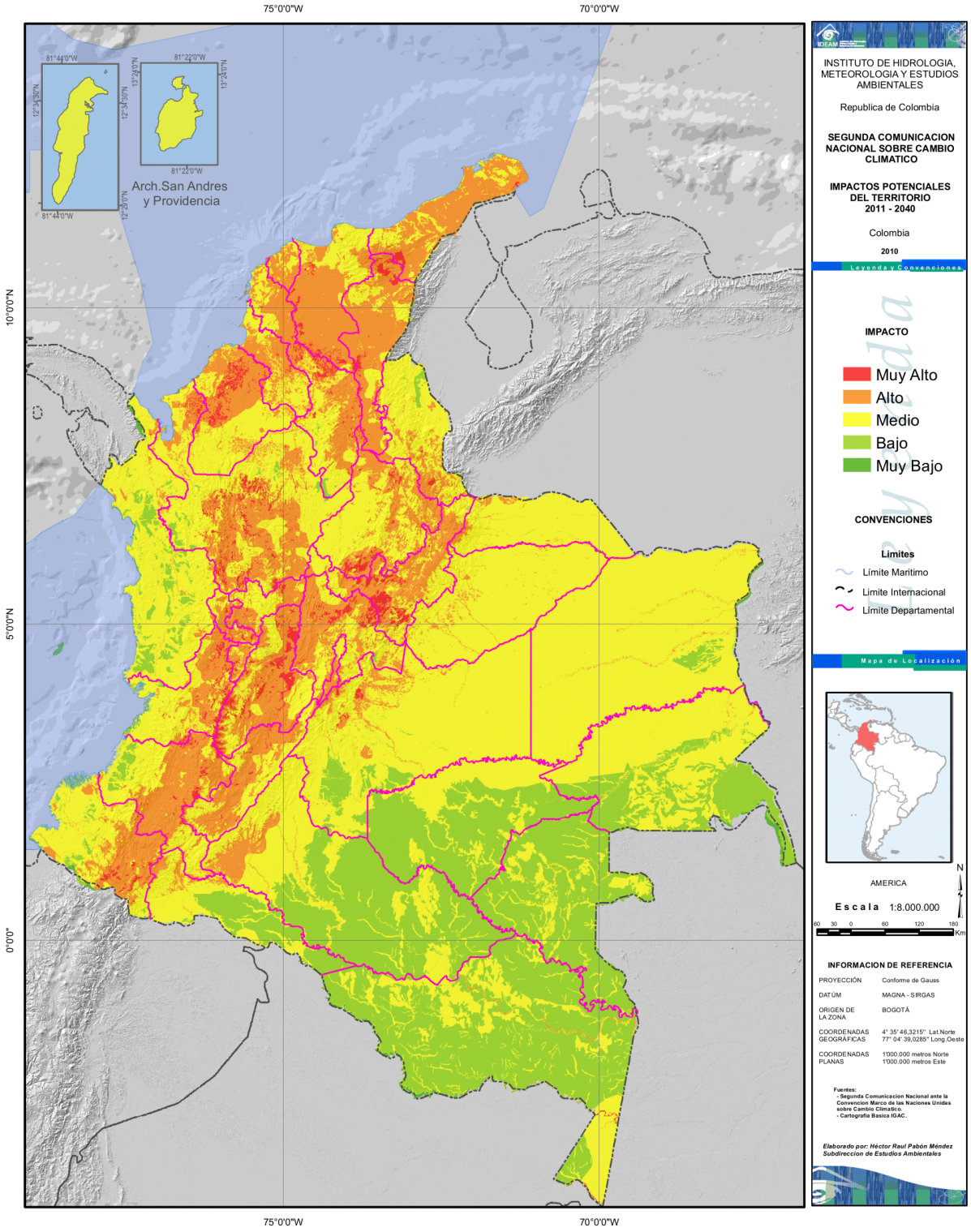


Figura 7.137: Mapa - Impacto potencial periodo 2011 - 2040 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

Para el periodo 2011–2040, el área de estudio presenta niveles de impacto potencial clasificados en las categorías medio y alto. El impacto alto predomina en la zona central y nororiental del polígono, mientras que las áreas con impacto medio se distribuyen principalmente en el sector norte y sur del área de proyecto. Esta distribución evidencia una mayor concentración de condiciones adversas proyectadas en las zonas con categoría alta, tal como se observa en la figura 7.136.

- **Impacto potencial periodo 2071 - 2100**

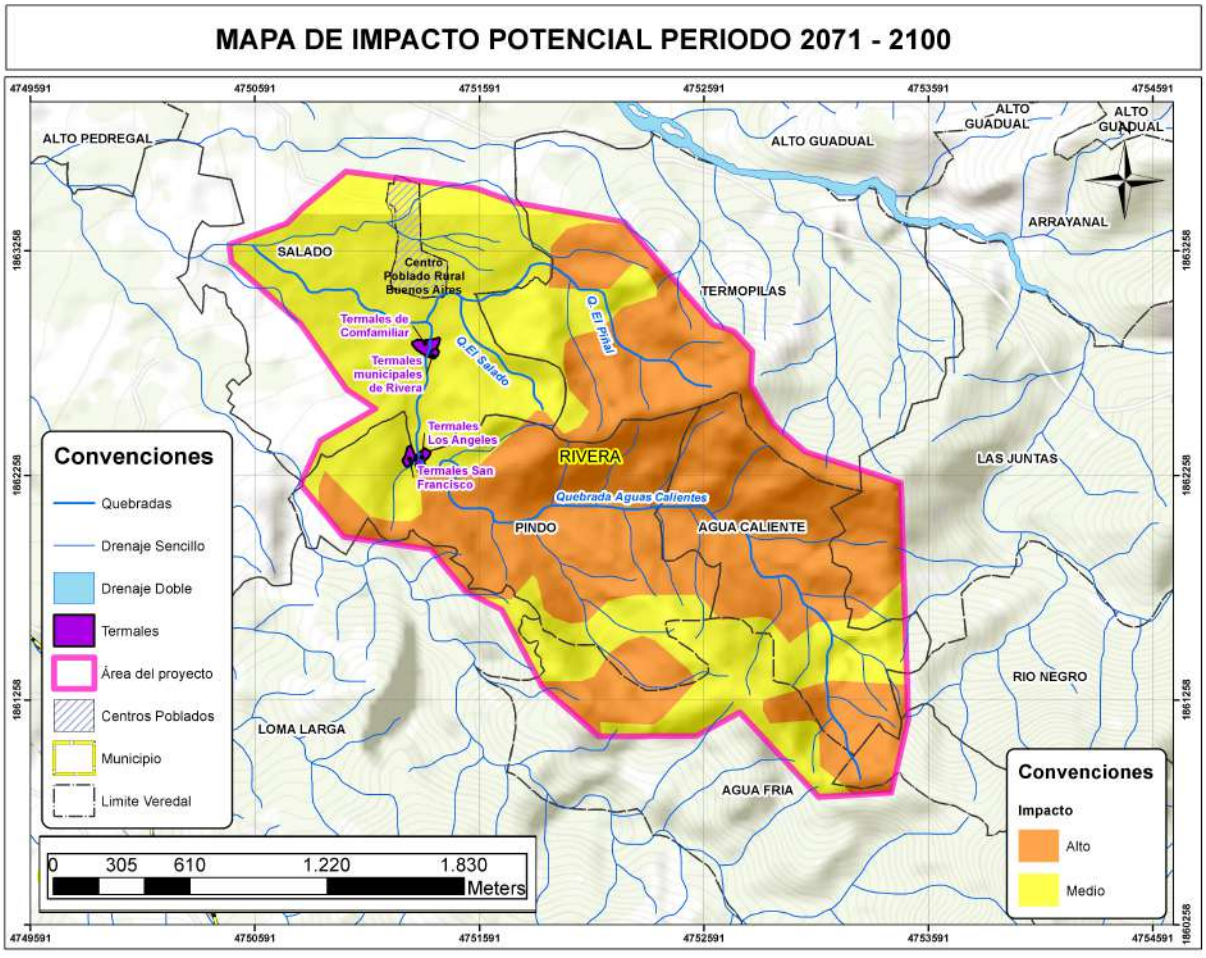


Figura 7.138: Mapa - Impacto potencial periodo 2071 - 2100 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

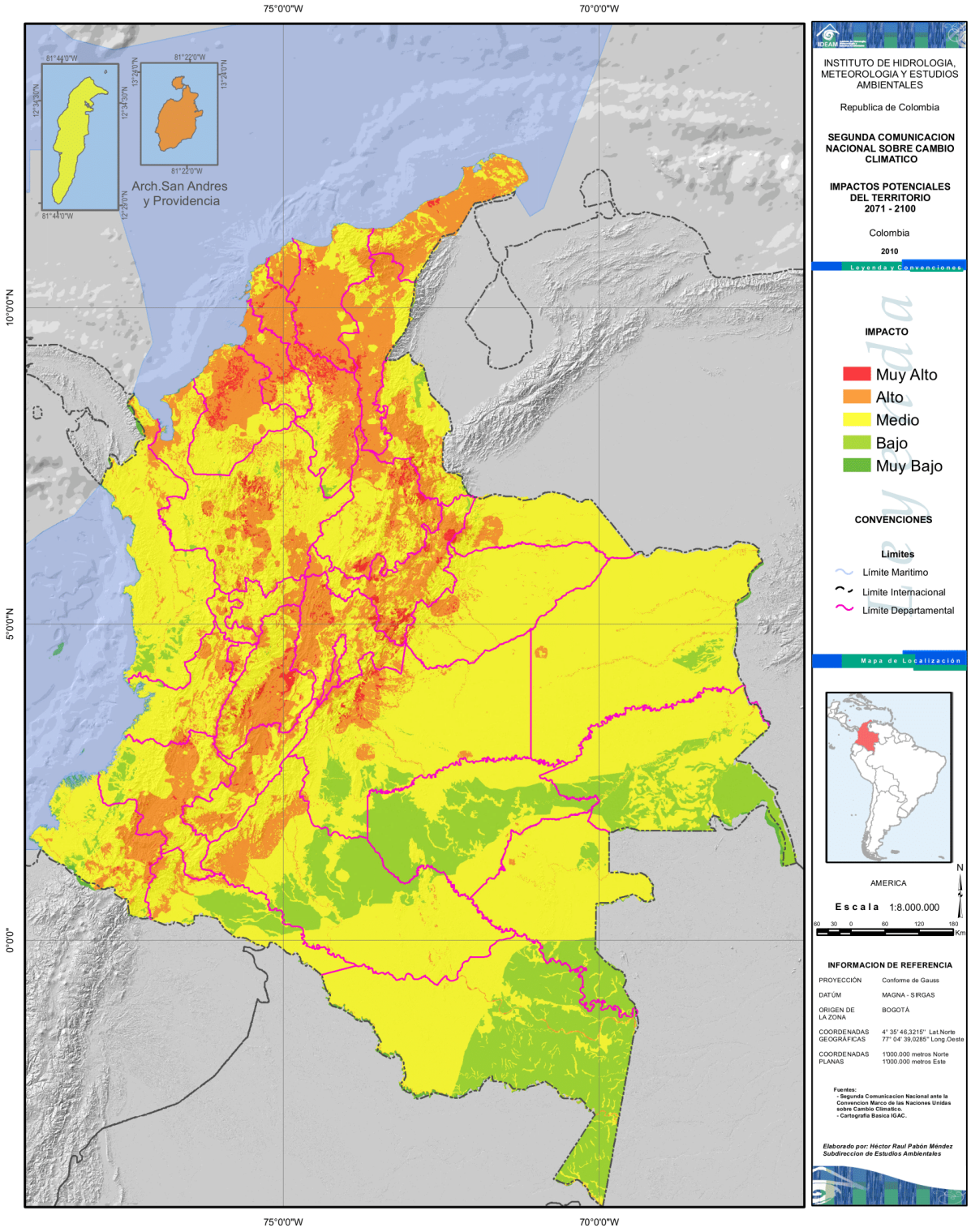


Figura 7.139: Mapa - Impacto potencial periodo 2071 - 2100 en Colombia

Fuente: Tomado del IDEAM

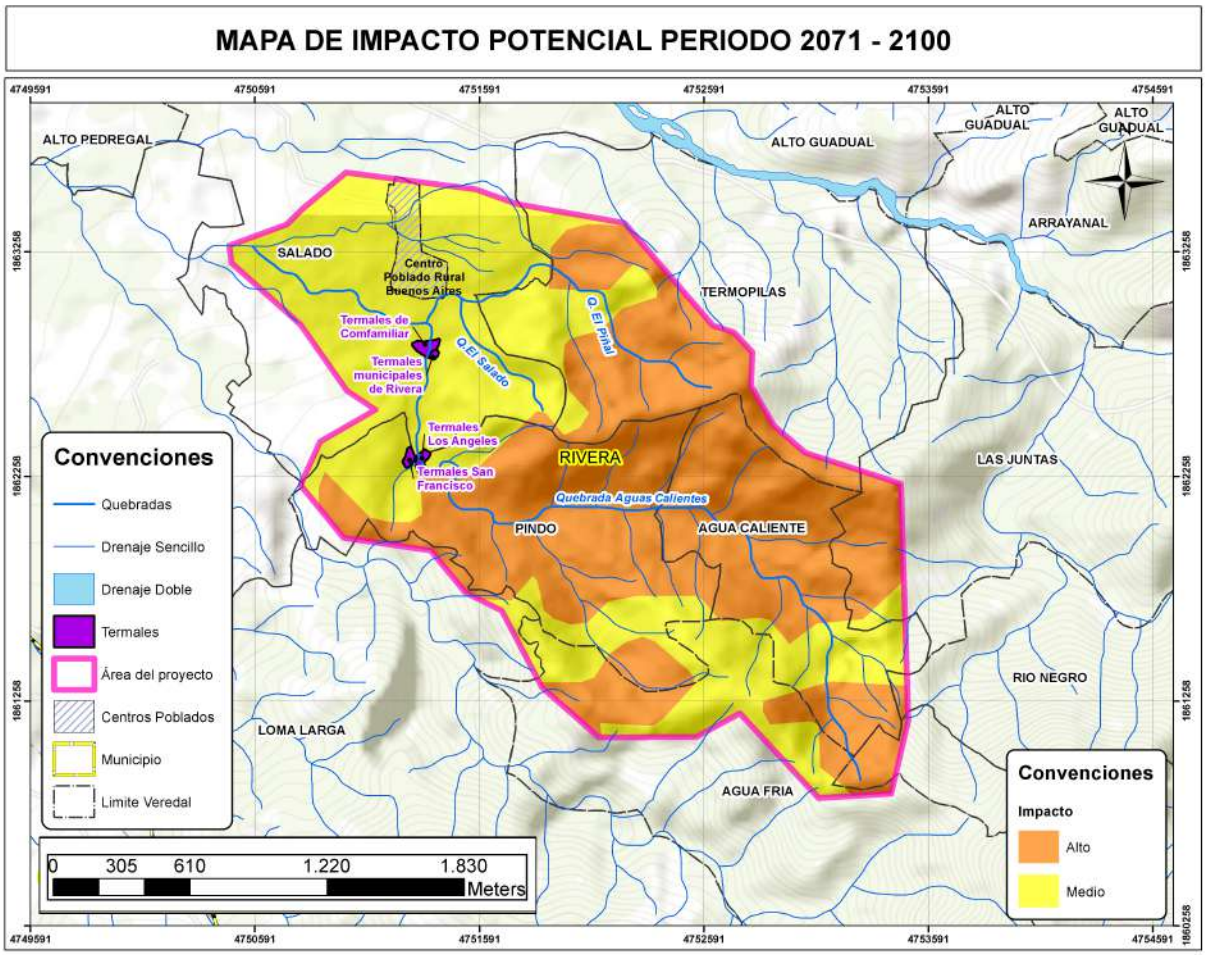


Figura 7.140: Mapa - Impacto potencial periodo 2071 - 2100 en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información del IDEAM

En el escenario proyectado para el periodo 2071–2100, el área de estudio evidencia una distribución espacial del impacto potencial clasificada en las categorías alto y medio. La categoría de impacto alto domina en la zona central y nororiental del polígono, extendiéndose hacia sectores estratégicos asociados a las microcuencas principales, mientras que las áreas de impacto medio se concentran de forma puntual en el sector sur y noroccidental. Esta configuración, se ilustra en la figura 7.140.

8 Socializaciones

Fecha: 01 de Agosto de 2025

Lugar: Auditorio CAM Neiva, Huila.

En la socialización inicial del proyecto participaron representantes de las Alcaldía Municipal de Rivera, técnicos de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y miembros del equipo consultor del Consorcio MAEMUKI. Durante esta reunión se expusieron las actividades a desarrollar, el alcance del proyecto y los objetivos planteados, además de recoger inquietudes y sugerencias de los asistentes. A continuación, se presenta el registro fotográfico (Ver figuras 8.1 y 8.2) y el listado de los asistentes presentados en la tabla 8.1. El acta de la socialización se encuentra disponible en el Anexo A.1.2. Actas.



Figura 8.1: Registro fotográfico Inicio de socialización

Tabla 8.1: Registro de asistentes a socialización

Nombre	Institución	Cargo
Maydy Alejandra Ortiz	CAM	Contratista
Jesika Gutierrez Olaya	Alcaldia de Rivera	Contratista
Clara Cabrera	Termales Los Angeles	Propietaria
Alberto Palacios Liz	SEDAM	Ingeniero de Apoyo
Carlos A. Calderon Perdomo	Termales Los Angeles	Asesoria Tecnica
Alberto Castro	CCLI	Gestion Gremico
Santiago Martinez	Geosolher	Geologo Apoyo
Kelly Yohanna Gomez	Alcaldia de Rivera	Apoyo Profesional
Jaiber Ortiz Ortiz	Alcaldia de Rivera	Secretario
Natalia Muñca Aros	Geologa	CAM
John Fredy Estupiñan Pulido	Profesional Especializado	CAM
Jorge L. Chaparro Cordon	UGRD - Huila	Prof. Universitario
Edisney Silva	CAM	SPOT
Alvaro H. Cardona	PGN	Presentar
Yanilud Pinto	Termales San Francisco	Representante Legal
Alexander Santamaria	Termales San Francisco	Asistente
Andres A. Calderon	Alcaldia de Rivera	Consejal
Freddy Antonio Angail	CAM	Geologo
Andrea Ramos	CAM	Geologo
Lina Costanza Ladino	CAM	Ingeniera Ambiental
Ana Victoria Serrano Torres	Termales San Francisco	-
Juan Carlos Ortiz	CAM	SRCA
Camilo Agudelo	CAM	DG
Ana Maria Perdonomo	CAM	SRCA
Nicolas Hernando Quesada	CAM	SRCA



Figura 8.2: Registro fotográfico de socialización

- **Conclusiones de la Reunión de Socialización Inicial del Proyecto**

Durante la reunión de socialización realizada el 1 de agosto de 2025, se resaltó la importancia de mantener una comunicación fluida entre las alcaldías, la CAM, el Consorcio MAEMUKI y la comunidad, para garantizar el buen desarrollo del proyecto. Las alcaldías expresaron su compromiso de apoyar tanto en la gestión logística como en la integración de la comunidad, facilitando la recopilación de información sobre eventos críticos históricos en las áreas de influencia.

Los estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo (AVR) se destacaron como esenciales para identificar riesgos relacionados con movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. Asimismo, el acotamiento de rondas hídricas se presentó como un elemento fundamental para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos y orientar un desarrollo urbano sostenible en las zonas intervenidas.

Respecto a los tiempos del proyecto, se aclaró que la vigencia del contrato es de 8 meses, siendo los primeros 7 meses para la elaboración del estudio e informes, y el ultimo mes para revisión y aprobación por parte de la Corporación. Posteriormente, la CAM realizará una entrega oficial al municipio.

Durante la socialización, se identificaron áreas críticas como lo son las Termales San Francisco, Los Ángeles, entre otros, comprobando que se encuentran incorporadas en los estudios para definir medidas de mitigación.

El consorcio MAEMUKI se comprometió a entregar productos de alta calidad, como mapas detallados, zonificación ambiental y obras de mitigación diseñadas, siguiendo los estándares establecidos. Estos resultados también servirán como insumos clave para la actualización del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio.

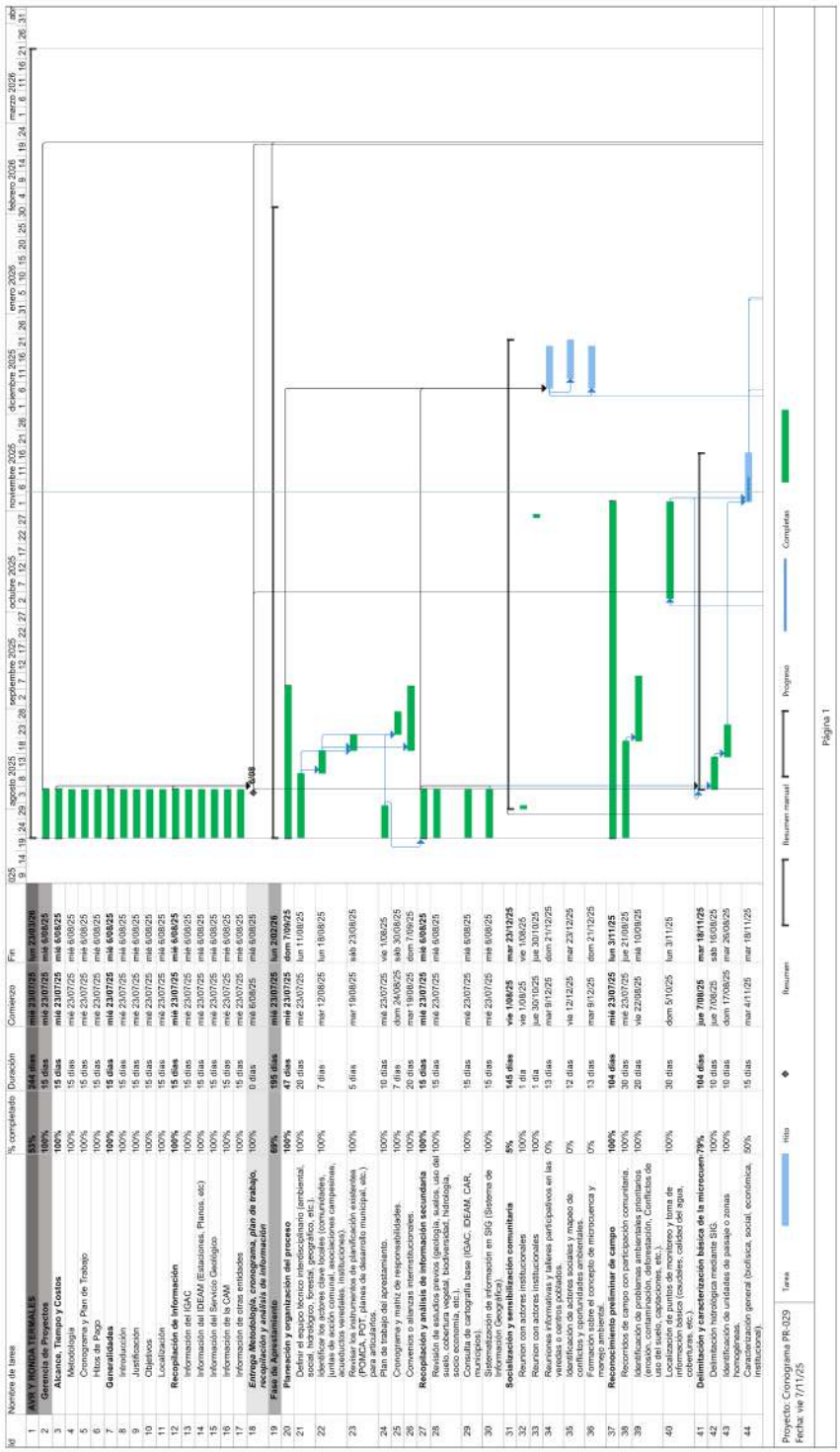
Finalmente, se anunció que las actividades en campo comenzarán en los próximos días, con la llegada de los profesionales a las áreas de estudio. Las alcaldías serán informadas de los avances para coordinar esfuerzos y asegurar el éxito en la ejecución del proyecto.

9 Cronograma

En este capítulo se presenta el cuadro detallado de las actividades a realizar en el marco de la ejecución del contrato de consultoría 376 de 2025. Se detalla y separa cada una de las actividades que se deben realizar y el tiempo que tomará la ejecución de las mismas dentro de los siete (7) meses, de los cuales un (1) mes son para la revisión y aprobación por parte de la Interventoría contratada y la supervisión.

El cronograma de ejecución fue acordado entre ambas partes (CAM y Consorcio MAEMUKI) antes de la concertación final del contrato.

A continuación, en las figuras 9.1, 9.2, 9.3 y 9.4, se presenta el cronograma mencionado. La versión completa y detallada de este cronograma se encuentra disponible en el Anexo A.1.3. Cronograma.



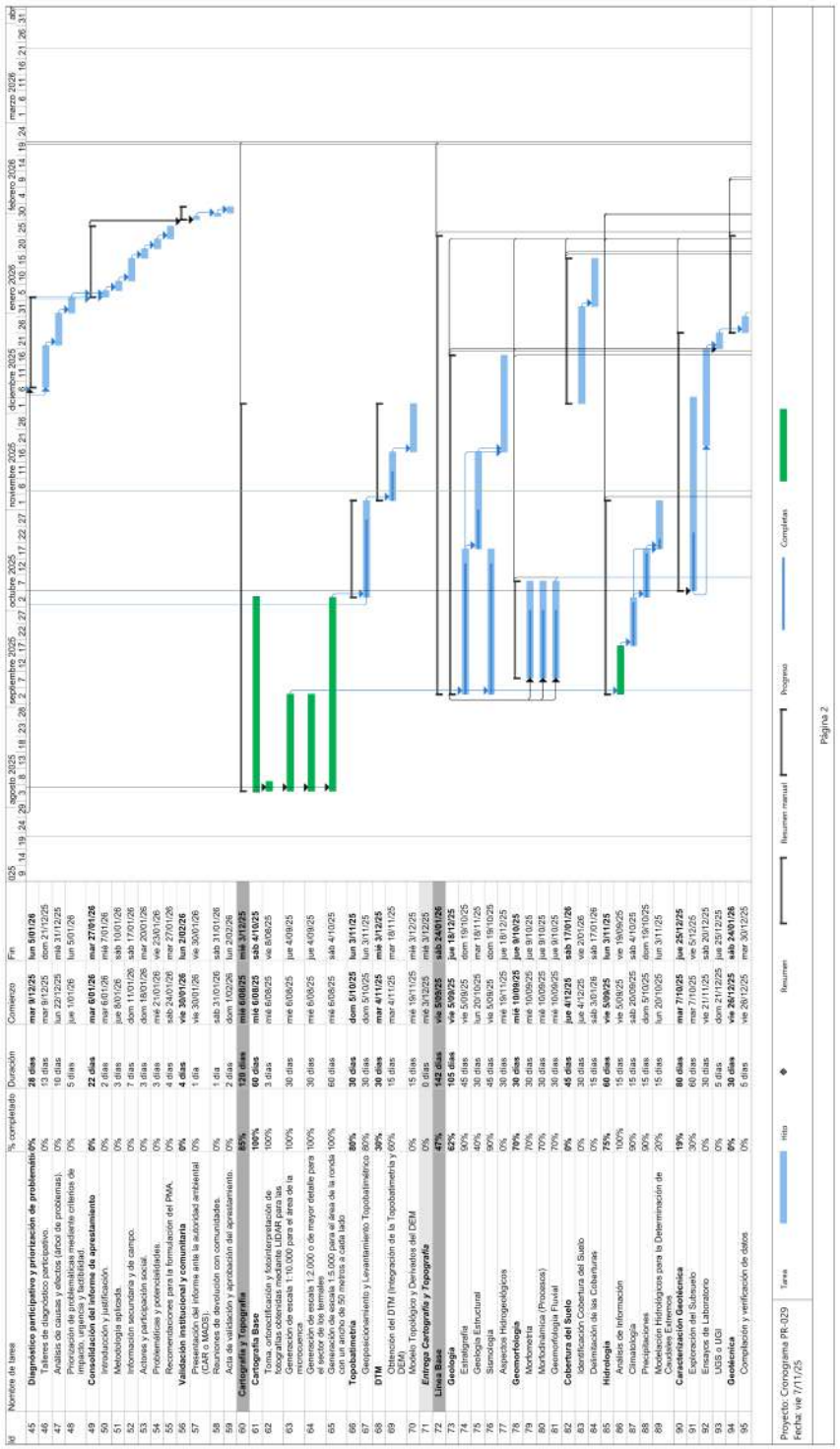
Id	Nombre de tarea	% completado	Duración	Comienzo	Fin
1	**AVA Y MONDA TERMINALES**	**53%**	**344 días**	**mié 23/07/25**	**lun 23/02/26**
2	**Gerencia de Proyectos**	**100%**	**15 días**	**mié 23/07/25**	**mié 6/08/25**
3	**Alcance, Tiempo y Costos**	**100%**	**15 días**	**mié 23/07/25**	**mié 6/08/25**
4	Metodología	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
5	Cronograma y Plan de Trabajo	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
6	Hitos de Pago	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
7	**Generalidades**	**100%**	**15 días**	**mié 23/07/25**	**mié 6/08/25**
8	Introducción	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
9	Justificación	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
10	Objetivos	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
11	Localización	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
12	**Recopilación de información**	**100%**	**15 días**	**mié 23/07/25**	**mié 6/08/25**
13	Información del IGAC	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
14	Información del IDEAM (Estaciones, Planes, etc)	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
15	Información del Servicio Geológico	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
16	Información de la CAM	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
17	Información de otras entidades	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
18	**Entrega Informe de avance, plan de trabajo, recopilación y análisis de información**	**100%**	**0 días**	**mié 6/08/25**	**mié 6/08/25**
19	**Fase de Apresto**	**89%**	**195 días**	**mié 23/07/25**	**lun 2/02/26**
20	**Planeación y organización del proceso**	**100%**	**47 días**	**mié 23/07/25**	**dom 7/09/25**
21	Definir el equipo técnico interdisciplinario (ambiental, social, hidrológico, forestal, geográfico, etc.).	100%	20 días	mié 23/07/25	lun 11/08/25
22	Identificar actores clave (autoridades municipales, juntas de acción comunal, asociaciones campesinas, acueductos veredales, instituciones).	100%	7 días	mar 12/08/25	lun 18/08/25
23	Revisar los instrumentos de planificación existentes (POT/EOT/PBOT, planes de desarrollo municipal, etc.) para articularlos.	100%	5 días	mar 19/08/25	sáb 23/08/25
24	Plan de trabajo del apresto.	100%	10 días	mié 23/07/25	vie 1/08/25
25	Cronograma y matriz de responsabilidades.	100%	7 días	dom 24/08/25	sáb 30/08/25
26	Convenios o alianzas interinstitucionales.	100%	20 días	mar 19/08/25	dom 7/09/25
27	**Recopilación y análisis de información secundaria**	**100%**	**15 días**	**mié 23/07/25**	**mié 6/08/25**
28	Revisión de estudios previos (geología, suelos, uso del suelo, cobertura vegetal, biodiversidad, hidrología, socio economía, etc.).	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
29	Consulta de cartografía base (IGAC, IDEAM, CAR, municipios).	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
30	Sistematización de información en SIG (Sistema de Información Geográfico).	100%	15 días	mié 23/07/25	mié 6/08/25
31	**Socialización y sensibilización comunitaria**	**5%**	**145 días**	**vie 1/08/25**	**mar 23/12/25**
32	Reunion con actores institucionales	100%	1 día	vie 1/08/25	vie 1/08/25
33	Reunion con actores institucionales	100%	1 día	jue 30/10/25	jue 30/10/25
34	Reuniones informativas y talleres participativos en las veredas o centros poblados.	0%	13 días	mar 9/12/25	dom 21/12/25
35	Identificación de actores sociales y mapeo de conflictos y oportunidades ambientales.	0%	12 días	vie 12/12/25	mar 23/12/25
36	Formación sobre el concepto de microcuenca y manejo ambiental.	0%	13 días	mar 9/12/25	dom 21/12/25
37	**Reconocimiento preliminar de campo**	**100%**	**104 días**	**mié 23/07/25**	**lun 3/11/25**
38	Recorridos de campo con participación comunitaria.	100%	30 días	mié 23/07/25	jue 21/08/25
39	Identificación de problemas ambientales prioritarios (erosión, contaminación, deforestación, Conflictos de uso del suelo, captaciones, etc.).	100%	20 días	vie 22/08/25	mié 10/09/25
40	Localización de puntos de monitoreo y toma de muestras hídricas (nacientes, cauces de agua, coberturas, etc.)	100%	30 días	dom 5/10/25	lun 3/11/25
41	**Delimitación y caracterización básica de la microcuen**	**79%**	**104 días**	**jue 7/08/25**	**mar 18/11/25**
42	Delimitación hidrológica mediante SIG.	100%	10 días	jue 7/08/25	sáb 16/08/25
43	Identificación de unidades de paisaje o zonas homogéneas.	100%	10 días	dom 17/08/25	mar 26/08/25
44	Caracterización general (biofísica, social, económica, institucional)	50%	15 días	mar 4/11/25	mar 18/11/25

Proyecto: Cronograma PR-029
Fecha: vie 7/11/25

Tarea | Hito | Resumen | Resumen manual | Progreso | Completas

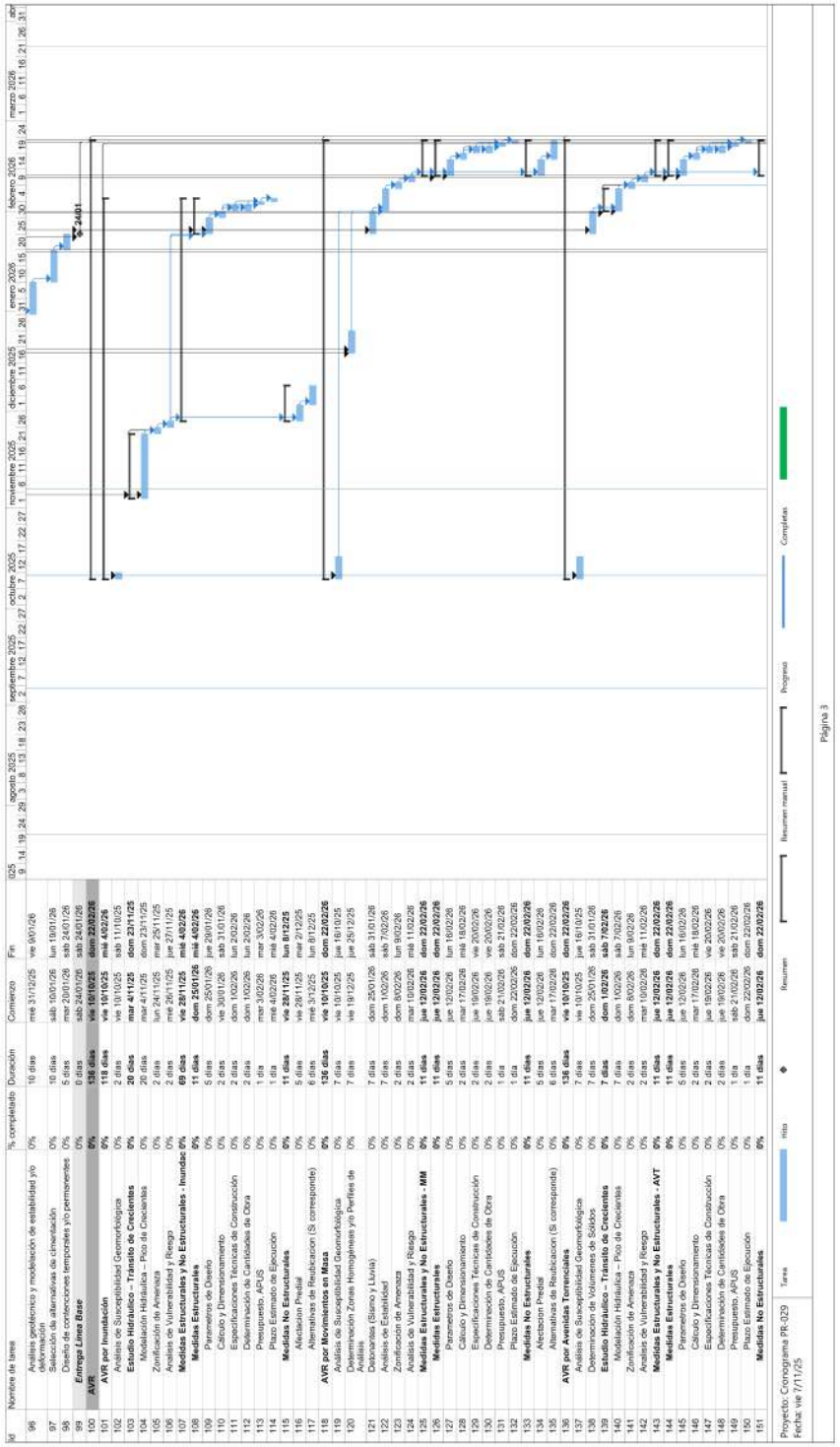
Página 1

Figura 9.1: Cronograma general



Id	Nombre de tarea	% completado	Duración	Comienzo	Fin
45	**Diagnostico participativo y priorización de problemática**	0%	**28 días**	**mar 9/12/25**	**lun 5/01/26**
46	Talleres diagnósticos participativos.	0%	13 días	mar 9/12/25	dom 21/12/25
47	Análisis de causas y efectos (árbol de problemas).	0%	10 días	lun 22/12/25	mié 31/12/25
48	Priorización de problemáticas mediante criterios de impacto, urgencia y factibilidad.	0%	5 días	jue 1/01/26	lun 5/01/26
49	**Consolidación del informe de apresamiento**	**0%**	**22 días**	**mar 6/01/26**	**mar 27/01/26**
50	Introducción y justificación.	0%	2 días	mar 6/01/26	mié 7/01/26
51	Metodología aplicada.	0%	3 días	jue 8/01/26	sab 10/01/26
52	Información secundaria y de campo.	0%	7 días	dom 11/01/26	sab 17/01/26
53	Actores y participación social.	0%	3 días	dom 18/01/26	mar 20/01/26
54	Problemáticas y potencialidades.	0%	3 días	mié 21/01/26	vie 23/01/26
55	Recomendaciones para la formulación del PMA.	0%	4 días	sab 24/01/26	mar 27/01/26
56	**Validación institucional y comunitaria**	**0%**	**4 días**	**vie 30/01/26**	**lun 2/02/26**
57	Presentación del informe ante la autoridad ambiental (CAR o MADS).	0%	1 día	vie 30/01/26	vie 30/01/26
58	Reuniones de devolución con comunidades.	0%	1 día	sab 31/01/26	sab 31/01/26
59	Acta de validación y aprobación del apresamiento.	0%	2 días	dom 1/02/26	lun 2/02/26
60	**Cartografía y Topografía**	**85%**	**120 días**	**mié 6/08/25**	**mié 3/12/25**
61	**Cartografía Base**	**100%**	**60 días**	**mié 6/08/25**	**sáb 4/10/25**
62	Toma, ortorectificación y fotointerpretación de imágenes satelitales de alta resolución (<0.5m).	100%	3 días	mié 6/08/25	vie 8/08/25
63	Generación de escala 1:10.000 para el área de la microcuenca	100%	30 días	mié 6/08/25	jue 4/09/25
64	Generación de escala 1:2.000 o de mayor detalle para el área de la bocatoma.	100%	30 días	mié 6/08/25	jue 4/09/25
65	Generación de escala 1:5.000 para el área de la ronda con un ancho de 50 metros a cada lado	100%	60 días	mié 6/08/25	sáb 4/10/25
66	**Topobatimetria**	**80%**	**30 días**	**dom 5/10/25**	**lun 3/11/25**
67	Geoposicionamiento y Levantamiento Topobatimétrico	80%	30 días	dom 5/10/25	lun 3/11/25
68	**DTM**	**30%**	**30 días**	**mar 4/11/25**	**mié 3/12/25**
69	Obtención del DTM (integración de la Topobatimetría y DEM)	60%	15 días	mar 4/11/25	mar 18/11/25
70	Modelo Topológico y Derivados del DEM	0%	15 días	mié 19/11/25	mié 3/12/25
71	***Entrega Cartografía y Topografía***	0%	0 días	mié 3/12/25	mié 3/12/25
72	**Línea Base**	**47%**	**142 días**	**vie 5/09/25**	**sáb 24/01/26**
73	**Geología**	**62%**	**105 días**	**vie 5/09/25**	**jue 18/12/25**
74	Estratigrafía	90%	45 días	vie 5/09/25	dom 19/10/25
75	Geología Estructural	40%	30 días	lun 20/10/25	mar 18/11/25
76	Sismología	90%	45 días	vie 5/09/25	dom 19/10/25
77	Aspectos Hidrogeológicos	0%	30 días	mié 19/11/25	jue 18/12/25
78	**Geomorfología**	**70%**	**30 días**	**mié 10/09/25**	**jue 9/10/25**
79	Morfometría	70%	30 días	mié 10/09/25	jue 9/10/25
80	Morfodinamica (Procesos)	70%	30 días	mié 10/09/25	jue 9/10/25
81	Geomorfología Fluvial	70%	30 días	mié 10/09/25	jue 9/10/25
82	**Cobertura del Suelo**	**0%**	**45 días**	**jue 4/12/25**	**sáb 17/01/26**
83	Identificación Cobertura del Suelo	0%	30 días	jue 4/12/25	vie 2/01/26
84	Delimitación de las Coberturas	0%	15 días	sáb 3/01/26	sáb 17/01/26
85	**Hidrología**	**75%**	**60 días**	**vie 5/09/25**	**lun 3/11/25**
86	Análisis de información	100%	15 días	vie 5/09/25	vie 19/09/25
87	Climatología	90%	15 días	sáb 20/09/25	sáb 4/10/25
88	Precipitaciones	90%	15 días	dom 5/10/25	dom 19/10/25
89	Modelación Hidrológicos para la Determinación de Caudales Extremos	20%	15 días	lun 20/10/25	lun 3/11/25
90	**Caracterización de Sedimentos**	**19%**	**80 días**	**mar 7/10/25**	**jue 25/12/25**
91	Caracterización de Sedimento	30%	60 días	mar 7/10/25	vie 5/12/25
92	Ensayos de Laboratorio	0%	30 días	vie 21/11/25	sáb 20/12/25
93	LiDS o UGI	0%	5 días	dom 21/12/25	jue 25/12/25
94	**Geotécnica**	**0%**	**30 días**	**vie 26/12/25**	**sáb 24/01/26**
95	Compilación y verificación de datos	0%	5 días	vie 26/12/25	mar 30/12/25

Figura 9.2: Cronograma general



Id	Nombre de tarea	% completado	Duración	Comienzo	Fin
96	Análisis geotécnicos y modelación de estabilidad y/o deformación	0%	10 días	mié 31/12/25	vie 9/01/26
97	Selección de alternativas de cimentación	0%	10 días	sáb 10/01/26	lun 19/01/26
98	Diseño de contenciones temporales y/o permanentes	0%	5 días	mar 20/01/26	sáb 24/01/26
99	*Entrega Línea Base*	0%	0 días	sáb 24/01/26	sáb 24/01/26
100	**AVR**	0%	**136 días**	**vie 10/10/25**	**dom 22/02/26**
101	**AVR por Inundación**	0%	**118 días**	**vie 10/10/25**	**mié 4/02/26**
102	Análisis de Susceptibilidad Geomorfológica	0%	2 días	vie 10/10/25	sáb 11/10/25
103	**Estudio Hidráulico – Tránsito de Crecientes**	0%	**20 días**	**mar 4/11/25**	**dom 23/11/25**
104	Modelación Hidráulica – Pico de Crecientes	0%	20 días	mar 4/11/25	dom 23/11/25
105	Zonificación de Amenaza	0%	2 días	lun 24/11/25	mar 25/11/25
106	Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo	0%	2 días	mié 26/11/25	jue 27/11/25
107	**Medidas Estructurales y No Estructurales - Inundac**	0%	**60 días**	**vie 28/11/25**	**mié 4/02/26**
108	**Medidas Estructurales**	0%	**11 días**	**dom 25/01/26**	**mié 4/02/26**
109	Parametros de Diseño	0%	5 días	dom 25/01/26	jue 29/01/26
110	Cálculo y Dimensionamiento	0%	2 días	vie 30/01/26	sáb 31/01/26
111	Especificaciones Técnicas de Construcción	0%	2 días	dom 1/02/26	lun 2/02/26
112	Determinación de Cantidades de Obra	0%	2 días	dom 1/02/26	lun 2/02/26
113	Presupuesto, APUS	0%	1 día	mar 3/02/26	mar 3/02/26
114	Plazo Estimado de Ejecución	0%	1 día	mié 4/02/26	mié 4/02/26
115	**Medidas No Estructurales**	0%	**11 días**	**vie 28/11/25**	**lun 8/12/25**
116	Afectacion Predial	0%	5 días	vie 28/11/25	mar 2/12/25
117	Alternativas de Reubicacion (Si corresponde)	0%	6 días	mié 3/12/25	lun 8/12/25
118	**AVR por Movimientos en Masa**	0%	**136 días**	**vie 10/10/25**	**dom 22/02/26**
119	Análisis de Susceptibilidad Geomorfológica	0%	7 días	vie 10/10/25	jue 16/10/25
120	Determinación Zonas Homogéneas y/o Perfiles de Análisis	0%	7 días	vie 19/12/25	jue 25/12/25
121	Datonarios (Sismo y Lluvia)	0%	7 días	dom 25/01/26	sáb 31/01/26
122	Análisis de Estabilidad	0%	7 días	dom 1/02/26	sáb 7/02/26
123	Zonificación de Amenaza	0%	2 días	dom 8/02/26	lun 9/02/26
124	Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo	0%	2 días	mar 10/02/26	mié 11/02/26
125	**Medidas Estructurales y No Estructurales - MM**	0%	**11 días**	**jue 12/02/26**	**dom 22/02/26**
126	**Medidas Estructurales**	0%	**11 días**	**jue 12/02/26**	**dom 22/02/26**
127	Parametros de Diseño	0%	5 días	jue 12/02/26	lun 16/02/26
128	Cálculo y Dimensionamiento	0%	2 días	mar 17/02/26	mié 18/02/26
129	Especificaciones Técnicas de Construcción	0%	2 días	jue 19/02/26	vie 20/02/26
130	Determinación de Cantidades de Obra	0%	2 días	jue 19/02/26	vie 20/02/26
131	Presupuesto, APUS	0%	1 día	sáb 21/02/26	sáb 21/02/26
132	Plazo Estimado de Ejecución	0%	1 día	dom 22/02/26	dom 22/02/26
133	**Medidas No Estructurales**	0%	**11 días**	**jue 12/02/26**	**dom 22/02/26**
134	Afectacion Predial	0%	5 días	jue 12/02/26	lun 16/02/26
135	Alternativas de Reubicacion (Si corresponde)	0%	6 días	mar 17/02/26	dom 22/02/26
136	**AVR por Avenidas Torrenciales**	0%	**136 días**	**vie 10/10/25**	**dom 22/02/26**
137	Análisis de Susceptibilidad Geomorfológica	0%	7 días	vie 10/10/25	jue 16/10/25
138	Determinación de Volumenes de Sólidos	0%	7 días	dom 25/01/26	sáb 31/01/26
139	**Estudio Hidráulico – Tránsito de Crecientes**	0%	**7 días**	**dom 1/02/26**	**sáb 7/02/26**
140	Modelación Hidráulica – Pico de Crecientes	0%	7 días	dom 1/02/26	sáb 7/02/26
141	Zonificación de Amenaza	0%	2 días	dom 8/02/26	lun 9/02/26
142	Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo	0%	2 días	mar 10/02/26	mié 11/02/26
143	**Medidas Estructurales y No Estructurales - AVT**	0%	**11 días**	**jue 12/02/26**	**dom 22/02/26**
144	**Medidas Estructurales**	0%	**11 días**	**jue 12/02/26**	**dom 22/02/26**
145	Parametros de Diseño	0%	5 días	jue 12/02/26	lun 16/02/26
146	Cálculo y Dimensionamiento	0%	2 días	mar 17/02/26	mié 18/02/26
147	Especificaciones Técnicas de Construcción	0%	2 días	jue 19/02/26	vie 20/02/26
148	Determinación de Cantidades de Obra	0%	2 días	jue 19/02/26	vie 20/02/26
149	Presupuesto, APUS	0%	1 día	sáb 21/02/26	sáb 21/02/26
150	Plazo Estimado de Ejecución	0%	1 día	dom 22/02/26	dom 22/02/26
151	**Medidas No Estructurales**	0%	**11 días**	**jue 12/02/26**	**dom 22/02/26**

Proyecto: Cronograma PR-029
Fecha: vie 7/11/25

Tarea | Hito | Resumen | Resumen manual | Progreso | Completas

Página 3

Figura 9.3: Cronograma general

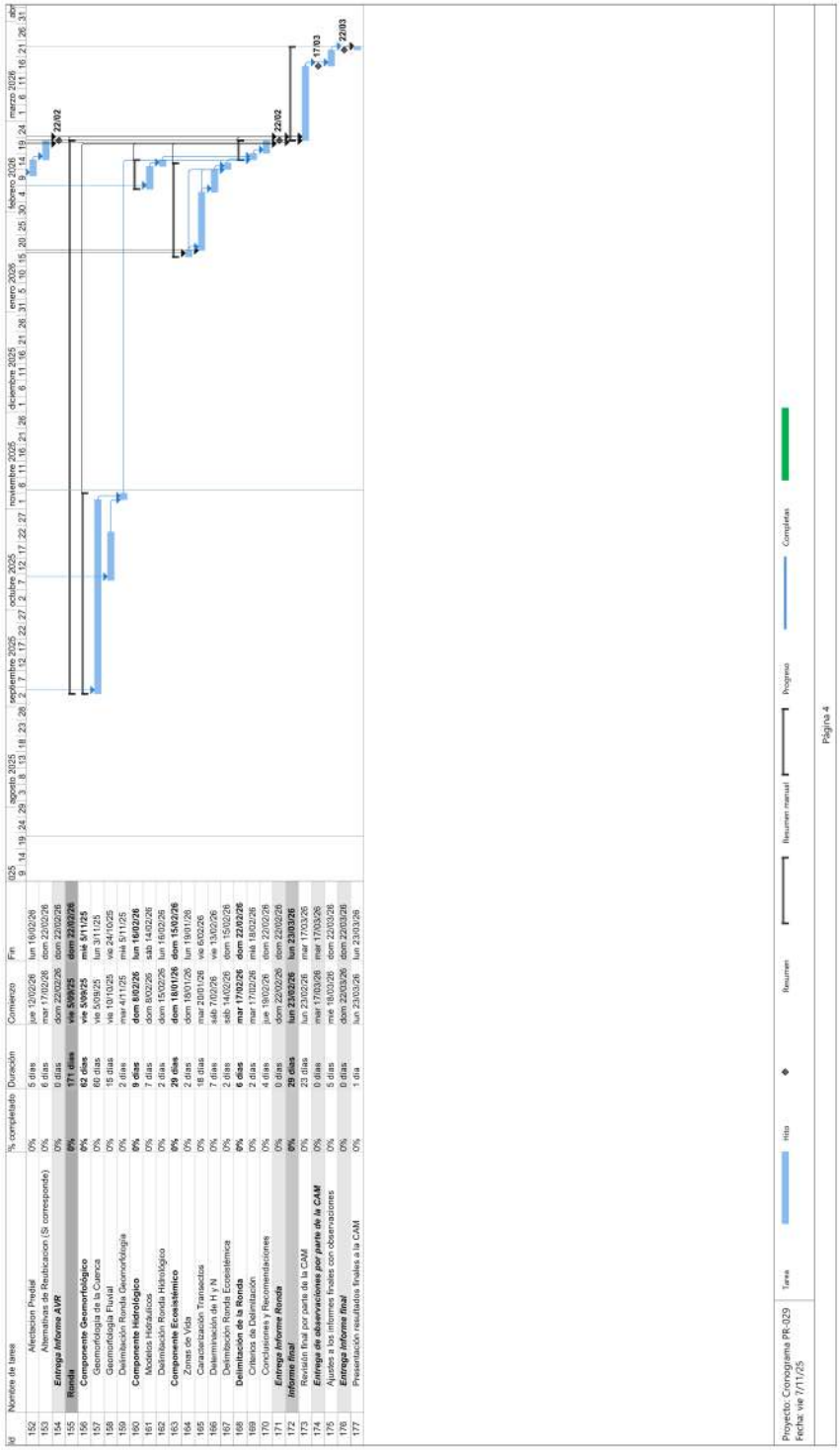


Figura 9.4: Cronograma general

10

Conclusiones

Una vez finalizado el informe se puede concluir que:

Se ha estructurado un cronograma claro y detallado que especifica las actividades a realizar durante la ejecución del contrato. Este cronograma no solo organiza cada una de las tareas, sino que también distribuye de manera adecuada el tiempo requerido para cada fase del proyecto, asegurando el cumplimiento en los plazos estipulados.

Asimismo, el plan de trabajo propuesto incluye de manera precisa las actividades, insumos y productos que se utilizarán a lo largo del desarrollo del contrato. Se detallaron los tipos de ensayos de laboratorio y las cantidades necesarias, lo cual garantiza una correcta ejecución de los estudios requeridos. Este nivel de detalle asegura que el proceso de investigación y análisis se realizará bajo estándares adecuados y con las herramientas necesarias para obtener resultados precisos.

En cuanto a la metodología empleada, se siguió un enfoque claro y riguroso. Esta metodología fue construida a partir de la consulta de diversas fuentes secundarias, así como guías y manuales que ofrecen lineamientos técnicos. Además, la metodología sigue estrictamente los principios establecidos en el Decreto 1077 de 2015 y el Decreto 2245 de 2017, asegurando así que el desarrollo del proyecto esté alineado con las normativas vigentes en materia de ordenamiento territorial y gestión de recursos hídricos en Colombia.

Durante el proceso, se realizó una consulta exhaustiva de información secundaria para cada municipio objeto del estudio. Las fuentes de consulta abarcaron desde documentos técnicos y planes de ordenamiento territorial (EOT), hasta noticias locales, planes de desarrollo municipal y planes de gestión de riesgos. Además, se utilizaron fuentes especializadas como Desinventar, SIMMA, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), lo que permitió obtener una visión más completa y detallada de las condiciones de riesgo en cada municipio.

También se recopiló información histórica sobre eventos como movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. A partir de estos datos, se elaboraron gráficos y análisis que permiten cuantificar el número de ocurrencias por tipo de evento, identi-

ficando las áreas más vulnerables. Esta información es vital para planificar estrategias de mitigación y prevención, permitiendo una gestión más eficaz del riesgo en las áreas ya afectadas o con alta susceptibilidad.

A pesar del extenso trabajo de consulta, se identificó una carencia significativa de información relevante y actualizada para algunos de los municipios estudiados. Esta falta de datos pone de manifiesto la necesidad urgente de desarrollar estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (AVR) que permitan mejorar la capacidad de respuesta ante posibles eventos naturales en el municipio y el área de estudio.

Estos estudios son fundamentales para establecer un sistema de gestión del riesgo que se base en un conocimiento detallado y preciso de las amenazas latentes, y así mitigar los impactos en el futuro.

Bibliografía

Aguilar, E. (2013). La base de datos desinventar. construcción de conocimiento para la gestión del riesgo. Technical report, institucion.

Caballero, J. H. (2011). Avenidas torrenciales una amenaza potencial en el valle de aburrá. Technical report, institución.

DANE (2018). Marco geoestadístico nacional.

DANE (2019). Marco geoestadÍstico nacional.

de Rivera, A. (2024). *Plan de Desarrollo del Municipio de Rivera, período 2024-2027*. Alcaldía Municipal de Rivera, Rivera, Huila, Colombia. Disponible en la Alcaldía Municipal y en la Secretaría de Planeación del municipio.

Huila, G. (2024). Plan departamental de preparación y respuesta ante posibles emergencias por el fenómeno la niña año 2024 - 2025. Gobernación del Huila.

IDEAM (2016). Guía técnica para la identificación de la estructura ecológica principal.

IGAC (2020a). Resolución 471 de 2020.

IGAC (2020b). Resolución 529 de 2020.

IGAC (2022). Resolución 179 de 2022.

JAM, editor (2007). *Estudio para definir la metodología para la zonificación y reducción de riesgo por FRM, con aplicación a una zona piloto localizada en la cuenca de la quebrada Camelias, en Manizales*.

MADS (2017). Guía metodológica para la formulación de los planes de manejo ambiental de microcuencas (pmam). Guía metodológica, Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.

MADS (2018). Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en colombia. Guía técnica, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia. Adoptada mediante Resolución 957 de 2018.

MADS, Saldaña Barahona, Y. S., Morera Barragán, C. R., Rico Martínez, J. M., Galván Gómez, M., Herrera Hernández, M. A., Quintero López, N., Romero Angarita, R. L., and Guerrero Barrios, V. (2023). Guía de consideraciones de cambio climático para el ordenamiento territorial. Guía técnica, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.

Montes, N., Sandoval, A., and Vergara, H. (1999). Morfotectónica del valle superior del magdalena. Informe interno, INGEOMINAS, Bogotá.

Morales, C., Caicedo, J. C., Velandia, F., and Núñez, A. (1999). Memoria explicativa: Levantamiento geológico de la plancha 31945 campoalegre, escala 1:100.000. Technical report, INGEOMINAS, Bogotá.

Morales, C. J., Caicedo, J. C., Velandia, F. A., and Núñez, A. (2001). Geología de la plancha 345 – campoalegre, escala 1:100.000. Memoria explicativa 345, INGEOMINAS, Ministerio de Minas y Energía, Colombia.

Radelli, L. (1962). Introducción al estudio de la petrografía del macizo de garzón (huila - colombia). *Geología Colombiana*, 3:17–46.

Restrepo, J. J., Toussaint, J. F., González, H., Cordani, U., and Linares, E. (1997). Geología de las planchas 364 timaná y 383 pitalito (escala 1:100.000). Memoria explicativa 364/383, INGEOMINAS, Bogotá.

Rodríguez, G., Zapata, G., Arango, M. I., and Bermúdez, J. G. (2015). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia: Monzogranito de Algeciras*. Servicio Geológico Colombiano, Medellín.

Ruiz, P. (1981). Estudios sobre abanicos intramontañosos y levantamiento tectónico en el valle superior del magdalena.

Servicio Geológico Colombiano (2014). Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa, escala 1:100.000. plancha 345 – campoalegre, departamento del huila y caquetá (convenio especial de cooperación no. 009 de 2013). Technical report, Servicio Geológico Colombiano, Bucaramanga.

Servicio Geológico Colombiano – SGC (2014). Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa. escala 1:100.000, plancha 345 – campoalegre. Technical report, Servicio Geológico Colombiano, Bucaramanga. Convenio Especial de Cooperación No. 009 de 2013.

SGC (2015). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*.

SGC (2021). *Guía metodológica para estudios de amenaza por avenida torrencial*.

Uzielli, M. e. a. (2012). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Engineering Geology,102(3), 251-256.*

Velandia, F., Morales, C. J., Caicedo, J. C., and Núñez, A. (1999). Geología de la plancha 345-campoalegre, escala 1:100.000. Memoria explicativa y cartografía geológica oficial de INGEOMINAS.

Velásquez, A. (2011). Informe de inspección técnica a deslizamientos y avenidas torrenciales en el sector termales, quebradas el piñal, el salado y aguascalientes y quebradas la honda, la medina y arenosa. Inspección técnica realizada el 6 y 7 de enero de 2011.

y Ghesquiere F y Cardona O D y Ordaz M. G., Y. L. E. (2013). Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastres: el caso de bogotá, colombia. *No*.