

ACTUALIZACIÓN
POMCA

CIÉNAGA DE MALLORQUÍN
Y LOS ARROYOS GRANDE Y LEÓN



© crautonomad.gov.co

**FASE DE DIAGNÓSTICO
GESTIÓN DEL RIESGO**

2025

V 3



Consorcio
Mallorquín 2024

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. OBJETIVOS.....	1
2. CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE AMENAZAS	2
2.1. Fuentes de Información.....	2
2.1.1. Información secundaria.....	2
2.1.2. Base de Datos.....	4
2.1.3. Interpretación de Sensores Remotos.....	5
2.1.4. Mesas de trabajo – Fase de Aprestamiento.....	7
2.1.5. Recorridos Rurales.....	10
2.2. Catálogo Histórico de Eventos Amenazantes	51
2.3. Georreferenciación y análisis de recurrencia de los eventos amenazantes.....	53
2.3.1. Inundaciones	54
2.3.2. Movimientos en Masa.....	55
2.3.3. Incendios de la Cobertura Vegetal.....	57
2.3.4. Avenidas Torrenciales.....	58
2.3.5. Vendavales	58
3. EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD	61
3.1. Inundación.....	61
3.1.1. Metodología	61
3.1.2. Variables Utilizadas	63
3.1.3. Resultados Obtenidos.....	67
3.2. Incendios de la Cobertura Vegetal.....	70
3.2.1. Metodología	70
3.2.2. Variables Utilizadas	71
3.2.3. Resultados Obtenidos.....	74
3.3. Movimientos en Masa.....	76
3.3.1. Metodología	76
3.3.2. Variables Utilizadas	78

3.3.3. Resultados obtenidos.....	96
3.4. Avenidas Torrenciales.....	100
3.4.1. Metodología	101
3.4.2. Variables Utilizadas	102
3.4.3. Resultados obtenidos.....	108
4. ZONIFICACIÓN DE AMENAZA.....	110
4.1. Inundaciones	110
4.1.1. Metodología	110
4.1.2. Variables.....	111
4.1.3. Resultados Obtenidos.....	117
4.2. Incendios de la Cobertura Vegetal.....	121
4.2.1. Metodología	121
4.2.2. Variables.....	122
4.2.3. Resultados Obtenidos.....	128
4.3. Movimientos en Masa.....	129
4.3.1. Metodología	129
4.3.2. Variables.....	131
4.3.3. Resultados Obtenidos.....	140
4.4. Avenidas Torrenciales.....	142
4.4.2. Metodología	143
4.4.3. Resultados Obtenidos.....	149
4.5. Otros Eventos.....	152
4.5.1. Sequía.....	152
4.5.2. Cambio en la línea Costera	159
5. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	161
5.1. Metodología	161
5.2. Variables.....	162
5.2.1. Índice de Exposición (IP)	162
5.2.2. Índice de Fragilidad (IF)	166
5.2.3. Índice de Resiliencia (IR).....	168
5.3. Resultados Obtenidos.....	169
5.3.1. Zonas Homogéneas.....	169

5.3.2. Índice de Pérdida o Daños	172
5.3.3. Índice de Fragilidad.....	173
5.3.4. Índice de Resiliencia.....	183
5.3.5. Índice de Vulnerabilidad	184
6. ANÁLISIS DE RIESGO	186
6.1. Metodología	186
6.2. Resultados Obtenidos.....	188
7. BIBLIOGRAFÍA.....	193

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Fuentes consultadas por tipo de evento	5
Figura 1.1. DEM cuenca	6
Figura 1.2. Distribución de planchas, escala 1.25.000	7
Figura 2.2. Aportes de los actores en la fase de aprestamiento	8
Figura 2.3. Inundaciones en Alpes de Sevilla Galapa	12
Figura 2.4. Finca lluvia de oro Alpes de Sevilla	13
Figura 2.5. Villa génesis Galapa	13
Figura 2.6. Inundaciones Villa génesis Galapa	14
Figura 2.7. Sector Petronitas Galapa (box culvert izquierda) zona rural (derecha)	14
Figura 2.8. Inundaciones casco urbano de Galapa	15
Figura 2.9. Canalización de Arroyo grande en sector Cantilleras	16
Figura 2.10. Inundaciones en corregimiento La Playa	17
Figura 2.11. Inundaciones en sector La Cangrejera	18
Figura 2.12. Inundaciones en sector del lago artificial sector Canteras – Corregimiento Playa 2020	19
Figura 2.13. Pozo construido por concesión circunvalar la prosperidad	20
Figura 2.14. Recorrido rural con líderes comunitarios y corregidor de Juan Mina	21
Figura 2.15. Arroyo cascabel sector Villa Iris Juan Mina	21
Figura 2.16. Circunvalar cordialidad de la prosperidad evento año 2022	22
Figura 2.17. Inundaciones en sector entre Arroyo grande y Arroyo León, Puerto Colombia	23
Figura 2.18. Inundaciones Arroyo León en sector vía sabanilla , Finca Prisma Nova	24
Figura 2.19. Inundaciones sector Arroyo grande y Arroyo León Finca Arroyo León 2, comunidad Wayuu	24
Figura 2.20. Vista satelital de Finca Arroyo León	25
Figura 2.21. Arroyo barrio sector Bajo Pital de Megua	26
Figura 2.22. Arenas depositadas por Arroyo Megua o Simón	27
Figura 2.23. Caída de árboles por vendaval - Galapa	30
Figura 2.24. Vendaval sin techo por vendaval Baranoa	30
Figura 2.25. Afectación del 90% viviendas en Guaiamaral Tubará	31
Figura 2.26. Captura de video desbordamiento Arroyo Grande – Barrio Mundo Feliz, Galapa 2019	32
Figura 2.27. Canalización de Arroyo Grande	33
Figura 2.28. Ronda Arroyo Grande con socavación – Barrio Mundo Feliz Galapa	34
Figura 2.29. Área visitada – socavación Arroyo San Lorenzo	36
Figura 2.30. Vivienda abandonada por riesgo en Tamarindo Erika Castro	37

Figura 2.31. Encerramiento de cauce Arroyo San Lorenzo y gaviones Convento Hijas Sagrada Familia.....	38
Figura 1.3. Vivienda afectada por deslizamientos en época de lluvia 2024 barrio Tamarindo	38
Figura 2.32. Canalización Arroyo San Lorenzo	39
Figura 2.33. Socavación en sector occidental (arriba) y oriental (abajo) Castillo de Salgar ..	40
Figura 2.34. Acantilados sector occidental Castillo Salgar	41
Figura 2.35. Registro de erosión en sector Salgar.....	41
Figura 2.36. Socavación Arroyo León Finca Prisma Nova vía la playa – sabanilla.....	42
Figura 2.37. Visita Barrios Pradera y Los Ángeles – Arroyo león con veeduría ciudadana	43
Figura 2.38. Barrio Los Ángeles Barranquilla	44
Figura 2.39. Socavación de Arroyo León.....	44
Figura 2.40. Vivienda Cra 15 # 11-120 Henderson Amaris Barrio bajo.....	45
Figura 2.41. Desplome de parte de vivienda Henderson Amaris Cra 15 # 11-120 Barrio bajo	46
Figura 2.42. Deslizamientos en vía Guaimaral año 2019	47
Figura 2.43. Colapso de vía y deslizamientos Guaimaral Tubará.....	48
Figura 2.44. Vivienda Olga Romero Barrio El Carmen Guaimaral.....	48
Figura 2.45. Vivienda Olga Romero con colapso de parte del predio en corte de vía Guaimaral – Paluato	49
Figura 2.46. Rastro de quemas en sector de cuatro bocas Tubará frente a cementerio 2025	50
Figura 2.47. Rastro de quemas en sector Petronitas Galapa 2025	50
Figura 2.48. Localización de los registros por tipo de evento	53
Figura 2.49. Localización eventos de inundación	55
Figura 2.50. Localización eventos de movimientos en masa	55
Figura 2.51. Registro de movimientos en masa por municipio.....	56
Figura 2.52. Localización eventos de incendios de la cobertura vegetal	57
Figura 2.53. Localización eventos de avenidas torrenciales	58
Figura 2.54. Localización eventos de vendavales	59
Figura 2.55. Frecuencia de eventos de vendavales.....	60
Figura 3.1. Tipología de los eventos de inundación.....	61
Figura 3.2. Evaluación de la susceptibilidad por inundaciones	62
Figura 3.3. Residuos sólidos en el Arroyo León	63
Figura 1.4. Localización eventos de inundación.....	64
Figura 3.4. Mapa de subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorca y los arroyos Grande y León.....	67
Figura 3.5. Porcentaje de las categorías de susceptibilidad a inundaciones	68
Figura 3.6. Susceptibilidad a inundaciones.....	69
Figura 3.7. Tipo de Combustible	71
Figura 3.8. Duración del Combustible.....	72
Figura 3.9. Carga total del Combustible	73
Figura 3.10. Porcentaje de área de las categorías de susceptibilidad a incendios.....	74

Figura 3.11. Susceptibilidad a Incendios de la Cobertura Vegetal.....	75
Figura 3.12. Tipos de movimientos en masa.....	76
Figura 3.13. Evaluación de la susceptibilidad por movimientos en masa.....	77
Figura 3.14. Factores de propensividad.....	78
Figura 3.15. Variable Roca-Suelo.....	79
Figura 3.16. Variable Espesor.....	80
Figura 3.17. Variable origen.....	81
Figura 3.18. Variable UGS.....	82
Figura 3.19. Variable densidad de fracturamiento.....	83
Figura 3.20. Variable vegetación.....	85
Figura 3.21. Variable Geomorfología.....	86
Figura 3.22. Reptaciones sobre rocas de la formación Hibácharo, en la vía Sibarco – Pital de Megua.....	88
Figura 3.23. Deslizamiento rotacional sobre rocas de la formación Hibácharo, que afecta la vía Sibarco – Pital de Megua.....	88
Figura 3.24. Variable Pendiente.....	89
Figura 3.25. Variable orientación de las laderas.....	90
Figura 3.26. Variable curvatura.....	91
Figura 3.27. Variable insolación.....	92
Figura 3.28. Variable acumulación.....	93
Figura 3.29. Variable Distancia a cauces.....	94
Figura 3.30. Variable distancia a vías.....	95
Figura 3.31. Variable densidad de drenaje.....	96
Figura 3.32. Susceptibilidad a movimientos en masa.....	99
Figura 3.33. Diagrama de la evaluación de susceptibilidad por avenidas torrenciales.....	101
Figura 3.34. Número de eventos torrenciales según la temporalidad.....	102
Figura 3.35. Susceptibilidad a avenidas torrenciales según geomorfología.....	103
Figura 3.36. Índice morfométrico.....	106
Figura 3.37. IVET.....	108
Figura 3.38. Porcentajes de área de la categoría de susceptibilidad de avenidas torrenciales.....	109
Figura 3.39. Susceptibilidad por avenidas torrenciales.....	109
Figura 4.1. Diagrama de la metodología para evaluar la amenaza por inundación.....	111
Figura 4.2. Creación del modelo de terreno.....	113
Figura 4.3. Creación de la geometría de simulación.....	114
Figura 4.4. Asignación de las condiciones de frontera.....	115
Figura 4.5. Definición de la simulación.....	115
Figura 4.6. Lectura de resultados.....	116
Figura 4.7. Inundaciones en sector La Cangrejera.....	118
Figura 4.8. Inundaciones Arroyo León en sector vía sabanilla , Finca Prisma Nova.....	118
Figura 4.9. Canalización de Arroyo grande en sector Cantilleras.....	119
Figura 4.10. Extensión categorías de amenaza por municipio.....	119
Figura 4.11. Amenaza por Inundaciones.....	120

Figura 4.12. Diagrama de la metodología para determinar la amenaza de incendios de la cobertura vegetal.....	121
Figura 4.13. Categoría amenaza incendios según precipitación	123
Figura 4.14. Categoría amenaza incendios según temperatura.....	124
Figura 4.15. Categoría amenaza incendios según pendiente	125
Figura 4.16. Categoría amenaza incendios según frecuencia.....	126
Figura 4.17. Categoría amenaza incendios según accesibilidad.....	127
Figura 4.18. Amenaza por incendios de la cobertura vegetal	128
Figura 4.19. Estructura metodológica zonificación amenaza MM	130
Figura 4.20. Profundidad de nivel freático con promedios históricos (WTD).....	134
Figura 4.21. Valores Aa tomado de la Norma Sismo Resistente	135
Figura 4.22. Detonante Sismo.....	139
Figura 4.23. Amenaza por Movimientos en Masa.....	140
Figura 4.24. Colapso de vía y deslizamientos Guaimaral Tubará.....	141
Figura 4.25. Taxonomía de flujos geológicos.....	142
Figura 4.26. Creación del modelo de terreno	144
Figura 4.27. Creación de la geometría de simulación.....	145
Figura 4.28. Asignación de las condiciones de frontera paso 1.....	146
Figura 4.29. Asignación de las condiciones de frontera paso 2.....	146
Figura 4.30. Definición de la simulación	147
Figura 4.31. Lectura de resultados	148
Figura 4.32. Escala	149
Figura 4.33. Distribución porcentual categorías de amenaza por avenidas torrenciales....	150
Figura 4.34. Amenaza por Avenidas Torrenciales.....	151
Figura 4.35. Diagrama de la metodología para determinar la amenaza por sequía.....	153
Figura 4.36. Localización de las estaciones IDEAM.....	155
Figura 4.37. Intensidad máxima por estación	157
Figura 4.38. Duración de los eventos de sequía	158
Figura 4.39. Evolución morfodinámica de la línea de costa en la cuenca ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.....	159
Figura 5.1. Factores y componentes de la vulnerabilidad	161
Figura 5.2. Análisis de la vulnerabilidad en la cuenca.....	162
Figura 5.3. Tipos de fragilidad	166
Figura 5.4. Zonas Homogéneas Urbanas (ZHU).....	170
Figura 5.5. Zonas Homogéneas Rurales (ZHR)	171
Figura 5.6. Índice de pérdidas o Daños (IP)	173
Figura 5.7. Fragilidad física por Inundaciones	174
Figura 5.8. Fragilidad física por Movimientos en Masa.....	175
Figura 5.9. Fragilidad física por Incendios de la Cobertura Vegetal.....	176
Figura 5.10. Fragilidad física por Avenidas Torrenciales	177
Figura 5.11. Viviendas en la ronda hídrica del Arroyo León.....	178
Figura 5.12. Barrio Mundo Feliz – Municipio de Galapa.....	179
Figura 5.13. Sector de la Cangrejera.....	179

Figura 5.14. Fragilidad Sociocultural	180
Figura 5.15. Fragilidad Ecosistémica.....	181
Figura 5.16. Fragilidad Total	182
Figura 5.17. Índice de resiliencia económica.....	183
Figura 5.18. Distribución porcentual categorías de vulnerabilidad	184
Figura 5.19. Índice de Vulnerabilidad.....	185
Figura 6.1. Diagrama del análisis del riesgo	187
Figura 6.2. Escenario de riesgo por incendios de la cobertura vegetal	189
Figura 6.3. Escenario de riesgo por inundaciones.....	190
Figura 6.4. Escenario de riesgo por movimientos en masa	191
Figura 6.5. Escenario de riesgo por avenidas torrenciales	192

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Revisión información del componente de gestión del riesgo	2
Tabla 2.1. Eventos de inundación identificados por las comunidades en marco de recorrido rural.....	10
Tabla 2.2. Eventos de vendaval identificados por las comunidades en marco de recorrido rural.....	28
Tabla 2.3. Campos catálogo de eventos amenazantes	51
Tabla 3.1. Categorización de la recurrencia de los eventos de inundaciones	63
Tabla 3.2. Susceptibilidad a inundación según la geomorfología de la cuenca.....	63
Tabla 3.3. subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.....	65
Tabla 3.4. Calificación de roca - suelo	78
Tabla 3.5. Calificación de espesor.....	80
Tabla 3.6. Calificación de UGS.....	82
Tabla 3.7. Calificación de densidad de fracturamiento	83
Tabla 3.8. Calificación vegetación.....	84
Tabla 3.9. Movimientos en masa identificados en campo	86
Tabla 3.10. Calificación de pendiente	89
Tabla 3.11. Resultados prueba Kolmogorov-Smirnov (K-S).....	97
Tabla 3.12. Matriz de correlación entre las variables	97
Tabla 3.13. Clasificación de susceptibilidad por avenidas torrenciales.....	102
Tabla 3.14. Relaciones entre las variables para el índice morfométrico	104
Tabla 3.15. Variables morfométricas	104
Tabla 3.16. Clasificación del índice de variabilidad.....	107
Tabla 3.17. Índice de Variabilidad.....	107
Tabla 4.1. Amenaza por inundación	117
Tabla 4.2. Categoría de amenaza variable precipitación	122
Tabla 4.3. Categoría de amenaza variable temperatura	123
Tabla 4.4. Categoría de amenaza variable pendiente.....	125
Tabla 4.5. Parámetros geo-mecánicos de las UGS.....	131
Tabla 4.6. Clasificación de los perfiles de suelo para Colombia.	136
Tabla 4.7. Definición del perfil de suelo por UGS.....	137
Tabla 4.8. Valores del coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro	137
Tabla 4.9. Coeficiente de Importancia a partir del grupo de Uso	138
Tabla 4.10. Amenaza por sequía	154
Tabla 4.11. Categorización de la intensidad de los eventos de sequía.....	155

Tabla 4.12. Ejemplo evaluación intensidad de los eventos de sequía – estación Juan de Acosta	156
Tabla 5.2. Atributos mínimos para la definición de las ZHU	163
Tabla 5.3. Atributos mínimos para la definición de las ZHR.....	163
Tabla 5.4. Clasificación del índice de pérdida.....	164
Tabla 5.5. Atributos de los indicadores para el modelo de exposición para centros poblados	165
Tabla 5.6. Atributos de los indicadores para el modelo de exposición para zona rural.....	166
Tabla 5.7. Índice de fragilidad física.....	166
Tabla 5.8. Categorización del índice de calidad de vida.....	167
Tabla 5.9. Categorización del índice de fragilidad cultural.....	167
Tabla 5.10. Categorización del índice de fragilidad de ecosistemas estratégicos	168
Tabla 5.11. Indicador de fragilidad.....	168
Tabla 5.12. Indicador de la falta de resiliencia.....	169
Tabla 5.13. Atributos de las Zonas Homogéneas Urbanas (ZHU).....	169
Tabla 5.14. Atributos de las Zonas Homogéneas Rurales (ZHR)	170
Tabla 5.15. Índice de Pérdida o Daño por zonas homogénea	172
Tabla 5.16. Clasificación del índice de pérdida.....	172
Tabla 5.17. Clasificación de las áreas estratégicas según su fragilidad.....	181
Tabla 5.18. Distribución porcentual de las categorías de falta de resiliencia	184
Tabla 6.1. Categorización del riesgo para los diferentes eventos en POMCA	186
Tabla 6.2. Categorización de niveles de riesgo del IR.....	187

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Definir las condiciones de susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo existentes en la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

1.2. Objetivos Específicos

- Establecer la susceptibilidad y categorías de amenaza de la cuenca hidrográfica ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos.
- Evaluar el grado de afectación representado en las pérdidas o posibles daños que pueda ocasionar un determinado evento potencialmente peligroso, sobre elementos vulnerables que conforman el territorio.
- Analizar los escenarios de riesgos existentes en la cuenca hidrográfica.
- Determinar recomendaciones finales pertinentes para reducir los riesgos presentes en la cuenca objeto a ordenar.

2. CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE AMENAZAS

La consolidación y análisis de eventos amenazantes constituye el insumo base para establecer una síntesis diagnóstica inicial de las condiciones de riesgo del territorio en ordenación. Además, ayudan a validar y ajustar los modelos de zonificación a la realidad de la cuenca hidrográfica.

Para la caracterización inicial de la cuenca de la ciénaga de Mallorca y los arroyos Grande y León, se recopiló y evaluó información secundaria de entidades clave como la UNGRD, el IDEAM, el IGAC, el SGC, la CRA y las alcaldías municipales.

2.1. Fuentes de Información

La caracterización histórica de eventos amenazantes incluyó información de diversas fuentes, las cuales fueron agrupadas en cinco categorías, a saber: (i) información secundaria; ii) base de datos; iii) interpretación de sensores remotos; iv) mesas de trabajo; y v) recorridos rurales.

2.1.1. Información secundaria

Se incluye un compendio de documentos asociados a los instrumentos de planificación territorial (Esquemas de Ordenamiento Territorial, Plan de Desarrollo Departamental y Municipal), informes de gestión y estudios técnicos que se encuentren dentro del área de la cuenca.

En la Tabla 1.1 se presenta un resumen de la documentación consultada para la caracterización histórica de los eventos amenazantes

Tabla 1.1. Revisión información del componente de gestión del riesgo

Nombre	Autor	Año
Plan de gestión del riesgo de desastres del distrito especial, industrial y portuario de Barranquilla 2017-2032	Alcaldía de Barranquilla	2017
Actualización del plan municipal para la gestión del riesgo de desastres y cambio climático.	CMGRD Puerto Colombia	2022
Atención de la inundación por desbordamiento del arroyo León, municipio de Puerto Colombia – Atlántico	Secretaria de Infraestructura de Puerto Colombia	2024
Informe técnico de visita	Secretaria de Gobierno de Galapa	2024

Nombre	Autor	Año
Aunar esfuerzos para el mejoramiento y desazolve de la estructura hídrica del municipio, a través de la concientización ambiental y limpieza de puntos críticos de los arroyos, ubicados en el municipio de Galapa.	Secretaria de Gobierno de Galapa	2024
Estudio detallado de riesgo por movimientos en masa, estudio básico de amenaza por fenómenos de inundación y avenidas torrenciales, y análisis de vulnerabilidad al cambio climático de la ladera occidental de la ciudad de Barranquilla.	CI AMBIENTAL S.A.S.; Alcaldía de Barranquilla	2023
Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Galapa	Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de Galapa	2023
Revisión de la zonificación, mejoramiento de escala (1:25.000) y el abordaje al tema de susceptibilidad de amenazas y vulnerabilidad, como avance en el ajuste al Plan de Ordenamiento de la Cuenca Hidrográfica de la Cuenca Hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.	Corporación Autónoma Regional del Atlántico; Consorcio POMCA Mallorquín	2015
Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín	CRA, CORMAGDALENA, DAMAB	2006
Acuerdo 028 de 2008, Por medio del cual se hacen los ajustes al Plan Básico de Ordenamiento Territorial	Concejo Municipal de Baranoa	2008
Decreto 0212 de 2014. Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla 2012-2032	Alcaldía de Barranquilla	2014
Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Galapa. Documento técnico de soporte	Alcaldía de Galapa	2014
Revisión del Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Puerto Colombia. Documento técnico de soporte general.	Alcaldía de Puerto Colombia	2017
Plan de Ordenamiento Territorial 2001-2009	Alcaldía de Soledad	2001
Acuerdo 03 de 2013. Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste del esquema de ordenamiento territorial del municipio de Tubará, en sus vigencias corto y mediano plazo consistente en el evaluación y actualización de los acuerdos: 018 de 2001 y 010 de 2010 e incorporación de disposiciones nacionales.	Concejo Municipal de Tubará	2013
Plan de desarrollo departamental 2024-2027. Atlántico para el mundo	Gobernación del Atlántico	2024
Plan de desarrollo municipal 2024-2027. El sentir de la gente	Alcaldía de Baranoa	2024
Acuerdo 006 de 2024. Por el cual se adopta el plan de desarrollo territorial Barranquilla A Otro Nivel 2024-2027.	Alcaldía de Barranquilla	2024
Plan de Desarrollo Territorial. Galapa, Tierra de esperanza 2024-2027	Alcaldía de Galapa	2024

Nombre	Autor	Año
Plan de desarrollo Unidos por el Progreso 2024-2027	Alcaldía de Puerto Colombia	2024
Soledad, ciudad de paz y oportunidades Plan de desarrollo 2024-2027	Alcaldía de Soledad	2024
Estudios de detalle complementarios. Plan Básico de Ordenamiento Territorial	Alcaldía de Puerto Colombia	2018
Plan Integral de Gestión al Cambio Climático Territorial del Atlántico 2040	MINAMBIENTE, CAEM	2016
Ordenamiento Ambiental de la zona costera del departamento del Atlántico	INVEMAR	2007
Actualización del Plan Integral de Gestión al Cambio Climático Territorial del Atlántico	Corporación Autónoma Regional del Atlántico	
Definición de la ronda hídrica de la ciénaga de Mallorquín y formulación del plan de manejo de manglares en el departamento del Atlántico	Universidad del Magdalena	

Fuente: El Consorcio, 2025

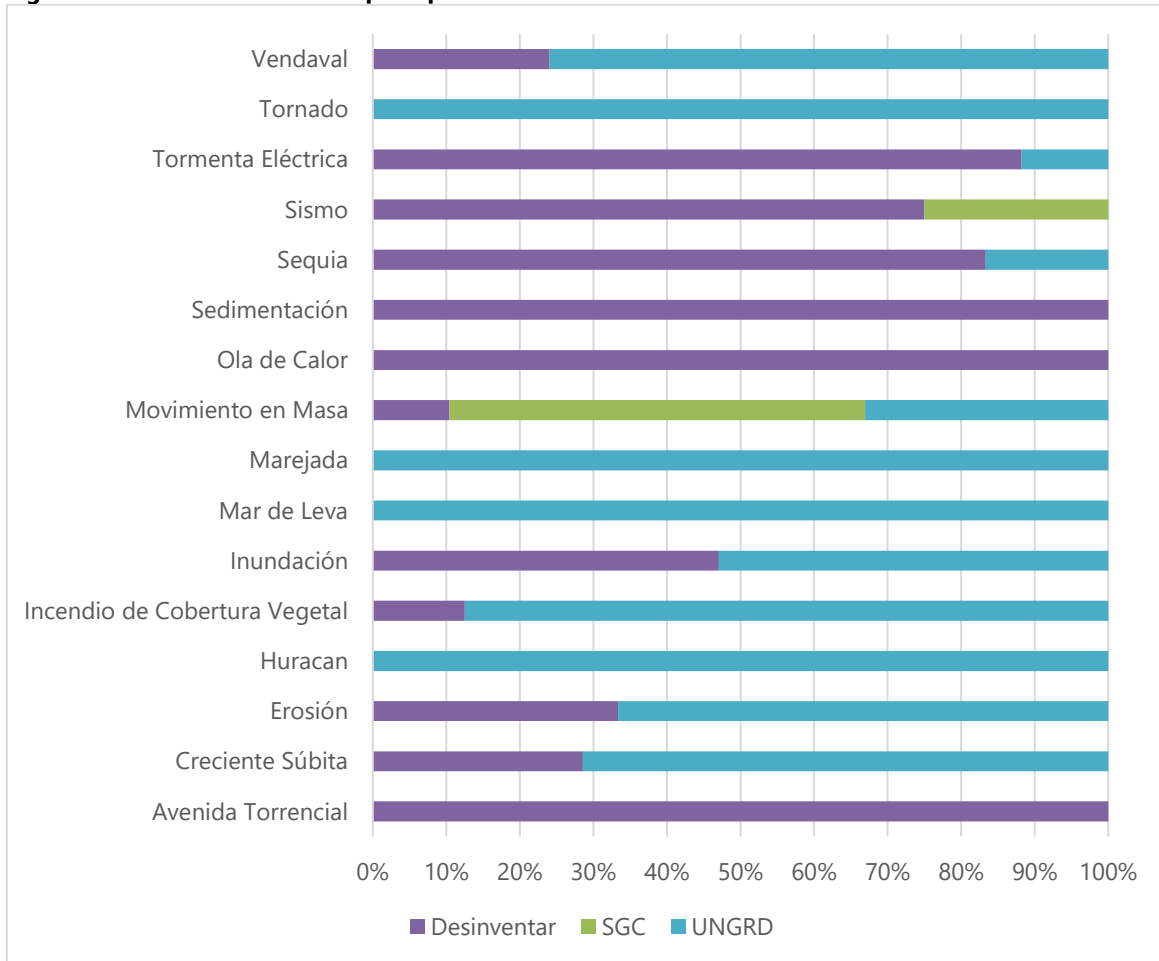
2.1.2. Base de Datos

Se consultó la información disponible en los reportes de emergencias de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y en el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA). En estas bases de datos se presenta una estimación de las afectaciones y/o daños generados como consecuencia de la ocurrencia de un determinado evento amenazante. Cabe destacar que, mientras el SIMMA establece la ubicación precisa de los fenómenos monitoreados, la UNGRD determina la localización de los reportes de forma más general.

Además, se recurrió al Sistema de Inventario de Desastres (DesInventar) para recopilar datos sobre los eventos ocurridos en los municipios con jurisdicción en la cuenca objeto de ordenación.

Como resultado de las bases de datos consultadas, se compilaron 701 eventos, de los cuales el 51,93% proviene de la UNGRD, el 38,66% de DesInventar y el 9,42% restante del SGC (ver Figura 2.1). Los fenómenos amenazantes con mayor número de registros son las inundaciones, movimientos en masa y vendavales.

Figura 2.1. Fuentes consultadas por tipo de evento



Fuente: El Consorcio, 2025

2.1.3. Interpretación de Sensores Remotos

La caracterización de las geformas y procesos morfodinámicos predominantes en la Cuenca de Mallorcaín y los arroyos Grande y León se efectuó según el orden jerárquico de la metodología del SGC. Para este análisis se requirió el uso de cartografía base e imágenes satelitales, las cuales permitieron generar el Modelo Digital de Elevaciones y calcular factores claves como la pendiente, curvatura y orientación del terreno.

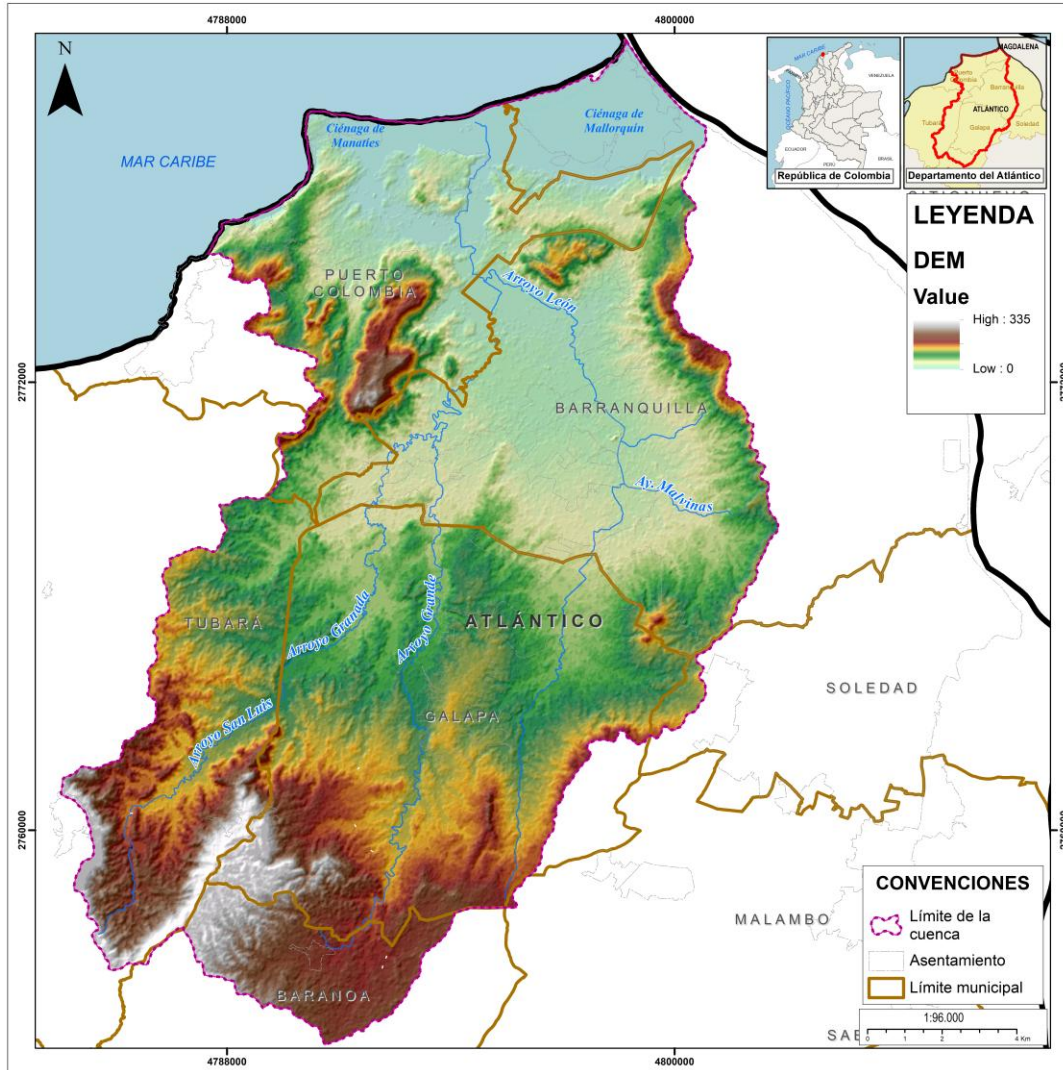
2.1.3.1. Imágenes Satelitales

Para el modelo de elevación digital (DEM), se evaluaron las imágenes ALOS / PALSAR-RTC¹ con resolución espacial de 12.5 m, información liberada por la Agencia de exploración

¹ Alaska Satellite Facility (2017). ALOS Phased Array tipo L-band Synthetic Aperture Radar. Recuperado de: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>

Aeroespacial de Japón (JAXA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Ver Figura 1.1.

Figura 1.1. DEM cuenca

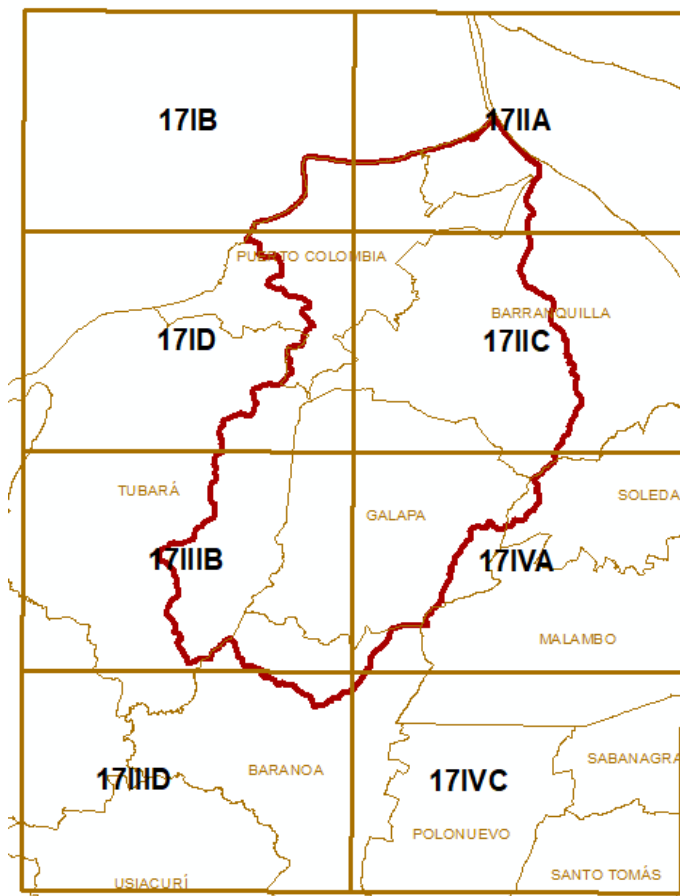


Fuente: Consorcio Mallorca, 2025

2.1.3.2. Cartografía

Dentro del análisis de información espacial se incluye la cartografía base generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC publicada en ocho (8) planchas sin empalmar a nivel cartográfico para la escala 1:25.000 de la zona, tal como se observa en la Figura 1.2, además del apoyo de la información en las bases de datos de la página Web del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Figura 1.2. Distribución de planchas, escala 1.25.000



Fuente: Consorcio Mallorca, 2024

2.1.4. Mesas de trabajo – Fase de Aprestamiento

Los espacios de participación desarrollados en la Fase de Aprestamiento, permitieron identificar los eventos amenazantes que han impactado la cuenca hidrográfica, así como, su recurrencia y principales afectaciones. Se realizaron siete (7) mesas de trabajo, en los sectores de Guaimaral, Pital de Megua, Puerto Colombia, La Playa, Galapa, Tubará y Barranquilla.

Como resultado de estos espacios, los actores indicaron la ocurrencia, en gran parte del territorio de la cuenca, de incendios de la cobertura vegetal y movimientos en masa. Se puede observar en la Figura 2.2 los aportes de los actores en cada mesa de trabajo.

Figura 2.2. Aportes de los actores en la fase de aprestamiento



Mesa de Trabajo Guaimaral

- Deslizamientos por ausencia de canalización de los arroyos
- Deterioro de la vegetación en el sector de Manrique
- Erosión en algunos sectores de San Luis
- Deforestación

Mesa de Trabajo Pital de Megua

- Deforestación del arroyo Megua
- Inundaciones generadas por el arroyo San Blas.
- Invasión de la ronda hídrica del corregimiento del Pital
- Deslizamiento en el Barrio 24 de Julio



Mesa de Trabajo Puerto Colombia

- Inundación (Salgar, Villa Campestre, Arroyo León)
- Erosión
- Pérdida de manglares
- Deslizamiento barrio Salgarito

Mesa de Trabajo La Playa

- Inundación (Juan de Mina, Villa Esperanza, Villa del Mar, Cangrejera)
- Deforestación del mangle (Playa Modelo, Ciénagas de Mallorcaín y Manatías)
- Taponamiento del Arroyo León
- Erosión costera (Castillo de Salgar)



Mesa de Trabajo Galapa

- Inundaciones (Barrio Ciudadela Distrital, San Antonio, Inmaculada II, 12 de septiembre, Villa Olímpica)
- Deforestación
- Vendavales
- Erosión fluvial (mundo feliz)



Mesa de Trabajo Tubará

- Disminución cauce del arroyo San Luis y arroyo Ciego.
- Deforestación (arroyo Caña, Vereda Matadavid)
- Deslizamientos en la vía cercana al casco urbano
- Socavación lateral en el sector de Altamira

Mesa de Trabajo Barranquilla

- Deforestación en los arroyos
- Inundaciones causadas por los arroyos al interior del casco urbano
- Afectación a la planicie de Juan Mina
- Ausencia de un inventario de los eventos amenazantes
- Erosión en las márgenes de los arroyos
- Ausencia de canalización de los arroyos menores
- Estancamiento de aguas
- Desvío del arroyo León
- Desarrollos urbanos sobre las zonas de amortiguamiento hídrico



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

2.1.5. Recorridos Rurales

El recorrido con la aplicación de las entrevistas se buscó identificar las zonas vulnerables e histórico de eventos de inundaciones, deslizamientos, vendavales, sequías, deslizamientos, movimientos en masa, entre otros que se hayan presentado en la cuenca generando afectaciones a la población y ecosistemas. Se indagaron las causas de estos eventos y las acciones correctivas realizadas. La información otorgada por la población en el marco del recorrido rural, permite evidenciar una alta preocupación por la adopción de medidas que permitan evitar futuros daños y una mayor cultura preventiva en la población. A continuación, se presentan los principales aportes de la comunidad frente a la identificación de los eventos en la cuenca:

2.1.5.1. Inundaciones

A continuación, se presentan algunos de los eventos identificados por las comunidades en el marco de los recorridos rurales:

Tabla 2.1. Eventos de inundación identificados por las comunidades en marco de recorrido rural

Inundaciones			
Mpo	Fecha y localización	Descripción del evento y los daños ocasionados	Medidas correctivas tomadas
Galapa	S.F. / Vereda El Desengaño	Inundaciones que alcanzaron 1 metro de altura	Solicitud Alcaldía JAC
	15-17 de junio de 2024/ Vereda Alpes de Sevilla – Arroyo	Afectación a casas enseres y pérdida de animales (15 familias - 55 personas) las Margaritas.	Entrega de kits (colchonetas, mercados, hamacas) y alquiler temporal de viviendas. Sin embargo, no se presentaron otras medidas, apoyo de defensa civil y bomberos.
	Villa Génesis	Época de lluvia, afectación a viviendas, pérdida de enseres, enfermedades, presencia de animales peligrosos durante desborde de arroyos y canales de aguas servidas	Ninguna, solamente atención temporal durante los eventos por parte de la alcaldía y organismos de socorro. En proyecto alcantarillado, problemas por proceso de formalización del barrio.
	Zona rural de Petronitas	Época de lluvia, por construcción de vía 4G y mal manejo de box culvert, canalización inadecuada de arroyos, generar inundaciones de los barrios con altura del agua hasta de 40 cm, Daño de enseres, viviendas, alteración de enfermedades, pérdida de animales y cultivos de patio.	Ninguna, se ha realizado de manera reiterada la solicitud a la alcaldía sin respuesta alguna.
	Arroyo grande sector Cantilleras – vía Paluato	Inundaciones por desborde de arroyo grande, afectando vías, viviendas	Obras de canalización del arroyo en este sector (gaviones)

Inundaciones			
Mpo	Fecha y localización	Descripción del evento y los daños ocasionados	Medidas correctivas tomadas
Barranquilla	Temporada de Lluvia Sector La Playa flores	Pérdida de enseres, afectación a viviendas, altura de 60 cm del agua	Atención básica del cuerpo de bomberos
	Temporada de Lluvia sector La Cangrejera	Enfermedades cutáneas, intestinales, respiratorias Peligro por presencia de serpientes y otros animales	Obras de la alcaldía para la construcción de alcantarillado, no se han realizado más acciones
	Temporada de Lluvia sector Cantera		No se han realizado obras hasta el momento
	Octubre 2022 y Junio de 2024 / Juan Mina	Desborde de Arroyo Cascabel y arroyo grande – sector villa iris para el año 2022 alcanzó 80 cm de altura el agua Pérdida de enseres, desplazamiento temporal de familias, muros derribados	Oficina de gestión del riesgo entregó ayudas enseres, brindó apoyo de albergue temporal a algunas familias, entre otras. No se han realizado obras
Puerto Colombia	Temporada de Lluvia / Salgar - Barrio El Tamarindo Calle 12 Salgar Arroyo San Lorenzo	Inundaciones con 60 cm aproximadamente de altura Daños en colchones, muebles, casas inundadas, enseres	Ninguna en el barrio, solamente canalización de arroyo san lorenzo hacia la zona media y baja
	Sector entre Arroyo León y Arroyo Grande en jurisdicción de Pto Colombia	Inundaciones en finca arroyo león 2 de la comunidad Wayuu, pérdida de cultivos, pérdida de animales, enfermedades, afectación a la vivienda, el agua superó el metro de altura y generó pérdida de enseres	Atención de gestión del riesgo con algunos enseres, sin embargo no se ha hecho ninguna obra
	Arroyo León vía La Playa - Sabanilla	Pérdida de infraestructura, pérdida de cultivos, afectación a viviendas, pérdida de enseres, socavación, deslizamientos, Finca Prisma Nova tuvo pérdida de terreno, desprendimiento de estructura de tanque	Ninguna Evitar construcciones cerca de la ronda del arroyo
Baranoa Pital de Megua	Arroyo Simón y Arroyo Megua, sector urbano de Pital de Megua	Inundaciones por rebose de alcantarillas durante época de lluvia en barrios sector carrera 13 con calle 12 hasta sector barrio bajo colindando con arroyo Simón	Canalizaciones de arroyo en sector urbano, sin embargo, habitantes están realizando encerramiento ilegal de la ronda del arroyo con alambre y muros
		Inundaciones en sector de Arroyo Megua antes de desembocar en Arroyo Grande	

Fuente: Consorcio POMCA mallorquín, 2025

2.1.5.1.1. Inundaciones en municipio de Galapa

La comunidad reportó que el 15 de junio de 2024, una fuerte lluvia provocó una creciente súbita en la vereda Alpes de Sevilla sector Las Margaritas, del municipio de Galapa, lo cual generó el desbordamiento de un arroyo y el colapso de un box culvert, afectando

directamente a 55 familias, quienes perdieron enseres, animales y hasta cultivos locales (El Heraldo, 2024).

Figura 2.3. Inundaciones en Alpes de Sevilla Galapa



Fuente: El Heraldo, 2024



Fuente: JAC Alpes de Sevilla, 2024

Figura 2.4. Finca lluvia de oro Alpes de Sevilla



Fuente: suministrada por Finca Lluvia de oro, 2024

El Barrio villa génesis en proceso de formalización, no cuenta con infraestructura de alcantarillado, lo cual hace vulnerable a las familias durante los periodos de lluvia a eventos de inundación, donde los arroyos, humedales y canales donde circulan las aguas servidas y se depositan residuos de manera irresponsable, se desbordan, inundando las viviendas y generando afectaciones a la salud, enseres, y exposición de los habitantes a animales como serpientes.

Figura 2.5. Villa génesis Galapa



Fuente: Consorcio POMCA Mallorcaín, 2025

Figura 2.6. Inundaciones Villa génesis Galapa



Fuente: suministradas por habitantes Villa Génesis , 2024

Figura 2.7. Sector Petronitas Galapa (box culvert izquierda) zona rural (derecha)



Fuente: Consorcio Mallorquín 2025

Durante las visitas realizadas a la zona de Petronitas, la líder comunitaria señaló con preocupación los problemas de inundaciones de la zona rural después de la construcción de la vía 4G, la cual una vez construyó los voz culvert, el desnivel en el que quedaron los asentamientos y la ausencia de sistemas de alcantarillado, promueven un escenario favorable para inundaciones en el sector, generando daños a la comunidad, quienes se han

visto en la necesidad de construir muros de más de 40 cm de altura frente a sus casas para afrontar en época de lluvia esta problemática.



A nivel de casco urbano líderes comunales reportaron eventos continuos de inundación en el barrio San Roque, donde las viviendas se han visto seriamente afectadas por el crecimiento de varios arroyos que se unen en la intersección de la carrera 17 A con calle 14. Generando pérdida de enseres y daños a las viviendas. Se evidenció además la invasión de la ronda hídrica del arroyo por las viviendas; situación que agudiza las inundaciones en la zona.

Figura 2.8. Inundaciones casco urbano de Galapa



Fuente: JAC Barrio San Roque , 2025



Fuente: Consorcio Mallorcaín 2025

En el sector de Cantilleras en la vía Galapa – Paluato, fue un punto señalado por problemas de inundación, que afectaban vías, viviendas, cultivos cada vez que el arroyo grande crecía en temporada de lluvia, dejando incomunicados a los habitantes de esta zona. Sin embargo, la alcaldía municipal realizó obras para la canalización del arroyo en el sector más crítico.

Figura 2.9. Canalización de Arroyo grande en sector Cantilleras



Fuente: Alcaldía de Galapa, 2025

2.1.5.1.2. Inundaciones en Distrito de Barranquilla

Dentro de los recorridos rurales realizados, los líderes identificaron que este evento se presenta principalmente en el sector de la Cangrejera y La Playa y el sector Canteras. En julio de 2024 se presentó una inundación en el corregimiento de La Playa en Barranquilla debido a fuertes precipitaciones; por lo que se vieron afectadas cerca de 30 viviendas ubicadas al sur en el sector de Las Canteras, una habitante del sector declaró al diario El Heraldo que el agua llegaba hasta la mitad de algunas viviendas (Sarmiento , 2024)

Cerca de 300 familias habían resultado afectadas por precipitaciones e inundaciones en octubre del mismo año. Asimismo, los habitantes denunciaron que presentaban problemas de enfermedades respiratorias y cutáneas debido a las condiciones en las que se encontraban sus viviendas, sumado a que las aguas servidas rebosaron debido a problemas de alcantarillado en la zona.

Figura 2.10. Inundaciones en corregimiento La Playa



Fuente: Bluradio, s.f

En el sector de la Cangrejera, la líder comunitaria informó al equipo profesional que la ausencia de un sistema de alcantarillado ha sido uno de los mayores factores detonantes de las inundaciones en el barrio, además de las demoras en las obras de construcción y adecuación por parte de la empresa AAA. Señala que múltiples familias se ven afectadas cada vez que se presentan lluvias, las cuales han llegado a superar en las viviendas los 40 cm de altura, además de generar un riesgo alto por la presencia de serpientes y animales peligrosos que por las aguas entran a los hogares. Además de las posteriores enfermedades respiratorias y cutáneas en niños y personas de la tercera edad principalmente por el desborde de aguas servidas de los canales abiertos del barrio.

Los habitantes de la zona solicitaban de manera urgente la asistencia por parte de los entes gubernamentales para que atiendan la emergencia natural, puesto que tenían conocimiento

de que la ola invernal podría seguir causando estragos en sus viviendas y vías por las inundaciones que se podían generar en la zona (Extra Noticias, 2024) , los habitantes ubicados en la carrera 8B con carrera 16 manifestaron que la calle estaba siendo intervenida pero que las obras estaban aún sin terminar, las 20 viviendas ubicadas allí fueron de las más afectadas por la inundación zona (Extra Noticias, 2024).

Figura 2.11. Inundaciones en sector La Cangrejera



Fuente: extra noticia, 2024



Fuente: izquierda (JAC Cangrejera), derecha (Consortio Mallorcaín 2025)

El sector de las canteras del corregimiento La Playa presenta continuos problemas de inundación por la construcción de la circunvalar la prosperidad, dado el declive que presenta este asentamiento y la ausencia de sistema de alcantarillado, para el año 2024 se presentó afectación a más de 30 viviendas, las cuales quedaron anegadas superando incluso el metro de altura. (El Heraldo, 2024) , durante la visita del equipo, la comunidad manifestó que mantienen en incertidumbre cada vez que se presentan lluvias , al no contar con un sistema de alcantarillado y encontrarse en una zona colindante a un pozo construido por la concesión costera , que recibe las aguas de del sector de Villa Campestre y las de la 51B, el cual también en época de lluvia puede rebosarse y aumentar la gravedad de las inundaciones, especialmente en sector de cachueco y el colegio. Debido a la característica de las aguas, lo entrevistados manifiestan que se presentan enfermedades cutáneas, infecciones estomacales entre otras patologías.

Figura 2.12. Inundaciones en sector del lago artificial sector Canteras – Corregimiento Playa 2020



Fuente: Yenny Reyes , 2020

Figura 2.13. Pozo construido por concesión circunvalar la prosperidad



Fuente: Consorcio Mallorquín 2025

En Junio de 2022 debido a las altas precipitaciones se produjo una inundación en el barrio las Flores en Barranquilla en el sector de Caguán, producto de lluvias que se prolongaron por más de tres horas; según los habitantes de la zona, la inundación se pudo producir por el taponamiento de basuras en los canales que hay dispuestos para evitar estas emergencias; adicionalmente agregaron que en esa zona suele represarse más puesto que llegan las aguas que van hacia la Ciénaga de Mallorquín desde la vía 40, el chipi y la vía canal (Borrero, 2022).

2.1.5.1.3. Inundaciones en el municipio de Juan Mina

Durante los recorridos realizados con los líderes del corregimiento de Juan Mina, Indicaron que los problemas de inundación en el área urbana se detonan principalmente por el desbordamiento del *Arroyo Cascabel*, Arroyo Grande y el declive que tiene el corregimiento por la construcción de la vía circunvalar prosperidad, lo anterior sumado al manejo inadecuado de los canales (depósito de basuras y aguas servidas) y su baja capacidad frente a periodos de precipitación alta, configuran un escenario favorable para las inundaciones afectando gravemente a los habitantes, en especial de sectores como Villa Iris donde en el año 2022 el agua alcanzó una altura de 80 cm. La alcaldía de Barranquilla reporto para entonces que los sectores más afectados 26 familias afectadas en Villa Iris y 53 familias en el sector Gallera.

Figura 2.14. Recorrido rural con líderes comunitarios y corregidor de Juan Mina



Fuente: Consorcio Mallorcaín 2025

Figura 2.15. Arroyo cascabel sector Villa Iris Juan Mina



Fuente: izquierda (Consorcio Mallorcaín 2025), derecha (JAC Juan Mina, 2024)



Fuente: suministradas por comunidad 2025

Figura 2.16. Circunvalar cordialidad de la prosperidad evento año 2022



Fuente: El Heraldo., 2022

2.1.5.1.4. Inundaciones en Puerto Colombia

Dentro de los eventos señalados por las comunidades, se destacan los relacionados con *Arroyo León, Arroyo Grande y en el sector de Salgar con Arroyo San Lorenzo*. Respecto al Arroyo León las comunidades aledañas manifestaron preocupación pues a pesar de que se han realizado obras de canalización del arroyo, esto no ha sido impedimento para en temporada de lluvia, el arroyo aumente su caudal de manera rápida y se desborde, ocasionando daños a viviendas, cultivos e infraestructura, además de que son aguas con una alta carga contaminante que a su vez generan afectación a la salud de la comunidad.

Durante los escenarios de participación y los recorridos rurales, la comunidad señala que el desbordamiento del arroyo se ha agudizado en parte por la instalación de la trampa de residuos de la empresa AAA cerca del lago del cisne y por la ausencia de cultura ambiental que se ven en el arroyo por el alto volumen de residuos depositados sobre el cuerpo de agua, los cuales en épocas de lluvia impiden el flujo normal del caudal, represando y acelerando los eventos de inundación.

El área en la que confluyen Arroyo Grande y Arroyo León, también ha presentado eventos de inundación que han generado graves afectaciones, en especial a comunidades indígenas wayuu asentadas en la zona (Finca Arroyo León 2). Quienes, durante el recorrido del equipo profesional, manifestaron no contar con el suficiente apoyo y estar expuestos de forma permanente a la pérdida de sus animales, enseres, cultivos y afectación a sus viviendas cada vez que llueve y estos dos cuerpos de agua anegan sus predios.

Figura 2.17. Inundaciones en sector entre Arroyo grande y Arroyo León, Puerto Colombia



Fuente: Jose Grafozo Lara , s.f

Figura 2.18. Inundaciones Arroyo León en sector vía sabanilla , Finca Prisma Nova



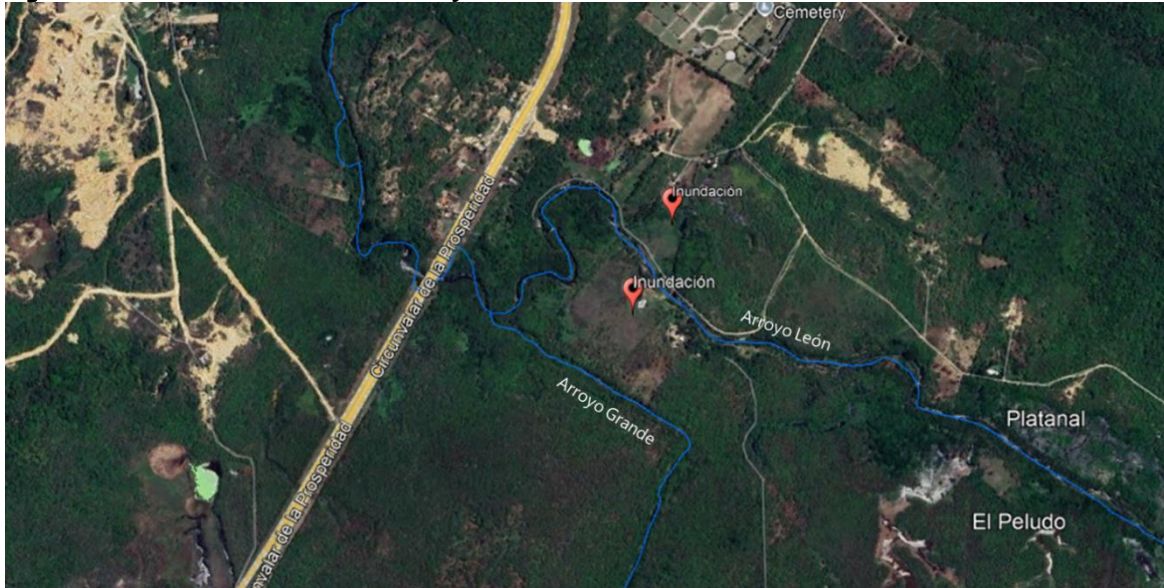
Fuente: suministradas por Eduardo Carriazo, 2025

Figura 2.19. Inundaciones sector Arroyo grande y Arroyo León Finca Arroyo León 2, comunidad Wayuu



Fuente: Finca Arroyo León 2 y Alcaldía municipal de Puerto Colombia, 2024

Figura 2.20. Vista satelital de Finca Arroyo León



Fuente: Google Earth, 2025

Respecto a los eventos e inundación presentados en el barrio Tamarindo y Salgarito del corregimiento de Salgar de Puerto Colombia, la comunidad señala que presenta problemática por las inundaciones que causa el *Arroyo San Lorenzo* y el impacto de las lluvias que sobrepasan la capacidad de las redes de alcantarillado, ocasionando el desbordamiento de las alcantarilla y posterior inundación de las viviendas que se encuentran en el sector, sobrepasando los 40 cm de altura, que obligó posteriormente a muchas viviendas a construir muros al frente de sus hogares para evitar que el agua nuevamente entre en otros eventos de invierno.

2.1.5.1.5. *Inundaciones en Baranoa- corregimiento Pital de Megua*

Los líderes comunitarios manifestaron que durante época de lluvias los barrios ubicados en el sector carrera 13 con calle 12 hasta sector barrio bajo colindando con arroyo Simón, no cuentan con sistema de alcantarillado con capacidad suficiente para las aguas lluvias, generando el desbordamiento de los puntos y posterior inundación de estos barrios.

En la entrada al corregimiento, indican que es una zona propensa a inundaciones, dado que el arroyo está transportando cada vez más carga de sedimentos, los cuales se han ido depositando de manera gradual disminuyendo la altura del cauce, lo que genera un mayor riesgo de inundación durante eventos de lluvia. El arroyo está perdiendo capacidad de regulación, por lo cual la comunidad hace un llamado para revisar esta situación antes de que ocurra un evento con mayor impacto, teniendo en cuenta que es un punto estratégico por ser la vía de acceso al corregimiento.

Figura 2.21. Arroyo barrio sector Bajo Pital de Megua



Fuente: Consorcio Mallorcaín 2025

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

Figura 2.22. Arenas depositadas por Arroyo Megua o Simón



Fuente: Consorcio Mallorquín 2025

2.1.5.2. Vendaval septiembre 2024

De manera uniforme en la cuenca la comunidad señaló las graves afectaciones ocasionadas por un vendaval en el mes de septiembre de 202, el cual dejó a cientos de familias damnificadas, por el impacto del evento (pérdida de techos, caídas de árboles, caída de postes de energía, pérdida de cultivos entre otros). Las comunidades señalan recibieron ayudas como tejas de zinc, colchonetas, capacitaciones y apoyo temporal de albergue mientras se realizaban las adecuaciones en sus hogares, sin embargo, estas ayudas, indican, se entregaron de manera inequitativa e incluso a personas que no eran vulnerables y que

contaban con los recursos. Teniendo en cuenta que este evento no es parte de los caracterizados por el Pomca, se documenta en el presente informe, debido a las consecuencias que tuvo sobre las comunidades de la cuenca. A continuación, se presenta a modo de síntesis los aportes de algunos actores durante el recorrido en la cuenca, el detalle de las encuestas aplicadas se puede consultar en los anexos del presente informe:

Tabla 2.2. Eventos de vendaval identificados por las comunidades en marco de recorrido rural

Vendaval			
Mpo	Fecha y localización	Descripción del evento y los daños ocasionados	Medidas correctivas tomadas
Baranoa	16 de septiembre de 2024 / Parcela Villa Diana	Afectación a vivienda con la pérdida de todo el techo de la vivienda, caída 6 árboles frutales	Alcaldía y Gobernación entregaron láminas para el techo
	Febrero – marzo/ Carretera hacia Baranoa - Desengaño - Guaimaral - Megua	Pérdida de árboles frutales y algunos animales	Atención por parte del cuerpo de bomberos
	Vendaval 16 de septiembre de 2024 Pital de Megua – Baranoa	Destecho, movimiento de tierra, deslizamiento de construcción Árboles caídos, pérdida de cosechas, afectaciones a viviendas, pérdida de animales Casas destechadas Pérdida de techo en cancha múltiple del colegio	Muro de contención artesanal UMATA realizó un censo de personas afectadas Gobernación entregó tejas de zinc a varias viviendas, amarres, caballetes, listones y realizaron capacitación a la comunidad. Gobernación reemplazó el techo de la cancha
	16 de septiembre de 2024/ Vereda El Peligro vía Cuatro Bocas	Casas sin techos y árboles caídos	Ninguna
	Septiembre de 2024/ Vereda Las Margaritas	Daños en techos de casas y árboles caídos	Entrega de tejas de zinc
Tubará	16 de septiembre de 2024 / Guaimaral	Casas sin techos, árboles caídos, deslizamiento El Paluar - vía del algodón cultivos caídos (invierno)	Auxilio de la alcaldía y gobernación
	Septiembre de 2024/ Vía Galapa - Tubará	Daños en el techo de la vivienda y electrodomésticos	Plástico
	16 de septiembre de 2024/ Guaimaral	Casas perjudicadas sin techos y árboles que se cayeron	La alcaldía y la unidad de riesgo se hicieron presentes y regalaron tejas de zinc
	16 septiembre 2024/ Vereda Las Margaritas	Tumbó varias laminas	Alcaldía regalo laminas
	16 de septiembre de 2024/ Palauato	Árboles caídos y casas sin techos	Alcaldía entregó tejas de zinc
Bquilla	16 septiembre 2024 / corregimiento Juan Mina	Casas sin techos y árboles caídos	La alcaldía dio ayudas: Colchonetas

Vendaval			
Mpo	Fecha y localización	Descripción del evento y los daños ocasionados	Medidas correctivas tomadas
Atl	16 septiembre de 2024/	Daños en techos y enseres, árboles caídos y casas agrietadas	Zinc

Fuente: Consorcio POMCA Mallorca, 2025

El vendaval ocurrido 16 de septiembre de 2024 impactó con gran fuerza al corregimiento de Pital de Megua, en el municipio de Baranoa (Atlántico), causando daños significativos en la comunidad, puesto que causó daños en enseres, edificaciones y demás. Según el primer informe de la Defensa Civil, unas 147 viviendas quedaron destechadas y aproximadamente 25 árboles fueron derribados, lo que también afectó la infraestructura de la Institución Educativa María Inmaculada (W Radio, 2024). La Alcaldía de Baranoa, encabezada por el alcalde Edinson Palma, declaró calamidad pública ante la magnitud del fenómeno, movilizándolo a organismos de socorro como la Defensa Civil, Bomberos y Policía para evaluar daños causados y brindar asistencia con láminas, caballetes y apoyo logístico a los pobladores. (Alcaldía Municipal de Baranoa, 2024).

El evento fue parte de un sistema climático vinculado a una onda tropical, con vientos que alcanzaron hasta 79 km/h, considerados dentro de la temporada ciclónica del Atlántico que se extiende hasta noviembre (Saavedra, 2024) Este evento no solo dejó a decenas de familias afectadas sin techo, sino que también generó una sensación de angustia y temor en la comunidad, incluso en algunos casos el disgusto de la gente puesto que a pesar de los esfuerzos en realizar un censo por parte de la Alcaldía para poder entregar ayudas no todas las familias las recibieron y tuvieron que gestionar con dificultad los arreglos de sus viviendas.

Este evento hizo parte de una emergencia regional que dejó damnificadas alrededor de 228 familias en cinco municipios del departamento del Atlántico, movilizándolo a la Gobernación, las alcaldías municipales y los organismos de socorro en una respuesta articulada para evaluar daños, atender a los afectados y comenzar planes de mitigación y reconstrucción (El Heraldo, 2024). En Guaymaral alcanzó a afectar al 90% de las viviendas (Heraldo, 2024)

Figura 2.23. Caída de árboles por vendaval - Galapa



Fuente: Alcaldía municipal de Galapa, 2024

Figura 2.24. Vendaval sin techo por vendaval Baranoa



Fuente: Alcaldía municipal de Baranoa, 2024

Figura 2.25. Afectación del 90% viviendas en Guaiamaral Tubará



Fuente: El Heraldo, 2024

La gestión realizada por los organismos institucionales frente a los eventos naturales ocurridos evidenció una gestión del riesgo oportuna y articulada, que les permitió mitigar los efectos inmediatos de los daños causados por los fenómenos naturales; el haber declarado calamidad pública facilitó la movilización rápida de recursos y la coordinación con organismos de socorro como la defensa civil, logrando brindar asistencia prioritaria a la comunidad afectada y restaurar en gran parte la infraestructura básica en el menor tiempo posible, este accionar demostró que la capacidad de respuesta institucional es efectiva en términos de rápida respuesta frente a eventos naturales.

La rápida evaluación de los daños causados por los fenómenos naturales causados, facilitó una evaluación más precisa de la población afectada así mismo esto le permitió a los organismos institucionales poder determinar que suministros y ayudas requería la población y poder coordinar de manera efectiva y en el menor tiempo posible la entrega de las mismas, estas acciones a su vez fortalecen la capacidad de los municipios para enfrentar emergencias y resaltar la importancia de contar con protocolos de respuesta y prevención que contribuyan a una mayor cooperación comunitaria frente a fenómenos naturales que pueden ser recurrentes en la región.

Aunque por parte de los organismos institucionales se realizó un censo para poder identificar cuántos eran los afectados luego de los eventos naturales ocurridos las ayudas no fueron destinadas a todos los damnificados y/o afectados la inequidad en la entrega de las ayudas tiende a generar una visión de ineficiencia entre la comunidad y a generar un sentimiento de desconfianza hacia los organismos institucionales puesto que sienten que las ayudas se entregan de manera arbitraria, aún en casos en los que no había ocurrido daños

2.1.5.3. Socavación lateral

Este evento se identificó principalmente en el municipio de Galapa, Baranoa y Puerto Colombia, donde cuerpos de agua como Arroyo Grande, Arroyo San Lorenzo y Arroyo León han generado afectaciones a las viviendas, predios y en algunos casos familias damnificadas. A pesar de que este evento ha venido afectando de forma gradual a las comunidades, éstas señalan que las acciones de las instituciones han sido insuficientes y exponen la integridad de muchas familias. En el caso de Puerto Colombia se ve de manera particular la erosión costera especialmente en el sector de Salgar, la cual ha venido generando impactos sobre viviendas y sector económico y arquitectónico de la cuenca.

2.1.5.3.1. Socavación Barrio Mundo Feliz, municipio de Galapa

Este evento se detona principalmente por el *Arroyo Grande*, el cual presentó uno de los eventos más graves en el año 2019, socavando más de 40 metros lineales, provocando daños en el barrio Mundo Feliz daños en viviendas y vías, al punto que colapso totalmente, (Noticias Caracol, 2019). Durante el año 2024 se presentaron fuertes precipitaciones que desencadenaron el desbordamiento del *Arroyo Grande* en diferentes barrios del municipio de Galapa, entre ellos Mundo Feliz, la Secretaría de Gobierno, Prevención y Atención de Desastres, Bomberos, Cruz Roja y Defensa Civil acudieron a las zonas afectadas para realizar albores de censo para conocer las cifras de damnificados

Figura 2.26. Captura de video desbordamiento Arroyo Grande – Barrio Mundo Feliz, Galapa 2019



Fuente: Noticias Caracol, 2019

Es por esto que hacía el año 2023 pensando en el progreso y seguridad de la comunidad del barrio mundo feliz ubicado entre la carrera 33 con limite en la carretera La Prosperidad, la Unidad para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y la Alcaldía Municipal de Galapa desarrollaron una obra de canalización del Arroyo Grande con una inversión de 25.000 millones de pesos en una extensión de un kilometro y beneficiando a más de 2500 familias

mitigando el riesgo de desastres y posibles inundaciones que el arroyo pudiera provocar; a su vez con la canalización del mismo se buscaba reducir la contaminación ambiental y las aguas servidas que afectaban en ese entonces al sector. (Alcaldía Municipal de Galapa, 2023).

El método de construcción de la obra es uno de sus aspectos más destacados ya que los muros de gavión; están contruidos a partir de la integración de cajas o jaulas de mallas metálicas de triple torsión, confeccionadas con alambre galvanizado, rellenas de piedras en distintos tamaños (Alcaldía Municipal de Galapa, 2023) para garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura; de manera adicional se aplicará una capa de concreto de 2.500 PSI con un espesor de 10 cm sobre la malla para garantizar su canalización (Alcaldía Municipal de Galapa, 2023).

Figura 2.27. Canalización de Arroyo Grande

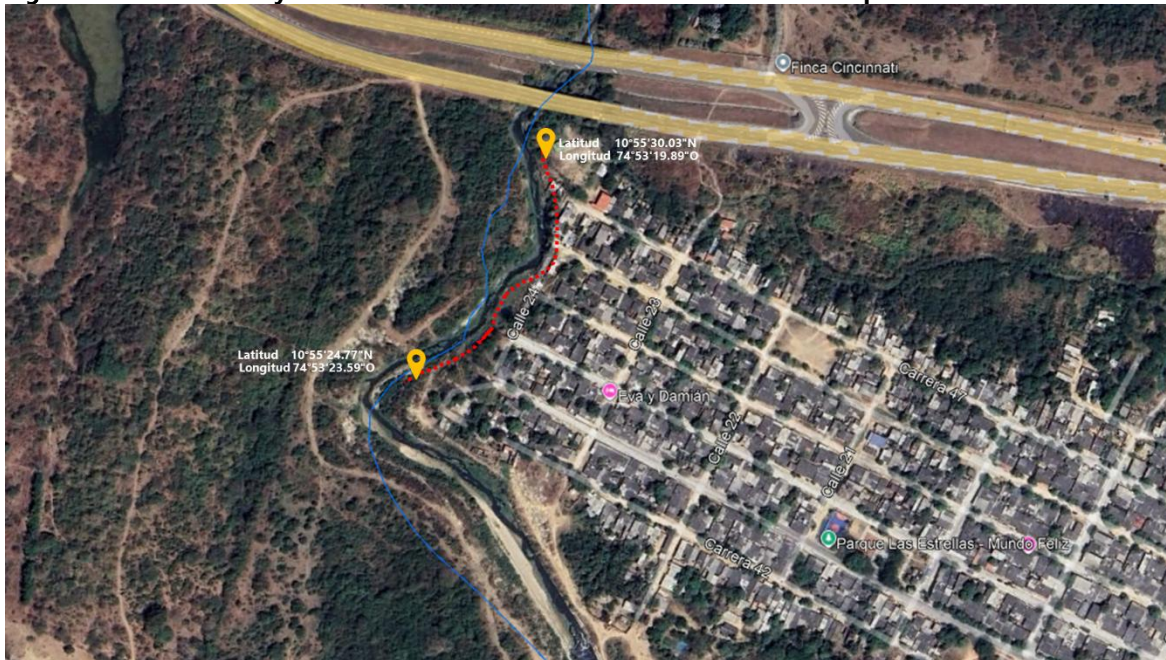


Fuente: Consorcio Mallorcaín 2025

Durante las visitas realizadas en el sector en compañía del líder comunal Marcos Mendoza, se evidenció que esta obra no cuenta con mantenimiento y que, en el área del arroyo posterior a la obra, está presentando una socavación lateral que está comprometiendo a varias viviendas en condición de vulnerabilidad, algunas han presentado deslizamientos y agrietamientos cada vez más recurrentes. Aunque la alcaldía municipal manifestó que esta zona ya ha sido catalogada como de alto riesgo: en entrevista con algunos propietarios, mencionaron que en menos de un año el arroyo ha deslizado más de dos metros y que esta situación se acelera cada vez que se presentan eventos de lluvia, por lo cual se encuentran expuestos al igual que sus viviendas a que estas se derrumben.

Solicitan apoyo institucional no solo de la alcaldía municipal sino de entidades de orden departamental y nacional, dado que deben ser reubicados, sin embargo, no cuentan con los recursos económicos para trasladarse a otro lugar.

Figura 2.28. Ronda Arroyo Grande con socavación – Barrio Mundo Feliz Galapa



Fuente: Google Earth, 2025



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

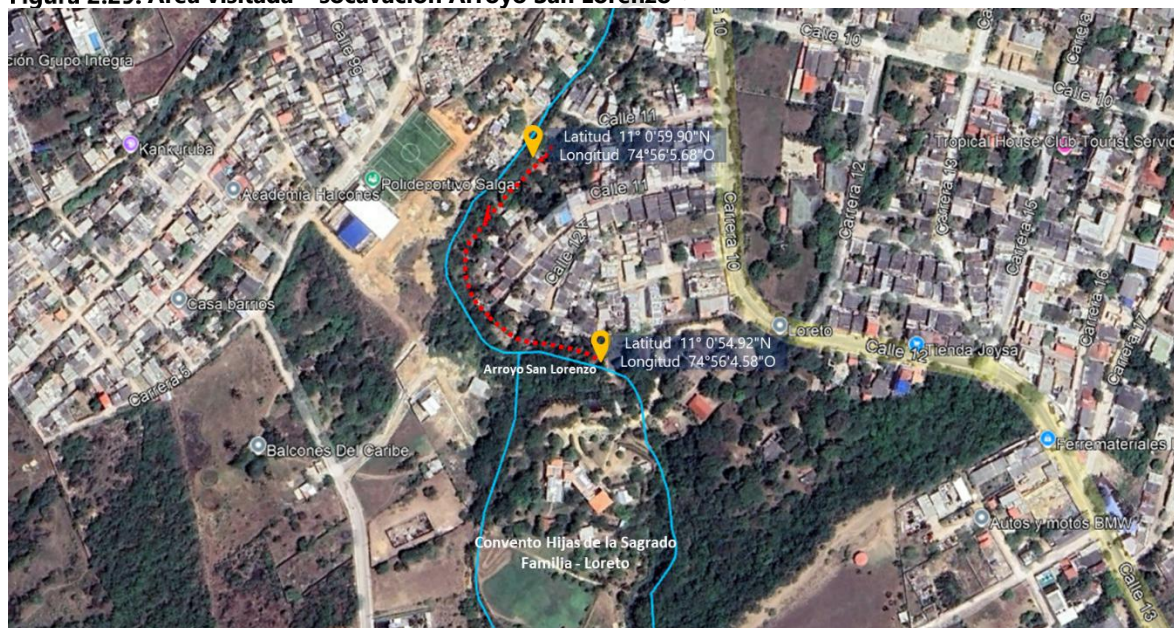
Es importante señalar que dentro de la visita al sector se evidenciaron conexiones de varios vertimientos de aguas domésticas dispersos, que pueden también agudizar el proceso de socavación en la zona.

2.1.5.3.2. Socavación Arroyo San Lorenzo – Barrio Tamarindo, Salgar Municipio Puerto Colombia

La comunidad del barrio Tamarindo, señaló que además de presentar problemáticas por inundaciones, las viviendas que colindan con el Arroyo San Lorenzo manifestaron su preocupación permanente por la socavación que está realizando el arroyo, la cual se agudiza en tiempo de invierno, generando el movimiento de los terrenos y el agrietamiento de las viviendas, colocando en riesgos a las familias en donde se encuentran niños y personas de la tercera edad. Algunas viviendas han tenido que ser desocupadas por el alto nivel de riesgo de desplomarse, otras son ocupadas en estas circunstancias debido a que los habitantes no tienen otra opción o lugar para trasladarse, tratan de resanar las grietas, pero el constante movimiento del terreno vuelve a exponer a las viviendas.

La zona más crítica se presenta entre el convento Hijas de la Sagrada Familia – Loreto y el barrio Tamarindo antes de la canalización que la alcaldía municipal realizó al arroyo, el convento ha construido gaviones sin embargo estos se están derrumbando y pueden a futuro represar el cauce dado su angosto espacio, generando un evento más peligroso en época de lluvia, aunado a lo anterior se evidenció el encerramiento del cauce.

Figura 2.29. Área visitada – socavación Arroyo San Lorenzo



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025 con base Google Earth

Durante el recorrido se contabilizaron aproximada seis viviendas con las mayores afectaciones, como aspectos a mencionar, también se evidenció dentro del recorrido la acumulación de material vegetal en el cauce, disposición de residuos sólidos de las casas sobre el Arroyo y la conexión de algunas tuberías de aguas servidas.

Figura 2.30. Vivienda abandonada por riesgo en Tamarindo Erika Castro



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

Figura 2.31. Encerramiento de cauce Arroyo San Lorenzo y gaviones Convento Hijas Sagrada Familia



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

Durante las fuertes precipitaciones que se presentaron a mediados del año 2024, el colapso de las alcantarillas, las inundaciones y las condiciones de inestabilidad que está presentando este barrio, un muro se desplomó sobre una vivienda, generando graves afectaciones, situación que preocupa a los demás habitantes, al poder repetirse durante las épocas de lluvia. La alcaldía municipal construyó un muro, sin embargo, la familia que residía en la vivienda no ha logrado hasta el momento reconstruirla por falta de apoyo y recursos.

Figura 1.3. Vivienda afectada por deslizamientos en época de lluvia 2024 barrio Tamarindo



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

La comunidad señala que ha sido reiterativo el llamado a la administración municipal, para atender de manera oportuna este tipo de problemática en la zona, dado que a medida que pasa el tiempo, se agudiza aún más los impactos sobre las viviendas; aunque la comunidad reconoce que se realizó una canalización, indican que esto tan solo resolvió la problemática para una parte de la población y que aguas arriba de la obra, se encuentran un gran número de viviendas expuestas y con alta probabilidad de desplomarse por la inestabilidad del terreno y la socavación que está realizando el arroyo.

Figura 2.32. Canalización Arroyo San Lorenzo



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

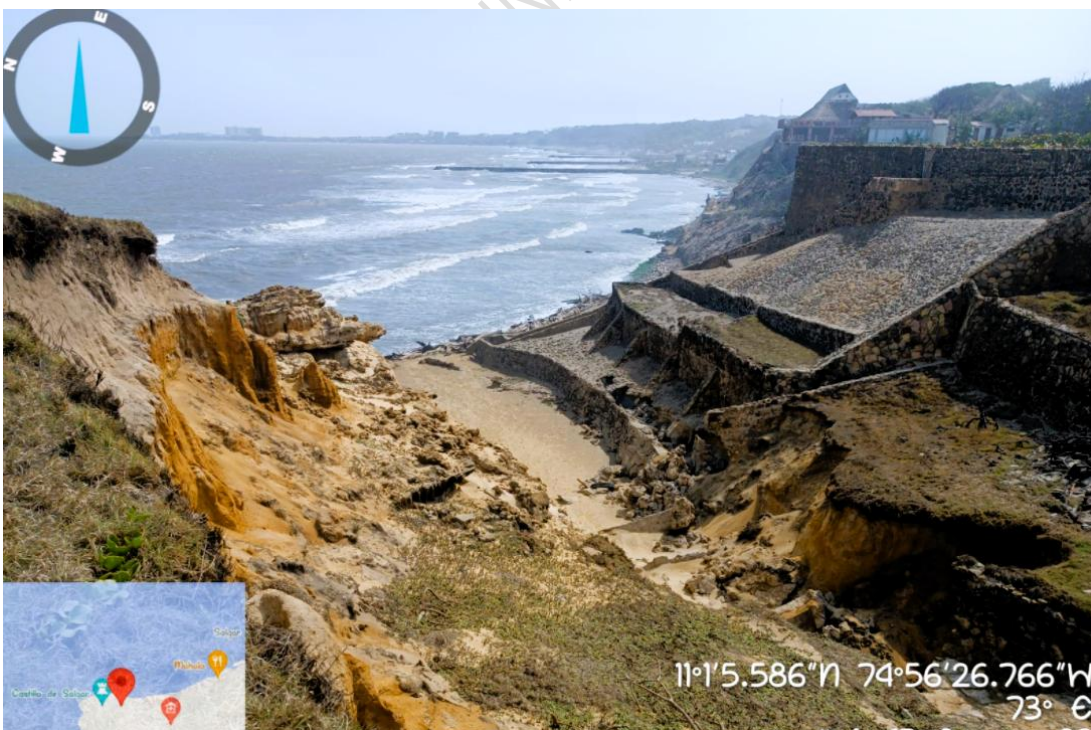
2.1.5.3.3. Socavación – erosión costera Sector Castillo de Salgar

El sector localizado entre el Castillo Salgar y Punta Roca en el municipio de Puerto Colombia, ha presentado problemas asociados a la erosión costera, que han generado la pérdida de viviendas, casetas, vías y generado de forma general inestabilidad en la zona, obligando a algunas familias a vender sus predios o abandonar sus viviendas y en el caso de los caseteros a reubicarse. El embate de las olas ha ido socavando el talud, detonando movimientos en masa, que para casos como el de sector de Sabanilla y Solinilla han generado el retroceso de la línea costera hasta en 55 metros (Dimar, 2024). Durante la visita se evidenciaron en el sector de Castillo de Salgar acantilados con más de 8 metros de altura y viviendas expuestas en ellos. Dentro de los eventos con mayor impacto, la comunidad indica que en septiembre de 2022 debido a fuertes lluvias y los impactos sobre la zona por la erosión, se declaró la urgencia manifiesta a través del decreto 199 de 2022.

Luis Gallardo líder comunal del municipio, durante su acompañamiento al equipo profesional del Pomca en este sector, señaló que esta situación no es reciente y que se espera que las autoridades empleen soluciones a largo plazo, dado que se agrava la situación comprometiendo no solo a las familias con sus viviendas en terrenos inestables

sino a la economía local que se basa en el turismo. Aunado a lo anterior se compromete un patrimonio arquitectónico e histórico como el Castillo San Antonio de Salgar, a pesar de que se cuentan con un grupo de 14 espolones en el sector de las playas hasta sector playas country, esto no ha sido suficiente para disminuir el impacto de este fenómeno.

Figura 2.33. Socavación en sector occidental (arriba) y oriental (abajo) Castillo de Salgar



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

Figura 2.34. Acantilados sector occidental Castillo Salgar



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

Figura 2.35. Registro de erosión en sector Salgar



Fuente: Oficina de riesgos Alcaldía Municipal de Puerto Colombia, 2022

2.1.5.3.4. Socavación de Arroyo León

Durante los recorridos de acuerdo a la información entregada por la comunidad y lo evidenciado con el equipo profesional, Arroyo León cuenta presenta zonas donde en épocas de lluvia la fuerza del cuerpo de agua ha generado la pérdida gradual de bancada, cultivos, estructuras y en otros casos afectación a viviendas en zonas de condición vulnerable. A continuación, se presentan algunos de los puntos críticos identificados con apoyo del acompañamiento de líderes, veedurías y organismos de socorro de la cuenca:

Figura 2.36. Socavación Arroyo León Finca Prisma Nova vía la playa – sabanilla



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

El sector que recorre el río en su parte baja a pesar de que en algunos sectores cuenta con adecuación en taludes, en época de lluvia, los habitantes manifiestan, el agua ha sobrepasado los mismos y la torrencialidad del cuerpo de agua ha generado el desprendimiento de grandes extensiones de terreno.

Veeduría ciudadana durante su acompañamiento en los recorridos, identificó como punto crítico lo correspondiente a los *barrios de La Pradera y Los Angeles* (sectores subnormales) en el sector Pueblito de Barranquilla, donde un amplio número de familias vulnerables construyeron sus viviendas en la ronda del arroyo. Esto no ha sido vigilado y cada vez son más el número de viviendas, quienes además de encontrarse en zona de riesgo por inundación y por la socavación del río, también realizan conexiones ilegales de tubos por medio de los cuales vierten sus aguas servidas y depositan sus bolsas de residuos, electrodomésticos dañados, muebles entre otros elementos sobre el cuerpo de agua, agravando aún más el escenario de represamiento del arroyo y sus impactos en la zona.

Figura 2.37. Visita Barrios Pradera y Los Ángeles – Arroyo León con veeduría ciudadana



Fuente: Consorcio Mallorca, 2025

Veeduría señala que estas familias mantienen en incertidumbre durante las épocas de lluvia, pues la fuerza del arroyo ha desprendido varios sectores y sus viviendas están expuestas, este sector se caracteriza por ser habitado por familias en alto grado de vulnerabilidad, por lo cual se requiere la atención oportuna de esta situación por parte reubicación de estas personas, evitando

Figura 2.38. Barrio Los Ángeles Barranquilla



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

Figura 2.39. Socavación de Arroyo León



Fuente: El Heraldo, 2020

2.1.5.3.5. Socavación en Pital de Megua Baranoa

En la intersección entre calle 12 y carrera 14 del corregimiento de Pital de Megua de Baranoa, conocido en la comunidad como sector *Barrio Abajo – vía pozo del diablo*, es una zona de alto riesgo por la inestabilidad del terreno; sin embargo, de acuerdo a la información manifiesta por algunos líderes comunitarios, a pesar de que algunos habitantes cuentan con el conocimiento sobre la condición de esta área, han construido sus viviendas allí. La fuerza que ejerce el *arroyo Megua – Simón*, la inestabilidad del terreno y las altas precipitaciones

han acelerado los procesos de erosión, debilitando los taludes que en algunas zonas se encuentran entre los seis y hasta diez metros de altura.

Figura 2.40. Vivienda Cra 15 # 11-120 Henderson Amaris Barrio bajo



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

Algunas viviendas ya han presentado deslizamientos de parte de sus viviendas y en gran parte de ellas presentan agrietamiento y un alto riesgo de que las estructuras se desplomen, la comunidad indica que los eventos de lluvia del año 2020 y el de junio de 2024, fueron los que agudizaron la problemática y algunos afirman que se encuentran a la espera de apoyo por parte de las autoridades con obras de refuerzo a sus viviendas o la reubicación de las mismas.

Figura 2.41. Desplome de parte de vivienda Henderson Amaris Cra 15 # 11-120 Barrio bajo



Fuente: Consorcio Mallorquín, 2025

2.1.5.4. *Movimientos en Masa*

Dentro del área de jurisdicción de la cuenca, los eventos de deslizamientos se concentraron especialmente en el corregimiento de Guaimaral municipio de Tubará. De manera uniforme la comunidad señala que los movimientos en masa aumentaron por la construcción de la vía entre Paluato (Galapa) y Guaimaral (Tubará). Esta vía compuesta por 6 kilómetros entre Iso corregimiento y con conexión a la carretera del algodón, fue construida en el año 2019 por la Gobernación del Atlántico con una inversión superior a los 22 mil millones de pesos (El Heraldo, 2019).

Aunque era una obra necesaria para la movilidad del corregimiento, la población considera que se presentaron falencias en el diseño de la vía, que no contemplaron la inestabilidad de la zona por el tipo de material, ausencia de suficientes obras hidráulicas para el manejo de las aguas lluvias en épocas de alta precipitación, obras de protección para las viviendas que se encuentran en cortes de taludes entre otros aspectos, que han generado afectaciones a los habitantes y a sus actividades económicas.

La obra entregada en el año 2019, empezó a presentar problemas diez meses después en el año 2020 con el deslizamiento de varios sectores, afectación a una vivienda e incomunicación (Diario Libertad, 2020), posteriormente en el año 2022 debido a las torrenciales precipitaciones ocurridas durante el mes de octubre y meses anteriores se presentó el colpado de aproximadamente 150 metros de vía de Guaimaral hacia el casco urbano de Tubará, dejando incomunicado al corregimiento (Martínez, 2022). De acuerdo con

lo registrado por las autoridades locales la emergencia se presentó a la altura del sector de Loma Arena donde se dio la ruptura de los gaviones que posteriormente produjo el colapso de la vía (Rueda, 2022).

Figura 2.42. Deslizamientos en vía Guaimaral año 2019



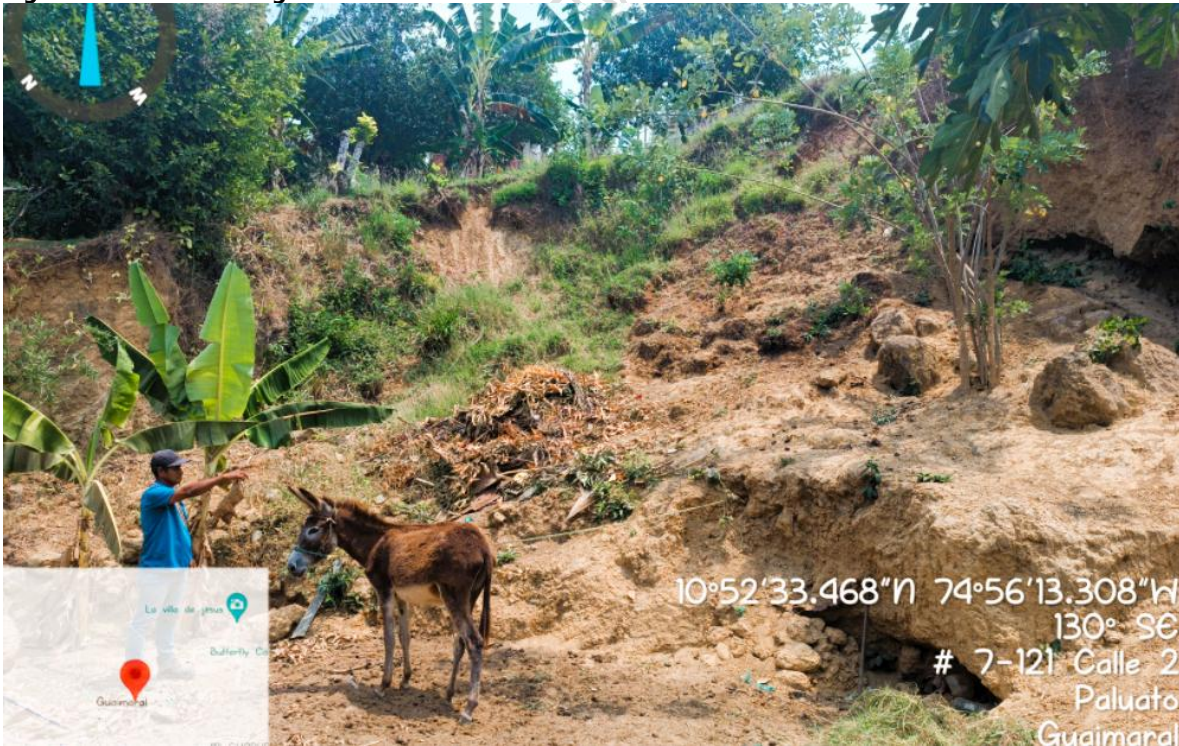
Fuente: Diario La Libertad, 2020

Figura 2.43. Colapso de vía y deslizamientos Guaimaral Tubará



Fuente: suministradas por JAC Guaimaral, 2022

Figura 2.44. Vivienda Olga Romero Barrio El Carmen Guaimaral



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

Durante el recorrido rural, el equipo profesional junto con los líderes comunitarios, se identificaron viviendas que durante las fuertes lluvias que se presentaron en junio de 2024, presentaron deslizamientos, colocando en riesgo la integridad de los ocupantes de las mismas, hacen un especial llamado a la Gobernación y Alcaldía para atender de forma oportuna esta situación, dado que ya se ha presentado desplome de parte de las viviendas y agrietamientos que se agudizan cada vez que llueve en la zona.

Figura 2.45. Vivienda Olga Romero con colapso de parte del predio en corte de vía Guaimaral – Paluato



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

2.1.5.5. Otros eventos

Dentro de otros eventos, la comunidad manifestó que los eventos de sequía e incendios forestales en el área que cubre la cuenca, aunque se presentan, no son tan recurrentes o generados tantos impactos en comparación a los anteriormente caracterizados. En las visitas realizadas y de acuerdo a la información entregada por las comunidades durante los recorridos y en el marco de los escenarios de participación, se identificaron eventos de sequía en el sector de Guaimaral y Galapa siendo el año 2024 uno de los que causó mayor impacto en la comunidad. Respecto a incendios forestales, se indicaron principalmente en Galapa en vereda Alpes de Sevilla, sector mundo feliz, sector de Petronitas y en la vía a Paluato y durante los recorridos el equipo evidenció en sector de Cuatro bocas de Tubará cerca del cementerio y en la vía al antiguo acueducto.

La comunidad señala que el origen principalmente es por acción antrópica en algunos casos para la preparación de terrenos y en otros por la disposición inadecuada de basuras que en épocas de temperatura alta sirven como combustible y generan incendios.

Figura 2.46. Rastro de quemas en sector de cuatro bocas Tubará frente a cementerio 2025



Fuente: Consorcio Mallorca, 2025

Figura 2.47. Rastro de quemas en sector Petronitas Galapa 2025



Fuente: Consorcio Mallorcaín, 2025

2.2. Catálogo Histórico de Eventos Amenazantes

La información recopilada en el numeral anterior se sistematizó siguiendo los lineamientos contenidos en el Protocolo para la incorporación de la Gestión del riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (MINAMBIENTE, 2014), mediante la siguiente estructura (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Campos catálogo de eventos amenazantes

Campo	Atributo	Descripción
Evento	ID Evento	Código de identificación del evento
	Tipo de Evento	Indica el tipo de fenómeno amenazante reportado (Ej. Movimiento en Masa, Incendio Forestal, Inundación, Avenida Torrencial, Otro).
	Fecha de evento	Hace referencia al día, mes y año en el cual se presentó el evento amenazante.
	Fecha de reporte	Hace referencia al día, mes y año en el cual se reportó el evento amenazante.
Localización geográfica	Departamento	Departamento dónde se localiza el evento
	Municipio	Municipio dónde se localiza el evento
	Vereda	Vereda dónde se localiza el evento
	Coordenada Este	Coordenada Este del punto, debe ser calculada en el sistema de referencia oficial (Magna Sirgas origen único)
	Coordenada Norte	Coordenada norte del punto, debe ser calculada en el sistema de referencia oficial (Magna Sirgas Origen único)
Características de los eventos	Mecanismo reportado	Tipo de movimiento en masa (ej. Deslizamiento, reptación, caída, entre otros)



Campo	Atributo	Descripción
	Edad	Tiempo de ocurrencia del movimiento en masa
	Estilo	Identifica si el movimiento en masa es complejo, compuesto, múltiple, sucesivo o único.
	Estado	Condición del movimiento en masa (ej. Activo, reactivado, latente, estabilizado, entre otros)
	Distribución	Identifica si el movimiento en masa es retrogresivo, avanzado, ensanchado, confinado, creciente, decreciente o móvil.
	Magnitud	Medida cuantitativa del tamaño sismo; valor expresado acorde con la escala de Richter.
	Profundidad	Medida desde la superficie de la tierra en el punto llamado epicentro hasta el punto exacto donde se produjo el sismo; su valor expresa en Km
	Fuente	Origen de la información del evento
	Detonante	Elemento que dio origen al evento amenazante.
Afectación	Vidas	Número de vidas
	Heridos	Número de heridos
	Desaparecidos	Número de personas desaparecidas por causa del evento
	Personas Damnificadas	Número de afectados por causa del evento
	Familias Damnificadas	Número de familias afectadas
	Viv. Destruídas	Número de viviendas que resultaron destruidas como consecuencia del evento amenazante.
	Viv. Avariadas	Número de viviendas que resultaron afectadas como consecuencia del evento amenazante.
	Vías	Número de vías destruidas y/o afectadas
	Servicios	Señala la existencia o no de afectaciones sobre el servicio de acueducto y/o alcantarillado
	Puentes vehiculares y/o peatonales	Número de puentes vehiculares y/o peatonales afectados
	Bosques y/o cultivos	Hectáreas de cultivos y/o bosques que han sido destruidas a causa de un evento amenazante.
	Semovientes	Número de cabezas de ganado perdidas por causa del evento.
	C. Educativos	Número de centros educativos afectados
C. Salud	Número de centros de salud y/o hospitales afectados.	
C. Comunitario	Número de centros comunitarios afectados.	
Otros	Expresa las afectaciones a los bienes, infraestructura o elementos que no están clasificados dentro de las anteriores categorías.	
Observaciones	Información adicional y/o ampliación de las características del suceso amenazante.	

Fuente: El consorcio, 2025

El consolidado de los eventos históricos amenazantes se presenta en el Anexo 1. Este instrumento denota la ocurrencia de 744 eventos amenazantes en el periodo comprendido entre 1929 y 2024; siendo los vendavales, inundaciones y movimientos en masa, los fenómenos más recurrentes; los cuales; además, presentan mayores afectaciones socioeconómicas a la población asentada en la cuenca.

2.3. Georreferenciación y análisis de recurrencia de los eventos amenazantes

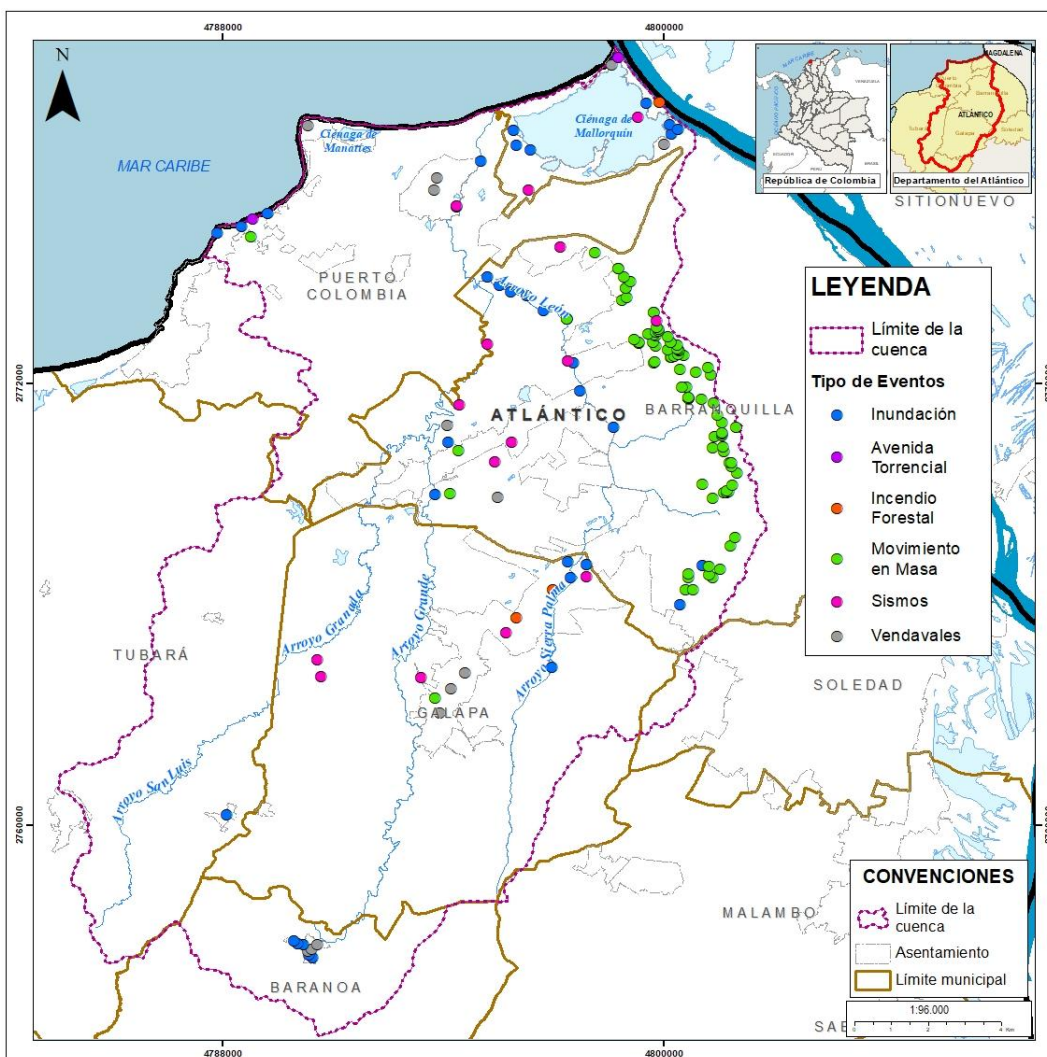
Una vez compilada la información en el catálogo, con la ayuda de la herramienta ArcGis se espacializaron los registros que contaban con posicionamiento geográfico. Los eventos que no contenían coordenadas, pero presentaban una descripción clara del lugar de ocurrencia fueron localizados con ayuda de la cartografía base. No obstante, los registros que no incluían ningún tipo de información geográfica fueron excluidos del análisis espacial.

Los eventos históricos se evaluaron según el periodo de recurrencia, para lo cual se empleó los rangos establecidos por el anexo técnico de la Guía POMCAS, como se describen a continuación:

- *Rojo*: Eventos más recurrentes, es decir, más de un evento en los últimos 15 años.
- *Naranja*: Un evento en los últimos 15 años o los ocurridos en un periodo de tiempo ocurrido entre los 15 y 50 años.
- *Amarillo*: Para los eventos pasados, es decir, para los ocurridos por encima de los 50 años.

En el anexo 2, se adjunta las salidas cartográficas asociadas a la localización de eventos recientes para la cuenca hidrográfica en estudio.

Figura 2.48. Localización de los registros por tipo de evento



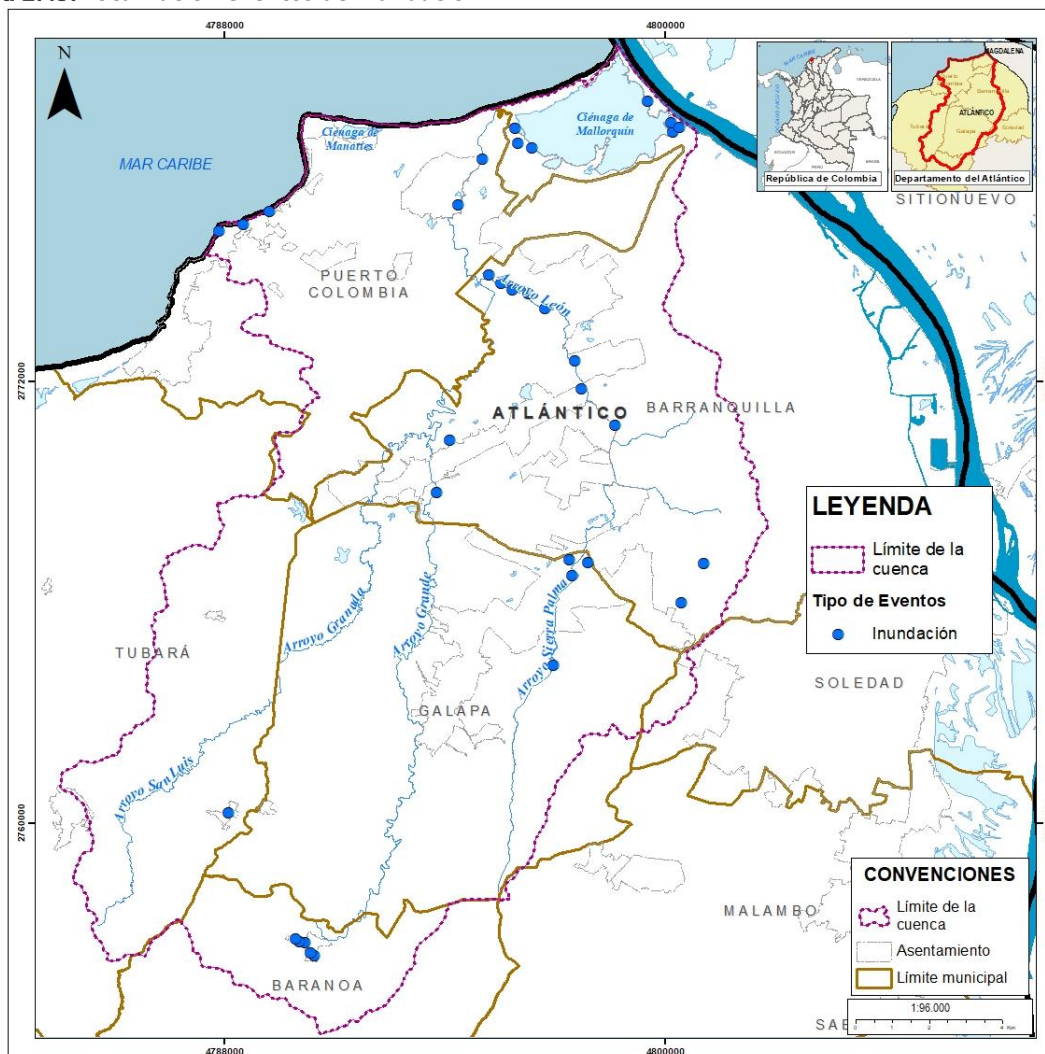
Fuente: El consorcio, 2025

2.3.1. Inundaciones

El análisis de eventos en la cuenca revela que las inundaciones son el fenómeno más recurrente, abarcando el 46% del total de fenómenos registrados. La distribución geográfica de las afectaciones muestra una mayor concentración en los municipios de Barranquilla y Soledad, seguidos por Baranoa y Puerto Colombia. En cuanto a la temporalidad, se observa que el 31% de los eventos han ocurrido en los últimos 15 años, y el 60% en el periodo comprendido entre 1975 y 2010.

Estos fenómenos han dejado un total de 2802 viviendas destruidas, 33.430 viviendas afectadas, 28 centros educativos y tres (3) puentes vehiculares con algún tipo de daño. Asimismo, las inundaciones han ocasionado más de 274.794 damnificados.

Figura 2.49. Localización eventos de inundación

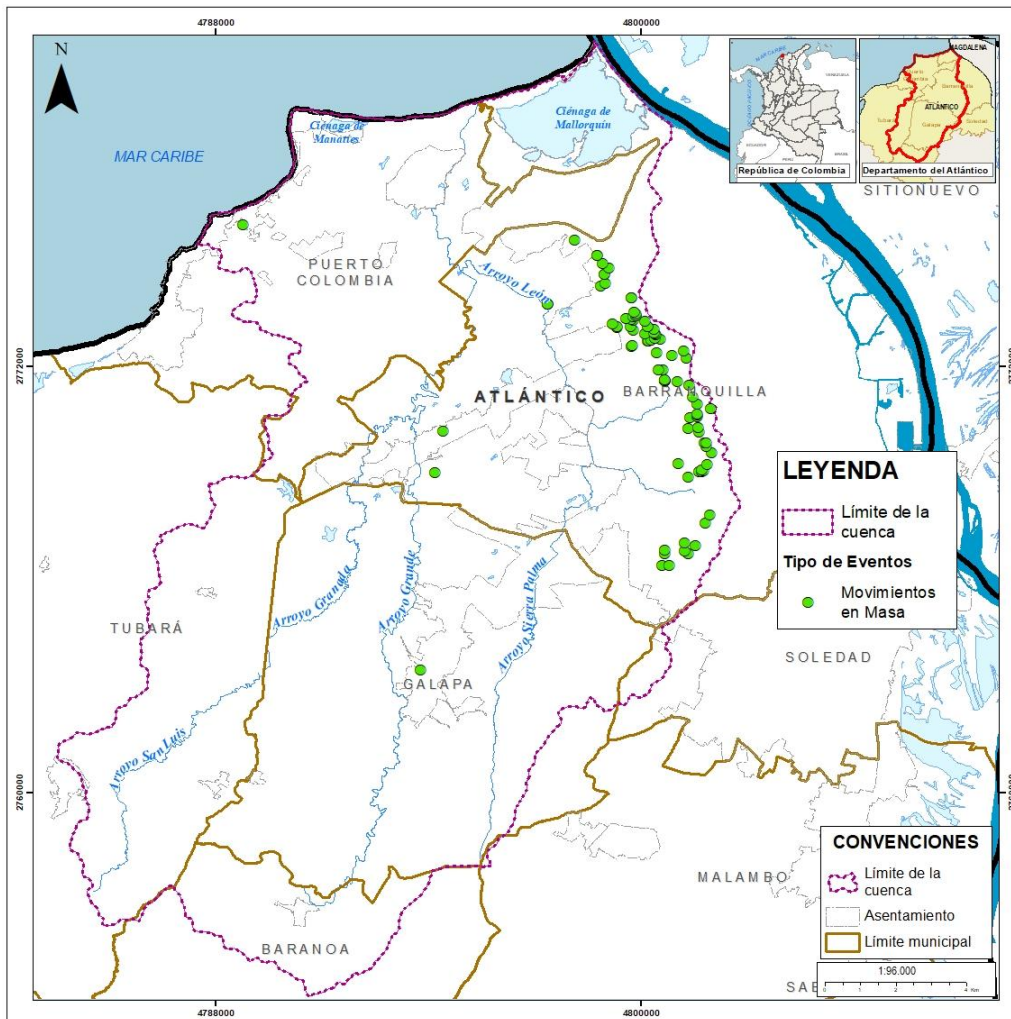


Fuente: El Consorcio, 2025

2.3.2. Movimientos en Masa

Los movimientos en masa constituyen el 20% del total de los eventos registrados, denotando una significativa concentración en el distrito de Barranquilla. Los municipios de Baranoa y Soledad no reportaron la existencia de este fenómeno amenazante. En términos de impacto, estos eventos resultaron en la pérdida de 814 viviendas y afectaron a 21.101 personas.

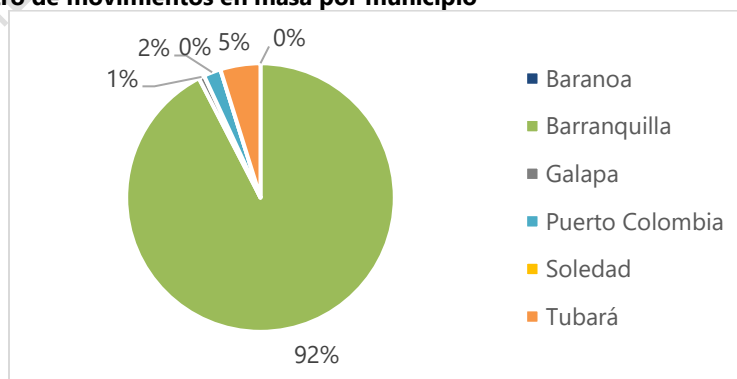
Figura 2.50. Localización eventos de movimientos en masa



Fuente: El Consorcio, 2025

El análisis temporal indica que el 63% de los movimientos en masa han ocurrido en los últimos 15 años, siendo el evento más reciente el registrado el 14 de noviembre de 2020.

Figura 2.51. Registro de movimientos en masa por municipio

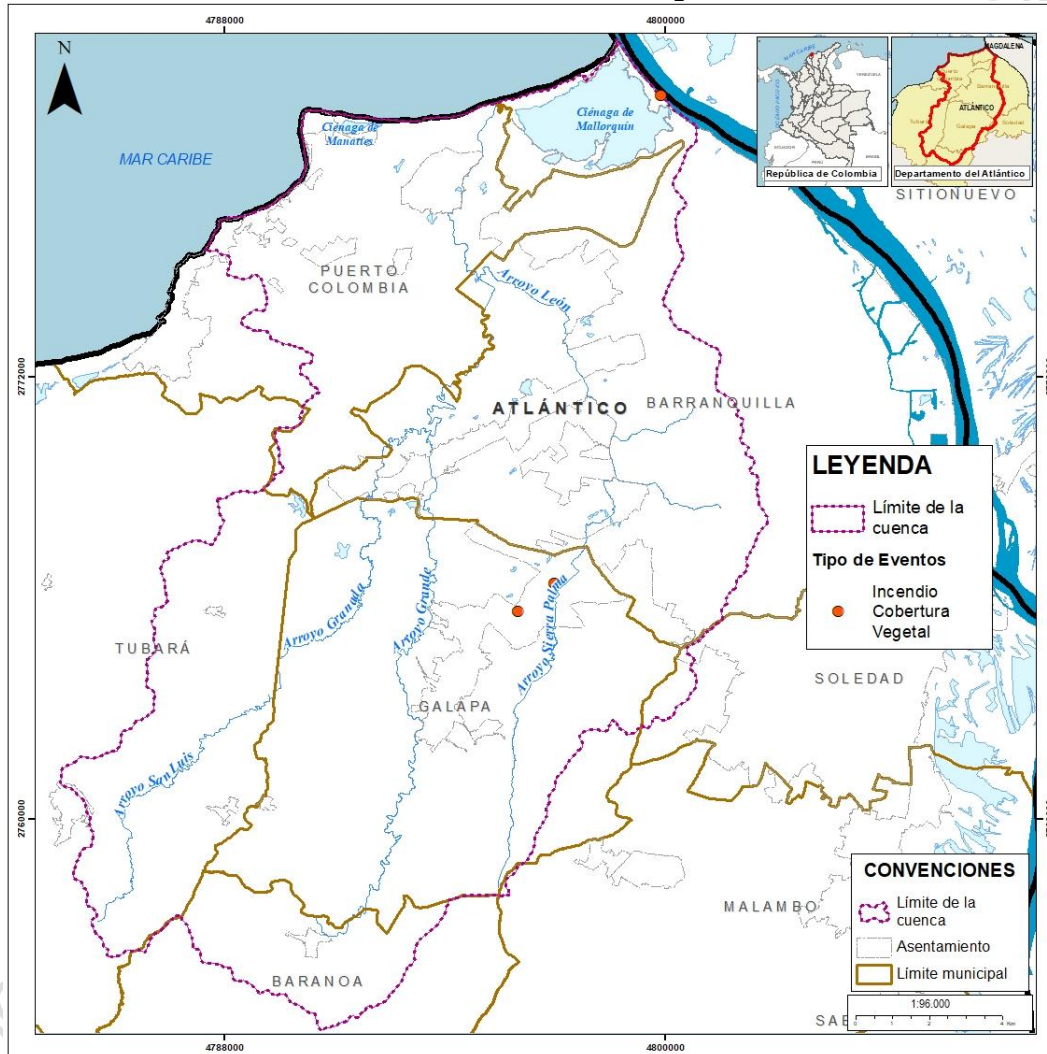


Fuente: El Consorcio, 2025

2.3.3. Incendios de la Cobertura Vegetal

Entre 1979 y 2024, se registraron 16 incendios de cobertura vegetal, con una distribución geográfica concentrada en los municipios de Barranquilla y Soledad, cada uno con 5 eventos, seguidos por Galapa con 4 y Baranoa con 2. La ocurrencia de estos incendios muestra una marcada estacionalidad, con una mayor frecuencia durante los tres primeros meses del año, periodo caracterizado por bajos niveles de precipitación.

Figura 2.52. Localización eventos de incendios de la cobertura vegetal



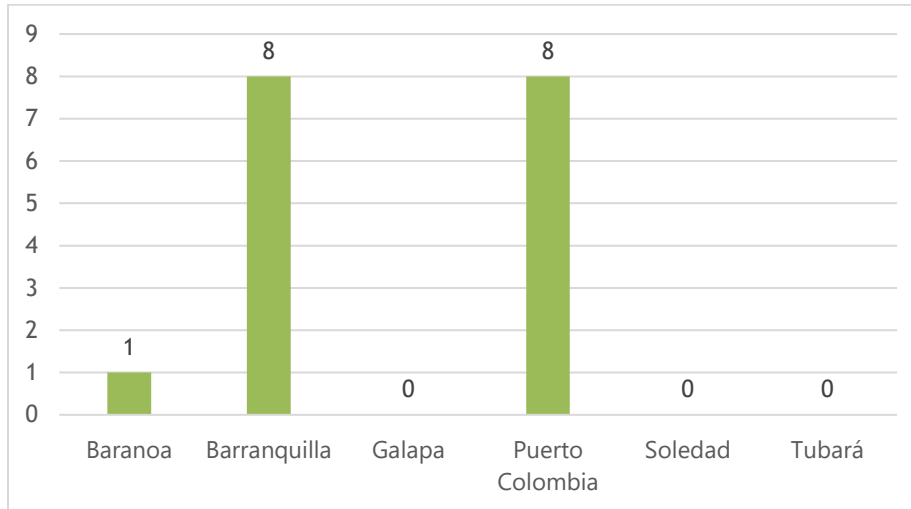
Fuente: El Consorcio, 2025

El impacto de estos incendios se centró principalmente en áreas naturales y agrícolas, donde se perdieron 56 hectáreas de bosques y/o cultivos.

2.3.4. Avenidas Torrenciales

El registro histórico de avenidas torrenciales en la cuenca, revela la ocurrencia de 17 eventos entre 1975 y 2010, con una clara recurrencia en los municipios de Barranquilla y Puerto Colombia, cada uno con 8 eventos, y un evento aislado en el municipio de Baranoa. Como resultado de estos eventos, se reporta la pérdida de seis (6) vidas y dos (2) heridos.

Figura 2.53. Localización eventos de avenidas torrenciales



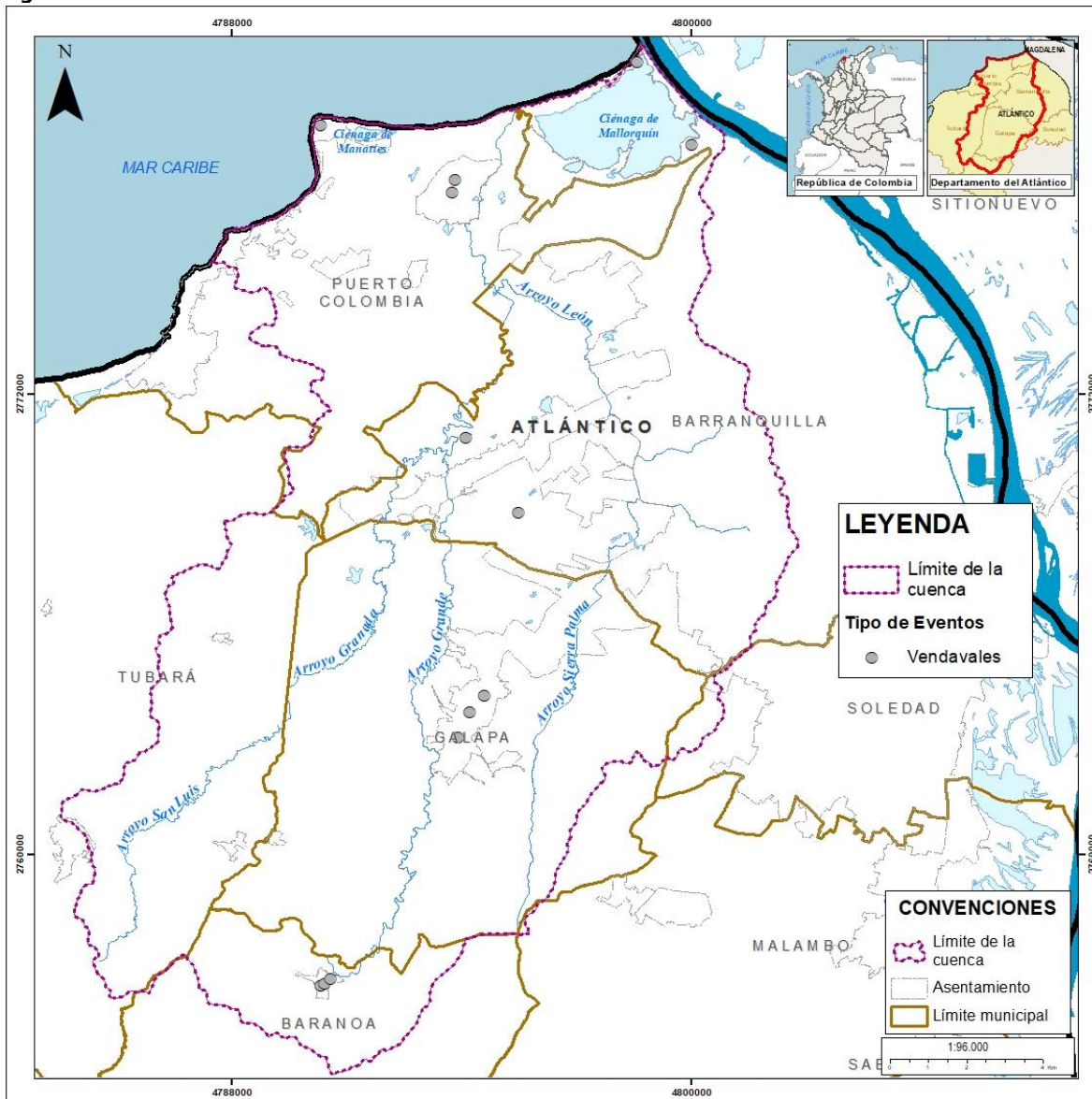
Fuente: El Consorcio, 2025

Si bien los eventos han sido catalogados como avenidas torrenciales, existe la posibilidad, basada en la descripción de los eventos y sus afectaciones, de que estén relacionados con marejadas. Esta hipótesis será objeto de una verificación durante la fase de diagnóstico.

2.3.5. Vendavales

Los vendavales se posicionan como el segundo evento con mayor recurrencia en la cuenca, representando el 21% del total de registros. Su presencia se extiende a todas las entidades territoriales, aunque concentra el mayor número de reportes en los municipios de Barranquilla y Soledad, los cuales dada su densidad poblacional tienen un mayor número de elementos expuestos. Le siguen los municipios de Baranoa y Galapa y por último Puerto Colombia y Tubará.

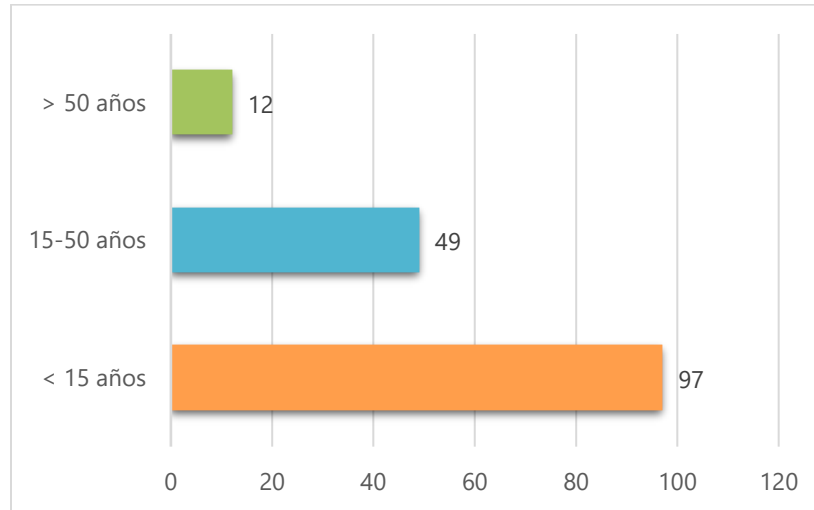
Figura 2.54. Localización eventos de vendavales



Fuente: El Consorcio, 2025

En los últimos 15 años, se han presentado el 61% de los eventos registrados, con un impacto significativo en la población y la infraestructura. Un total de 11.909 viviendas resultaron afectadas, al igual que 37 centros educativos y 13 centros de salud. Además, 10.380 familias se censaron como damnificadas.

Figura 2.55. Frecuencia de eventos de vendavales



Fuente: El Consorcio, 2025

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PRELIMINAR

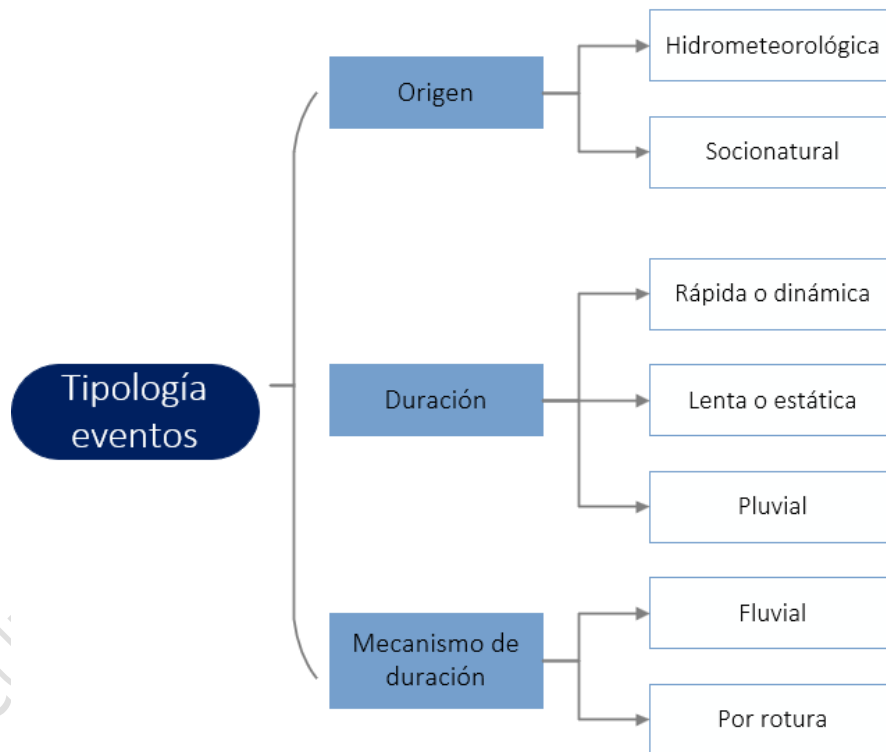
3. EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD

3.1. Inundación

Las inundaciones son eventos hidrológicos recurrentes que pueden ser altamente destructivos y forman parte del proceso natural de evolución de un cauce (IDEAM, s.f.). Ocurren cuando lluvias intensas y prolongadas provocan un aumento gradual en el nivel del agua, superando la capacidad de las orillas naturales o artificiales (IDEAM, s.f.). Como resultado, el agua se desborda y se extiende sobre las planicies de inundación y áreas cercanas a los cuerpos de agua que usualmente permanecen secas (IDEAM, s.f.).

De acuerdo con Acuña y Ordoñez (2018), las inundaciones pueden clasificarse según su origen, duración o mecanismo de generación, como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 3.1. Tipología de los eventos de inundación

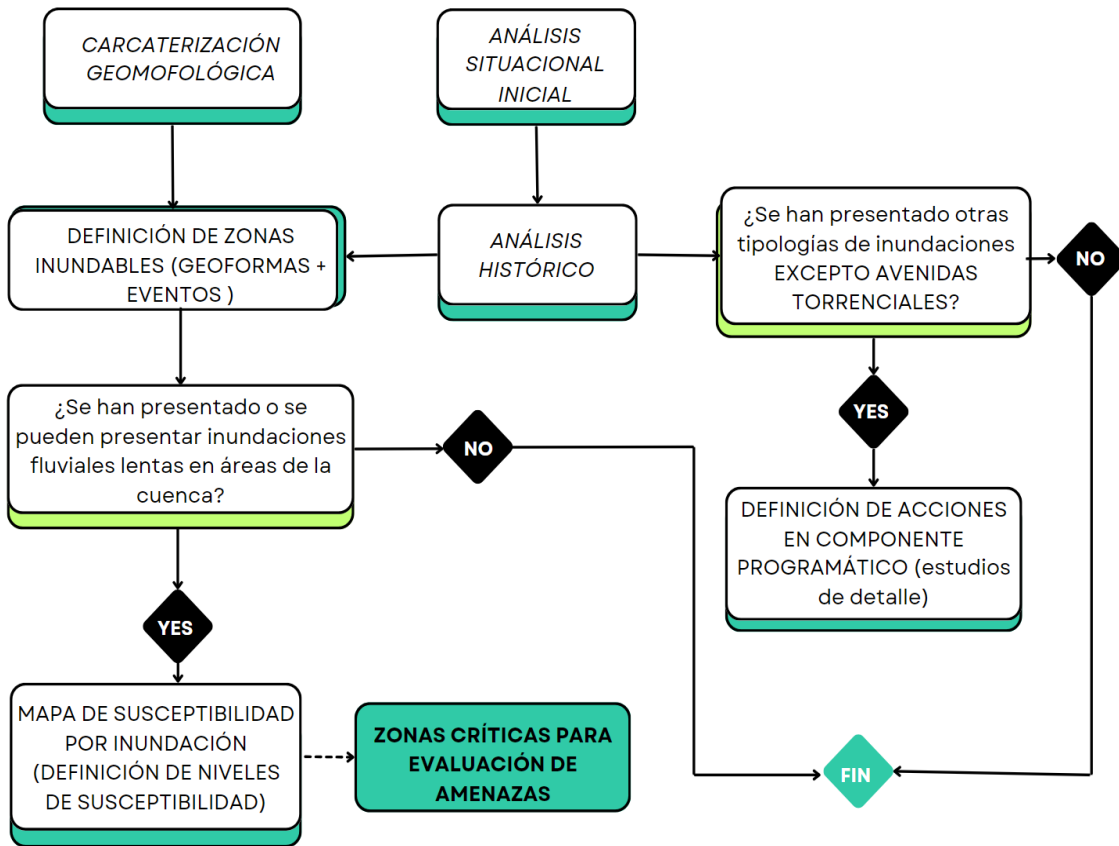


Fuente: El Consorcio, adaptado de Acuña y Ordoñez (2018).

1.1.2. Metodología

En la Figura 3.2 se exhiben los pasos para la evaluación de la susceptibilidad a inundaciones conforme con el *protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuenca hidrográficas* del MINAMBIENTE.

Figura 3.2. Evaluación de la susceptibilidad por inundaciones



Fuente: MINAMBIENTE (2014).

De acuerdo con el diagrama de flujo anterior, el proceso para identificar las áreas susceptibles a inundación comienza con la comparación y validación de los eventos históricos recopilados en la fase de aprestamiento con la información recopilada durante el trabajo de campo. Posteriormente, con base en la interpretación geomorfológica se definen ambientes fluviales y paisajes geomorfológicos asociados a inundaciones.

Se definen las unidades inundables mediante la superposición de los resultados del análisis histórico y geomorfológico. Como resultado de la superposición, se generan las áreas susceptibles a inundación clasificadas en alto, medio y bajo, considerando la recurrencia de eventos históricos y la actividad de las geoformas.

Para la evaluación de la susceptibilidad a inundaciones en la cuenca objeto de ordenación, las variables asociadas a los eventos históricos y caracterización geomorfológica se clasificaron de la siguiente manera:

Tabla 3.1. Categorización de la recurrencia de los eventos de inundaciones

TEMPORALIDAD DEL EVENTO HISTÓRICO	VALOR	CATEGORÍA
Menor a 15 años	3	Alta
Entre 15 y 50 años	2	Media
Mayor a 50 años	1	Baja

Fuente: El Consorcio, adaptado de MINAMBIENTE (2014).

Tabla 3.2. Susceptibilidad a inundación según la geomorfología de la cuenca

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA	VALOR	CATEGORÍA
Geoformas que denotan procesos activos o inundaciones periódicas (ej. valles aluviales, planos de inundación, terrazas bajas, albardón, trenzado, entre otras) y áreas en donde coincidan dos o más puntos o polígonos de eventos históricos.	3	Alta
Geoformas que denotan procesos intermitentes (ej. Terrazas medias, meandros, entre otras), y áreas en donde al menos un punto o polígonos de evento histórico haya sido identificada.	2	Media
Geoformas que denotan procesos antiguos (ej. terrazas altas).	1	Baja

Fuente: El Consorcio, adaptado de MINAMBIENTE (2014).

3.1.2. Variables Utilizadas

3.1.2.1. Análisis Histórico

De acuerdo con la caracterización histórica de eventos amenazantes, las inundaciones son un evento recurrente en el territorio, el cual se presenta de manera periódica durante los periodos de altas precipitaciones. Situación que se ve acrecentada por el taponamiento de las fuentes hídricas, deforestación de los cauces y la generación de desarrollos urbanísticos en las áreas de amortiguación.

Figura 3.3. Residuos sólidos en el Arroyo León

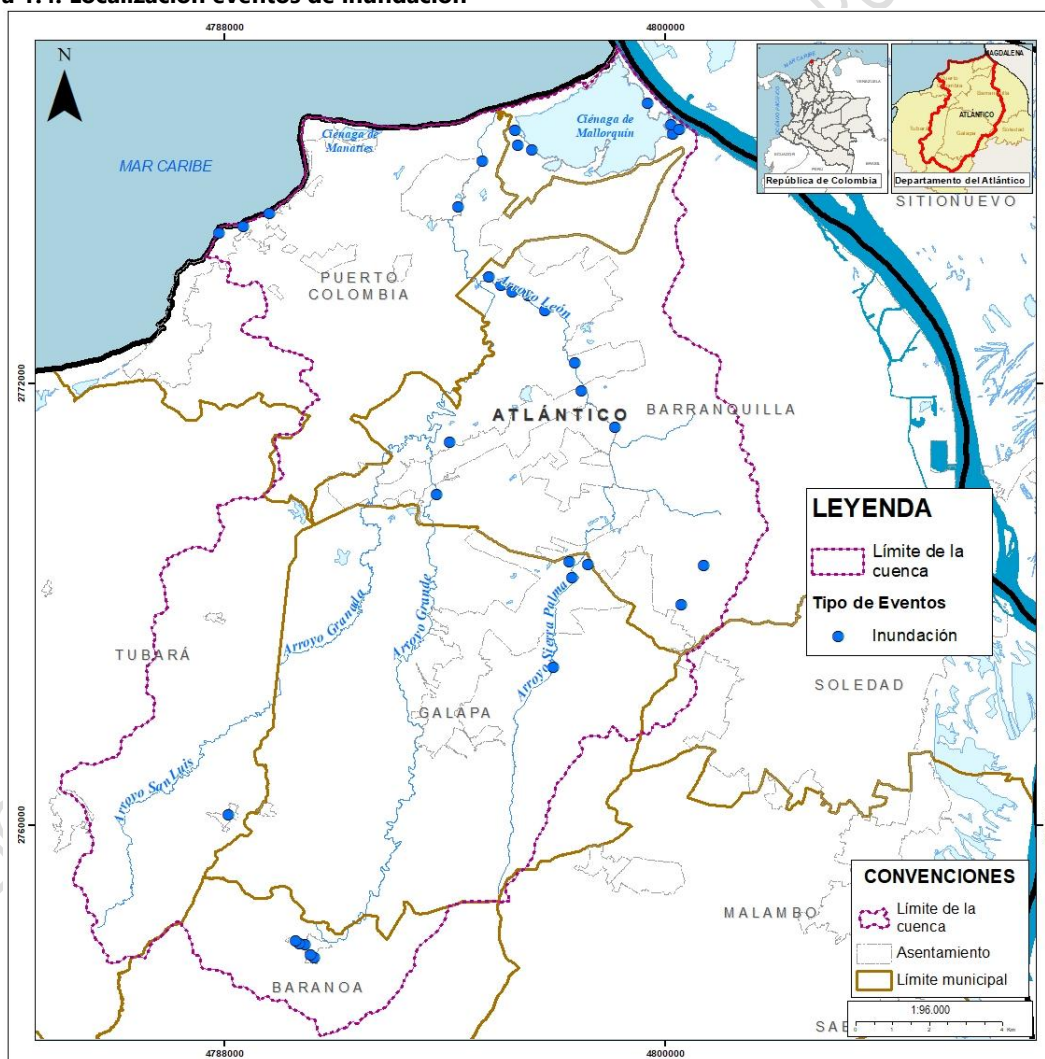


Fuente: Alcaldía de Barranquilla, 2025

Esta problemática fue evidente en la temporada de lluvias del primer semestre de 2025, ya que cuerpos hídricos como el Arroyo León, redujeron la capacidad de regulación dada el volumen de residuos sólidos arrojados a su cauce - que en muchos casos incluía elementos de gran tamaño como camas, muebles y colchones - (Alcaldía de Barranquilla, 2025), afectando a más de 60 personas debido a la ocurrencia de desbordamientos.

La temporalidad de las inundaciones revela que el 31% de los eventos han ocurrido en los últimos 15 años, el 60% en el periodo comprendido entre 1975 y 2010 y el 9% restante con una temporalidad que supera los 50 años. Adicionalmente, los registros compilados se concentran principalmente en los sectores aledaños a los arroyos León, Grande, Sierra Palma y en la ciénaga de Mallorcaín, denotando mayor susceptibilidad a la ocurrencia de inundaciones (Ver Figura 1.4).

Figura 1.4. Localización eventos de inundación



Fuente: El Consorcio, 2025

3.1.2.2. Caracterización Geomorfológica

El análisis geomorfológico indica que la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León, se encuentra ubicada morfológicamente en la geomorfoestructura correspondiente al sistema Orogénico Costero, provincia geomorfológica de los Montes de María. Asimismo, denota la existencia de cinco (5) ambientes morfogenéticos a saber: denudacional, estructural, fluvial, marino y antrópico (Ver Volumen 1. Caracterización de las condiciones biofísicas de la cuenca)

El ambiente fluvial se genera por las influencia de los principales ríos y sus afluentes dentro del área de la cuenca; el denudacional se origina por la acción combinada de proceso moderados a intensos de meteorización y erosión sobre materiales menos competentes; el estructural obedece a la geología estructural de la zona, el marino se construye por el resultado de la interacción de los procesos marinos dentro de la cuenca y el antropogénico se desarrolla por intervención del hombre sobre del terreno.

En la Figura 3.4 y la Tabla 3.3 se representa la clasificación morfogenética de las geoformas del terreno para la cuenca de la Ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León, de acuerdo al sistema de jerarquización propuesto por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2012).

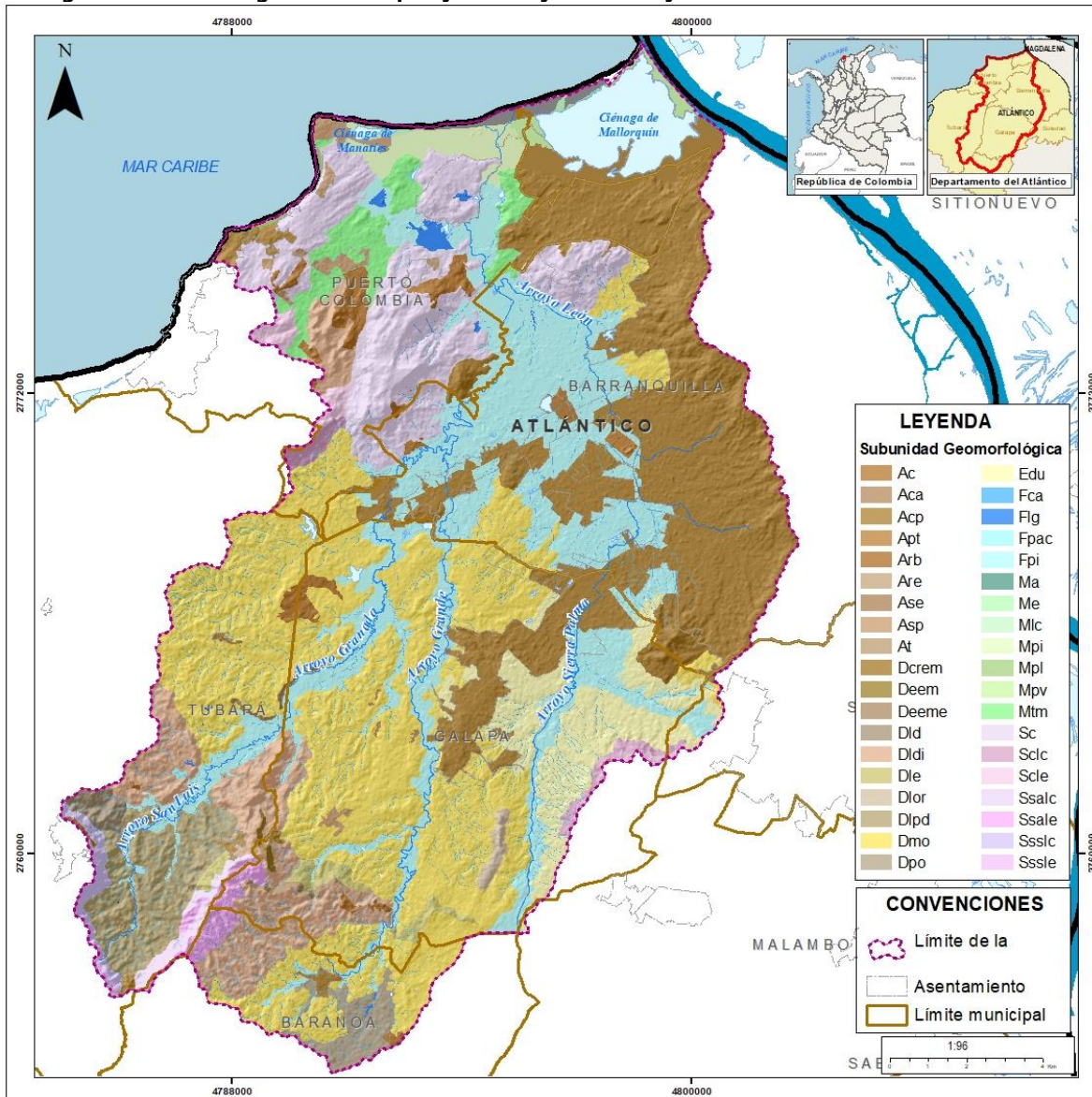
Tabla 3.3. subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León.

GEOMORFO	PROVINCIA	REGIÓN	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO
Orogénico costero	Monte de María	Ambiente Antrópico	Canal artificial	Aca
			Canteras	Ac
			Centros Poblados	Acp
			Excavaciones	Ase
			Planta de tratamiento de aguas residuales	Apt
			Rellenos de basura o rellenos sanitario	Arb
			Relleno de escombros y/o escombreras	Are
			Superficie de explanación	Asp
			Tajamares	At
		Ambiente Denudacional	Cerro remanente o relicto	Dcrem
			Escarpe de erosión mayor	Deem
			Escarpe de erosión menor	Deeme

GEOMORFO	PROVINCIA	REGIÓN	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO
			Ladera erosiva	Dle
			Loma denudada	Dld
			Loma residual	Dlor
			Lomeríos disectados	Dldi
			Lomeríos poco disectados	Dlpd
			Montículo y ondulaciones denudacionales	Dmo
			Planicie ondulada	Dpo
		Ambiente Eólico	Dunas	Edu
		Ambiente Estructural	Cuesta	Sc
			Ladera de contrapendiente de cuesta	Sclc
			Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	Ssalc
			Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	Ssslc
			Ladera estructural de cuesta	Scle
			Ladera estructural de sierra anticlinal	Ssale
		Ambiente Fluvial	Cauce aluvial	Fca
			Laguna	Flg
			Planicie aluvial confinada	Fpac
			Plano o llanura de inundación	Fpi
		Ambiente Marino	Acantilado	Ma
			Espiga	Me
			Laguna costera	Mlc
			Playas	Mpl
			Plano de inundación	Mpi
			Planos y llanuras con vegetación halófila	Mpv
			Terrazas marinas	Mtm

Fuente: El Consorcio 2025.

Figura 3.4. Mapa de subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León.

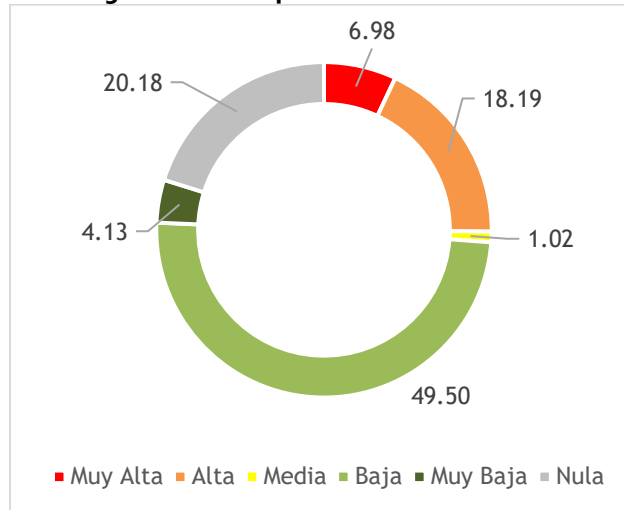


Fuente: El Consorcio 2025.

3.1.3. Resultados Obtenidos

Como resultado del procesamiento de las variables históricas y geomorfológicas mediante el uso de herramientas SIG, se evidenció que el 25,17% de la cuenca presenta susceptibilidad alta y muy alta a las inundaciones, el 53,63% baja y muy baja y el 20,18 nula

Figura 3.5. Porcentaje de las categorías de susceptibilidad a inundaciones

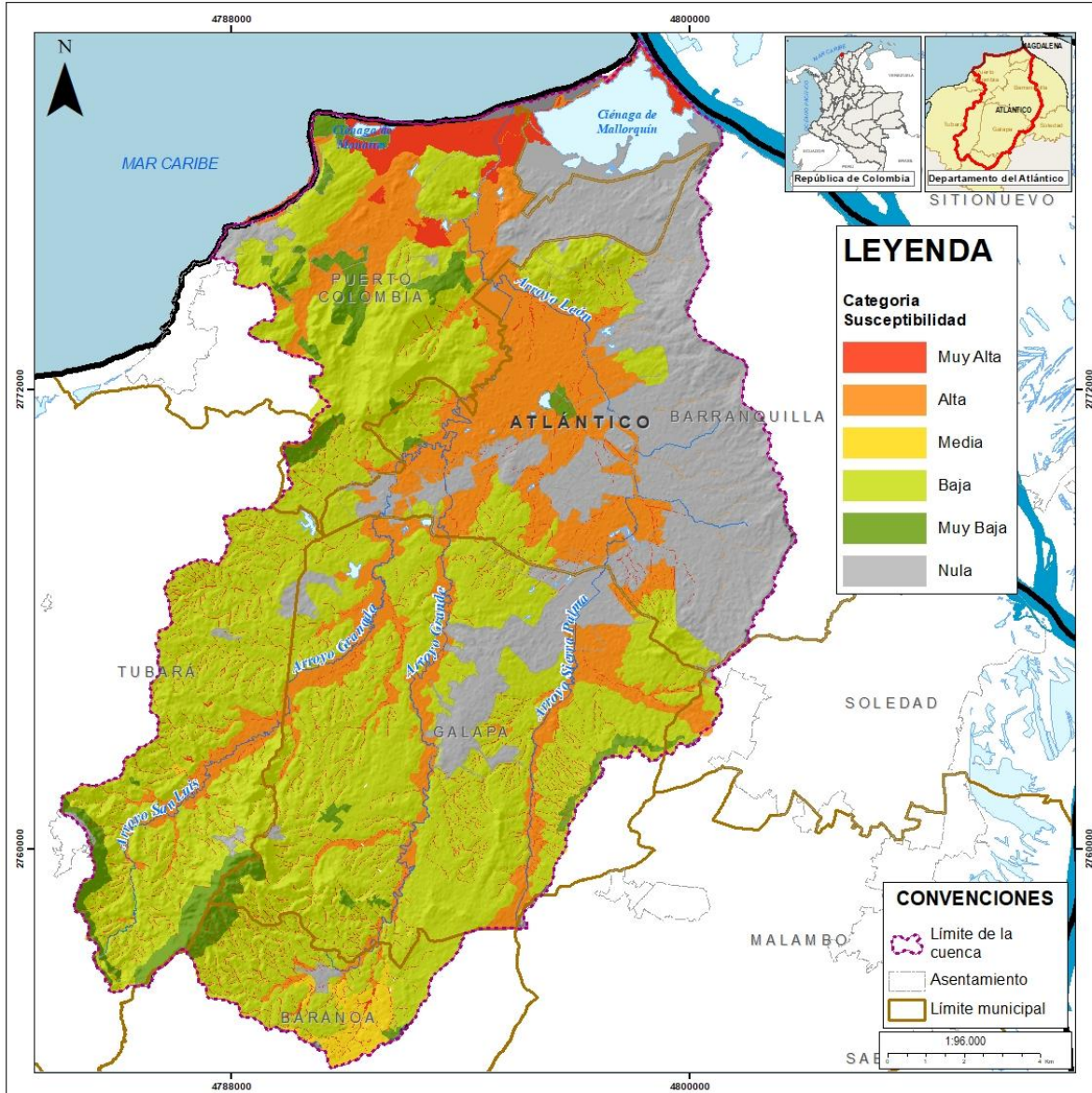


Fuente: El Consorcio 2025.

La categoría de susceptibilidad alta, se presenta en geoformas de origen fluvial o marino originadas por la erosión y acumulación de sedimentos, por acción de las corrientes hídricas, o como resultado de la acción del oleaje y las mareas. Es característica de los procesos que han modelado las geoformas cauce aluvial, laguna, planicies de inundación, planicies aluviales y playas. Se presenta en las veredas La Playa (Puerto Colombia), San Luis (Tubará), Juan Mina (Barranquilla), Pital (Baranoa) y El Pajal, La Sierra, Las Petronitas, Mengua y Sevilla en el municipio de Galapa.

Las mayores extensiones de esta categoría se localizan en áreas circundantes a los arroyos Grande, León, Sierra Palma, San Luis y Granada; así como alrededor de las ciénagas Mallorcaín y Manatías (Ver Figura 3.6).

Figura 3.6. Susceptibilidad a inundaciones



Fuente: El Consorcio 2025.

La susceptibilidad baja comprende los ambientes morfológicos estructural y denudacional, características de las geformas lomeríos disectados, escarpe de erosión, ladera de contrapendiente, ladera estructura y acantilados. Por otro lado, los sectores categorizados como nulos, corresponden a geformas pertenecientes al ambiente antropogénico tales como, planta de tratamiento de aguas residuales, rellenos de basura y escombros.

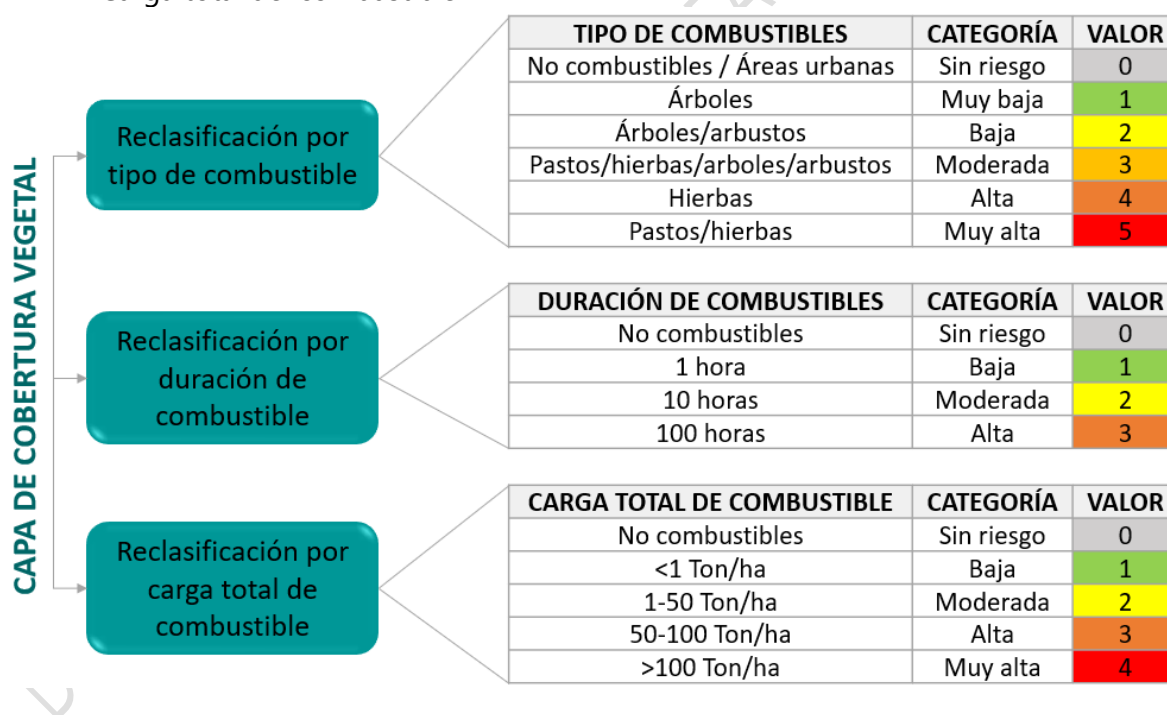
3.2. Incendios de la Cobertura Vegetal

Los incendios de la cobertura vegetal también denominados incendios forestales, son aquellos eventos donde el fuego se expanden sin control en áreas rurales con vegetación. Su inicio y magnitud están estrechamente ligados a factores como el clima, la topografía, la geomorfología, la humedad del suelo y los tipos de plantas presentes (Jaiswal et al., 2002). Estos eventos pueden originarse de manera natural, impulsados por sequías o rayos durante tormentas, o ser provocados por actividades humanas, ya sea de forma intencional, accidental o por descuido (MINAMBIENTE, 2021).

3.2.1. Metodología

El proceso de evaluación de la susceptibilidad inicia con la reclasificación de la capa de cobertura vegetal, acorde con los siguientes criterios:

- ✓ Tipo de combustible
- ✓ Duración de combustible
- ✓ Carga total del combustible



Posterior a la reclasificación, se establece la susceptibilidad de incendios de la cobertura vegetal de la cuenca mediante la siguiente ponderación:

$$SUSC = CAL(tc) + CAL(dc) + CAL(ct)$$

Donde:

SUSC: Susceptibilidad de la vegetación (susceptibilidad bruta)

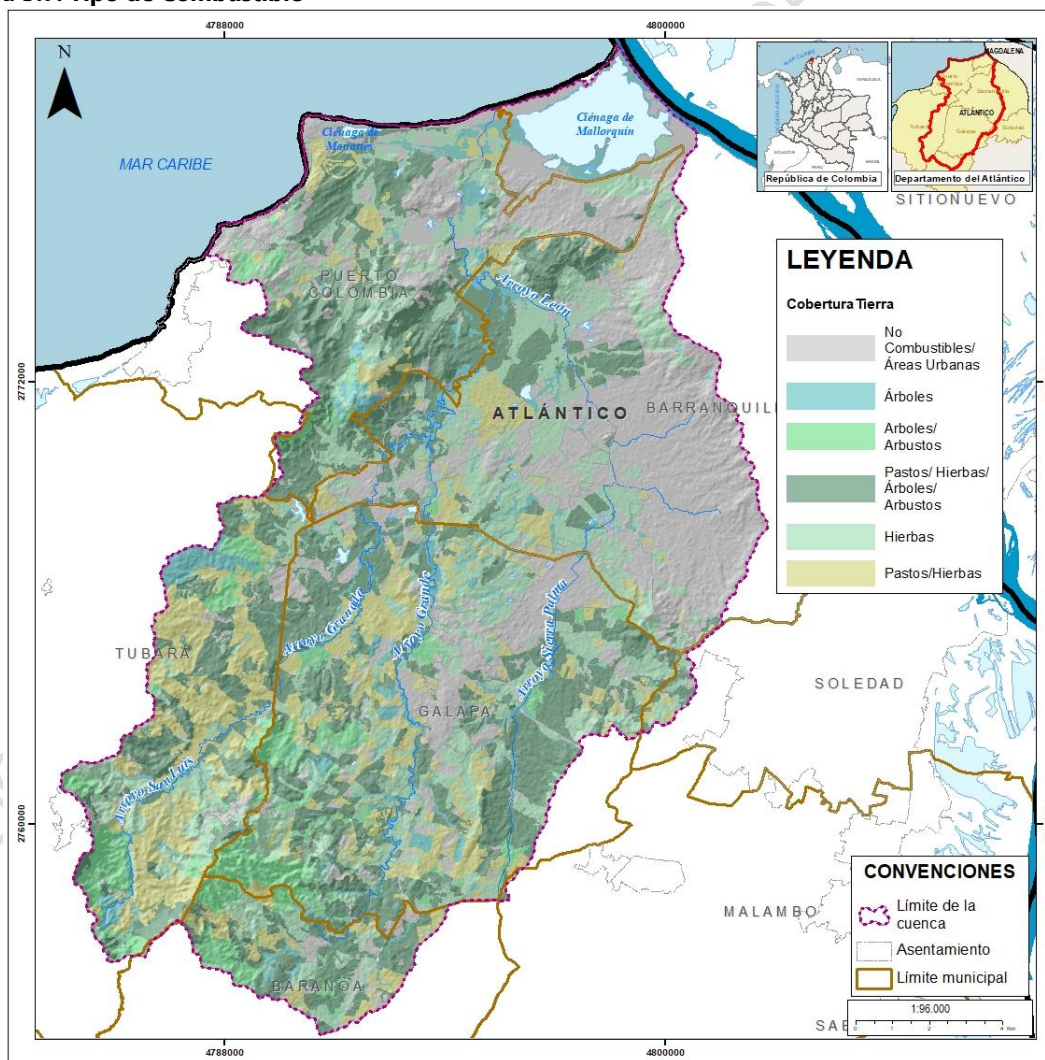
CAL(tc): Calificación del tipo de combustible
 CAL(dc): Calificación de la duración de los combustibles
 CAL(ct): Calificación de la carga total de combustibles

3.2.2. Variables Utilizadas

3.2.2.1. Tipo de Combustible

En la Figura 3.7 se evidencia que la cuenca hidrográfica —principalmente en la parte media— cuenta con vegetación con poca resistencia a los procesos de combustión, dada la predominancia de pastos, hierbas y arbustos. Estas coberturas abarcan el 56,36% de la cuenca, denotando que el territorio en ordenación cuenta con un tipo de vegetación muy susceptible a procesos de ignición.

Figura 3.7. Tipo de Combustible



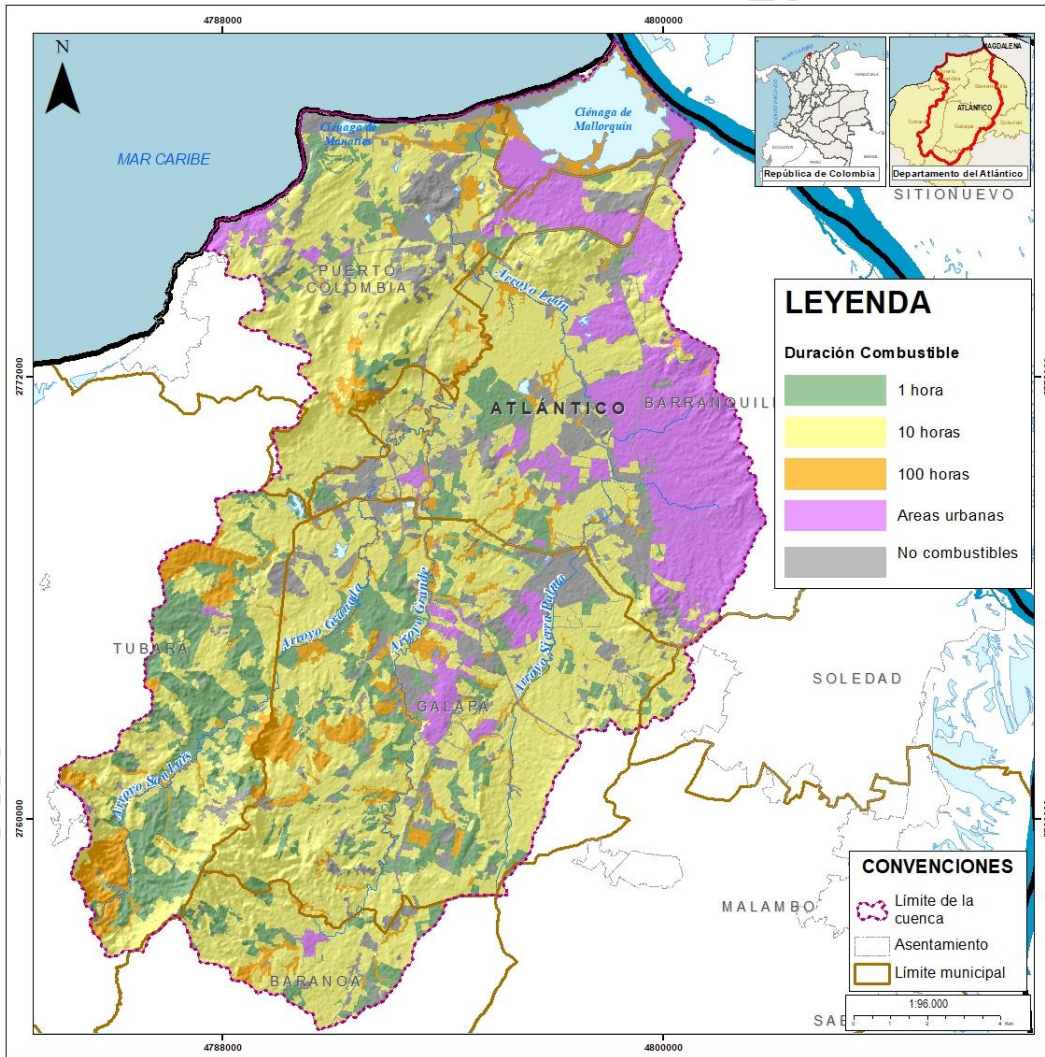
Fuente: El Consorcio 2025.

Las categorías baja y muy baja representan el 11,34%, las cuales están asociadas a la presencia de espacios boscosos. Adicionalmente, las áreas no combustibles representadas por el tejido urbano, áreas industriales, tierras desnudas, cuerpos de agua, red vial y zonas de extracción minera abarcan el 15,07% del territorio.

3.2.2.2. Duración del Combustible

La duración da a conocer la capacidad pirogénica de la vegetación presente en el área de estudio y la magnitud que puede alcanzar el incendio de la cobertura vegetal (Paramo, 2011). En el territorio en ordenación, el 50,37% de la superficie presenta una categoría media, indicando que el proceso de ignición puede demorarse alrededor de 10 horas para consumir todo el material vegetal disponible (Ver Figura 3.8)

Figura 3.8. Duración del Combustible



Fuente: El Consorcio 2025.

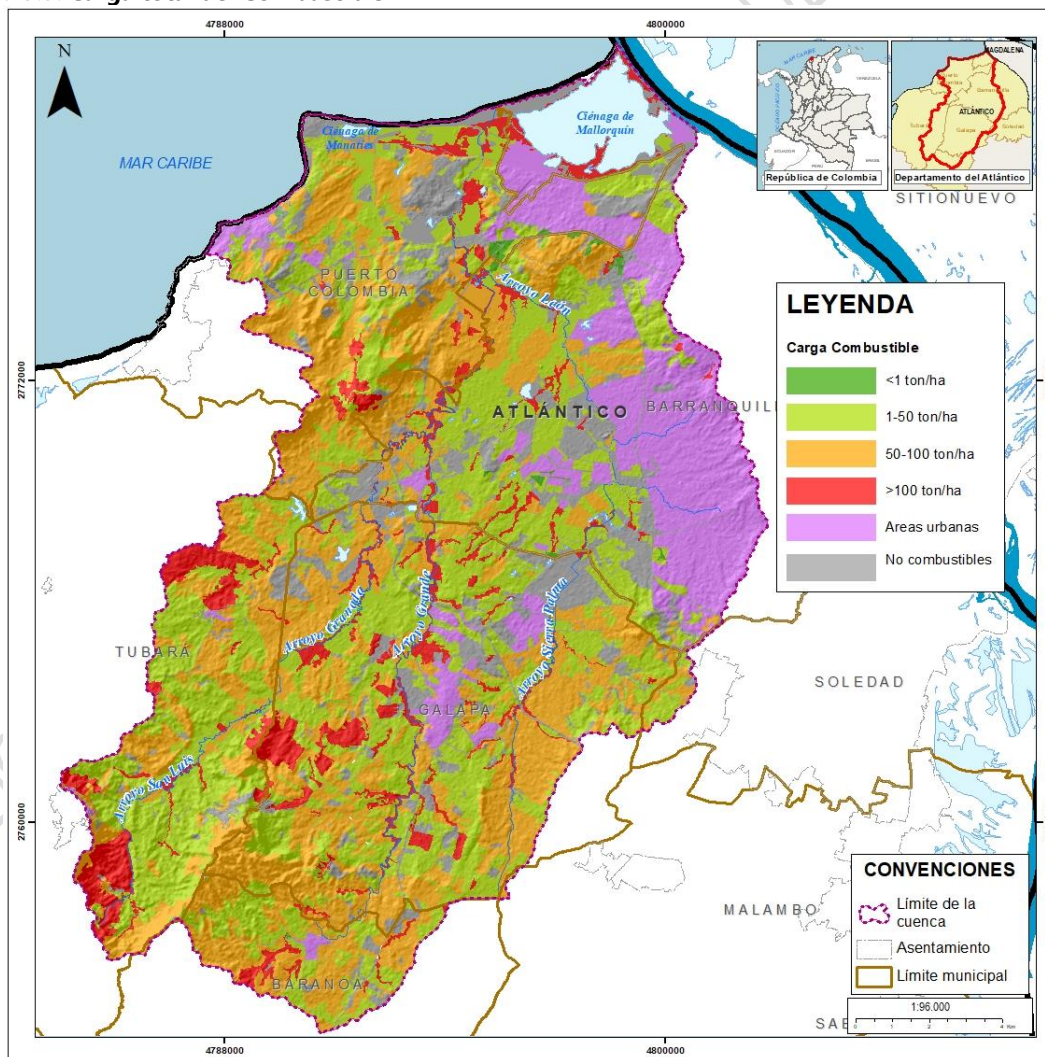
Hacia la parte media y alta de la cuenca, se observan parches de vegetación cuya ignición puede demorarse en extinguirse más de 100 horas, representando el 7,71% de la superficie del territorio.

3.2.2.3. Carga Total del Combustible

La carga total del combustible se refiere a la suma del peso ponderado de cuatro factores que definen la combustión de la vegetación presente en la cuenca, como lo es la altura, el tipo de cobertura, la biomasa aérea total y la humedad contenida en la vegetación (Paramo, 2011).

Los bosques, las plantaciones forestales y los cultivos permanentes arbustivos presentan los mayores rangos de carga de combustible, que para el caso de la cuenca representan tan solo el 7,71% y se distribuyen de manera disgregada a lo largo del territorio (Ver Figura 3.9)

Figura 3.9. Carga total del Combustible



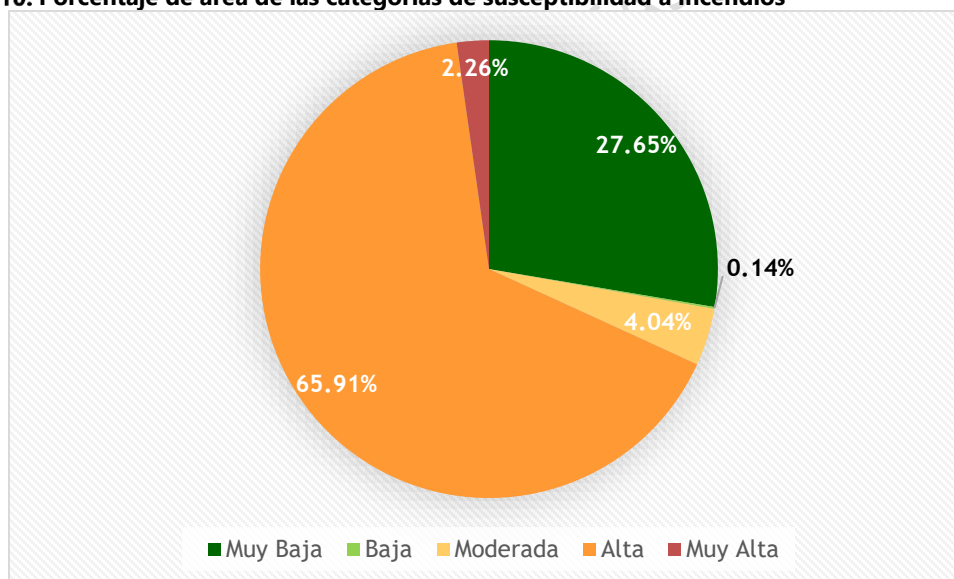
Fuente: El Consorcio 2025.

La categoría predominante es la media abarcando el 33,77% del área, seguido de la categoría alta con el 30,25%. Las coberturas vegetales asociadas a estas categorías son: mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, vegetación secundaria o en transición, oleaginosas y leguminosas, pastos limpios, enmalezados y arbolados y otros cultivos transitorios.

3.2.3. Resultados Obtenidos

Como resultado de la integración de las variables condicionantes de la cobertura vegetal a sufrir un proceso de ignición, se determinó que el 65,91% de la cuenca hidrográfica, presenta susceptibilidad alta a la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Esta condición se debe a la existencia de coberturas muy susceptibles a inicio de eventos de ignición y a su posterior propagación, dada la presencia de materiales con alta carga de combustible.

Figura 3.10. Porcentaje de área de las categorías de susceptibilidad a incendios

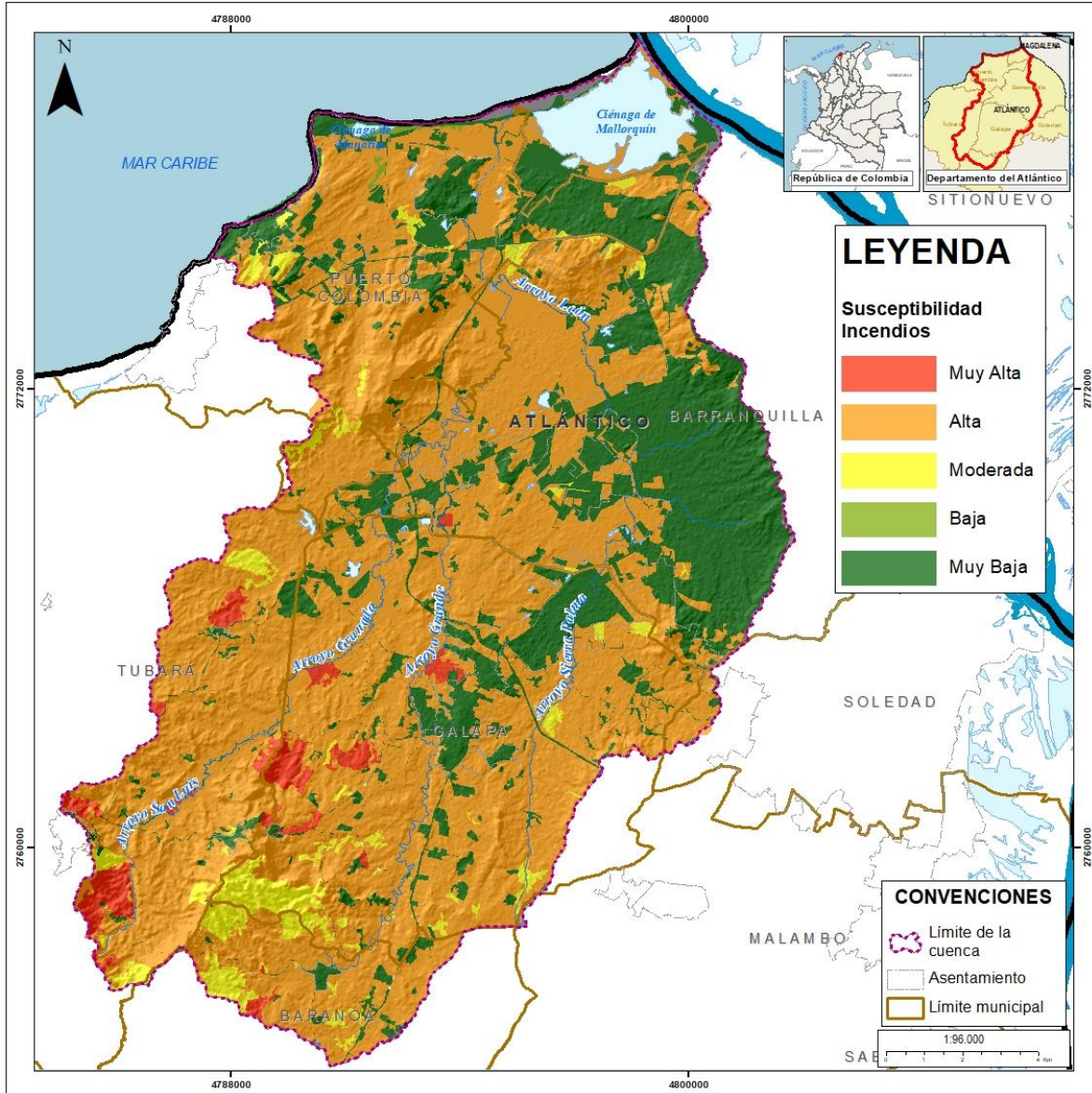


Fuente: El Consorcio 2025.

La categoría media abarca el 4,04% del área y se encuentra representada principalmente por la vegetación secundaria o en transición, la cual posee un potencial de ignición y cantidad de biomasa moderada. Se localiza de manera disgregada en la cuenca, con mayor concentración en la parte alta en jurisdicción del municipio de Galapa (Ver Figura 3.11).

La categoría muy alta está compuesta por coberturas con moderada resistencia a la ignición, moderada capacidad pirógena o alta biomasa, lo cual es característico de los boques fragmentados y mosaicos de pastos y cultivos. Representa el 2,26% de la cuenca.

Figura 3.11. Susceptibilidad a Incendios de la Cobertura Vegetal



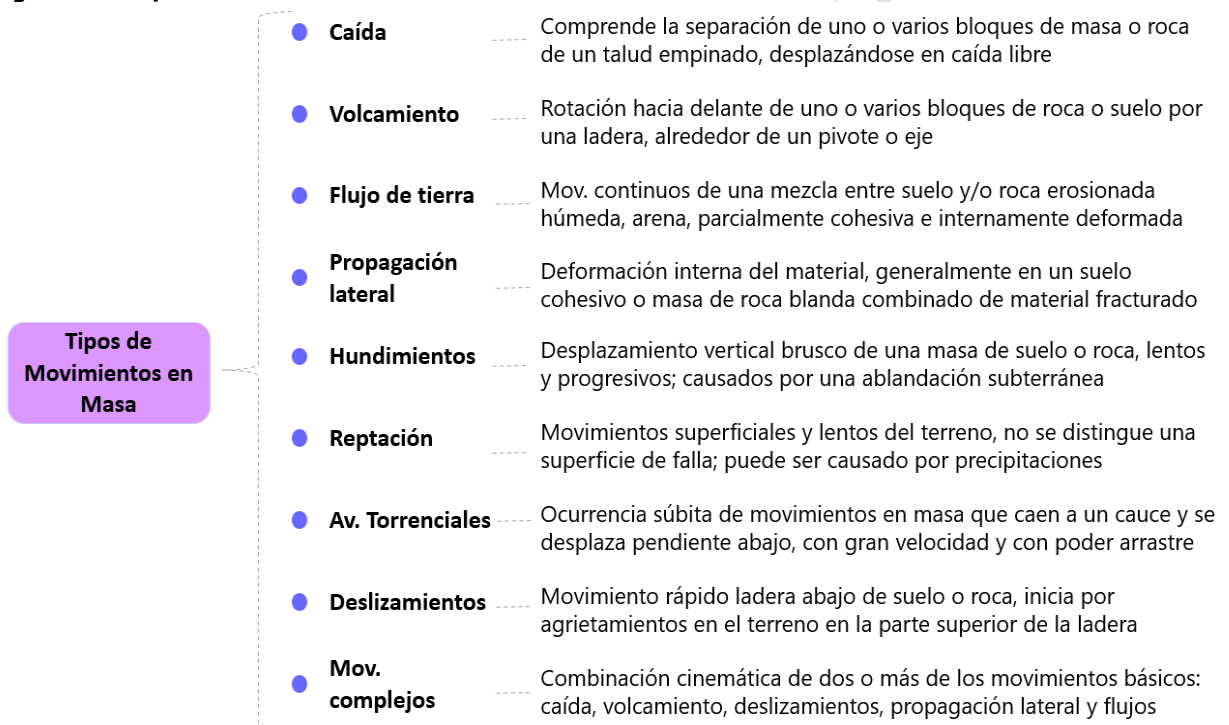
Fuente: El Consorcio 2025.

3.3. Movimientos en Masa

Los movimientos en masa hacen referencia al descenso de rocas, tierra u otros materiales, pendiente abajo. Este fenómeno es impulsado principalmente por la gravedad y se ve influenciado por elementos naturales y antrópicos. Entre estos factores se incluyen las características geológicas del terreno, las intensas lluvias, la actividad sísmica, la forma del relieve, así como actividades como excavaciones, la eliminación de la cobertura forestal, la edificación urbana y otras acciones que ejercen tensión sobre el suelo (Cobos & Salamanca, 2021).

De acuerdo con Varnes (1978), los movimientos en masa se clasifican en 9 tipos como se observa en la Figura 3.12.

Figura 3.12. Tipos de movimientos en masa

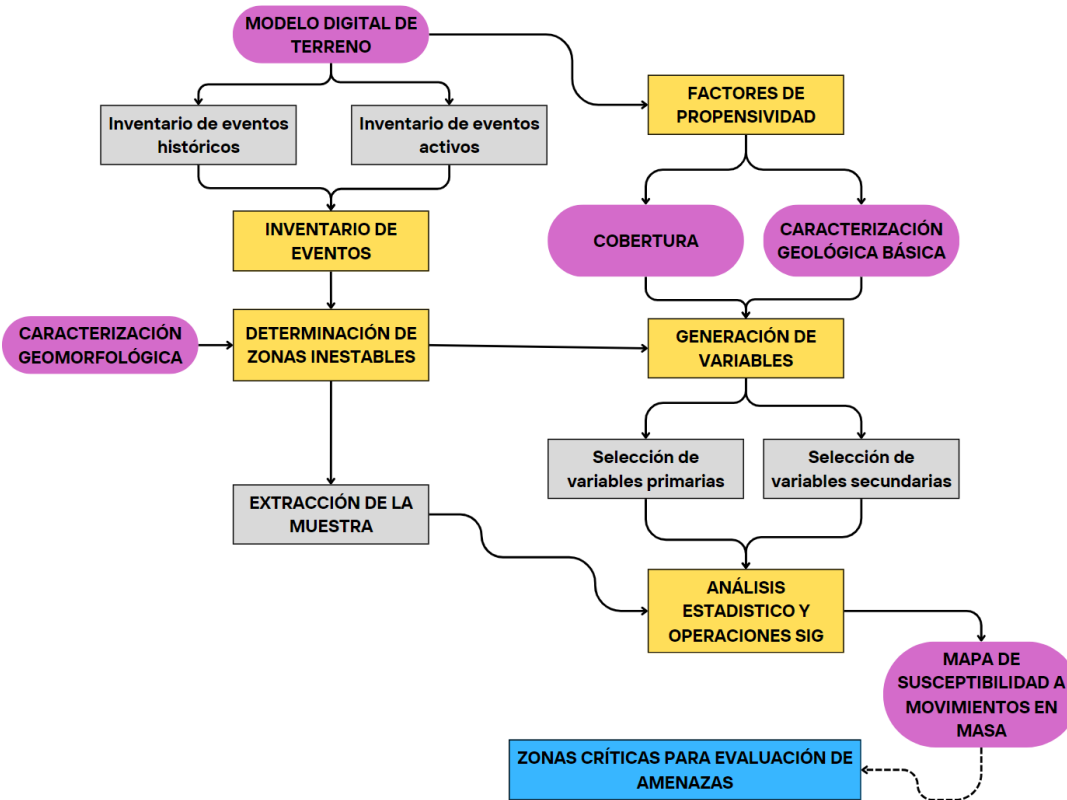


Fuente: Varnes (1978), adaptado de por El Consorcio (2025).

3.3.1. Metodología

En la Figura 3.13 se exhiben los pasos para la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa conforme con el *protocolo para la para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuenca hidrográficas* del MINAMBIENTE.

Figura 3.13. Evaluación de la susceptibilidad por movimientos en masa

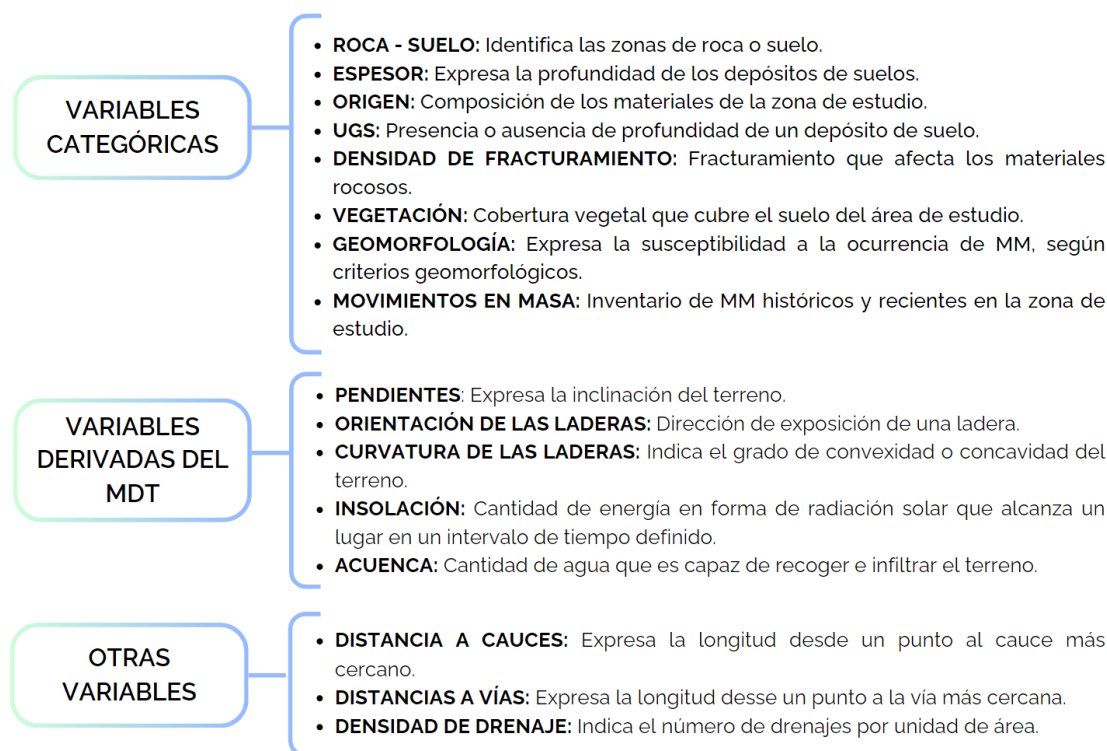


Fuente: El Consorcio, adaptado de MINAMBIENTE (2014).

Los alcances técnicos del protocolo establecen los siguientes pasos para la aplicación del método con los principales elementos:

1. Obtener el modelo digital de terreno (MDT) a partir de la cartografía base.
2. Analizar Inventario de eventos de los diferentes movimientos en masa en la cuenca, obtenidos del catálogo de eventos y del inventario obtenido en campo (eventos activos).
3. Determinar las zonas inestables a partir del inventario de eventos, y la delimitación cartográfica geomorfológica que delimita zonas homogéneas a nivel de subunidad. Las zonas inestables se convierten en la variable de agrupación que se usará para el análisis estadístico y la selección de muestra.
4. Obtener los factores de propensividad de la caracterización de los productos cartográficos de geológica básica y coberturas, se establecen polígonos reclasificados que entran al modelo estadístico.
5. Generar y seleccionar variables de los parámetros geológicos, geomorfológicos, cobertura y uso del suelo y geométricos; de acuerdo con su papel ejercido sobre la inestabilidad del área de terreno, como:

Figura 3.14. Factores de propensividad



Fuente: El Consorcio, 2025

- Realizar el análisis estadístico de las variables independientes, que serán seleccionadas si tienen una distribución normal multivariante con igual matriz de varianza – covarianza para cada unidad de valuación, se aplica posteriormente el análisis discriminante para definir la susceptibilidad del evento (alta, media y baja) y la generación de su respectivo mapa.

3.3.2. Variables Utilizadas

3.3.2.1. Variables categóricas

- Roca – suelo:** Establece el tipo de material que puede ser desplazado ladera abajo ante la ocurrencia de un movimiento en masa. Se clasifica acorde con los valores de la siguiente tabla:

Tabla 3.4. Calificación de roca - suelo

ROCA/SUELO	CALIFICACIÓN
Depósitos sedimentarios	1
Sedimentarias	0
Ígneo intrusivo	0
Vulcano – sedimentarias	0

Fuente: El Consorcio, 2025

En la cuenca hidrográfica predominan las rocas sedimentarias blandas e intermedias resultantes de la sedimentación marina. A su vez, existen unidades de suelo producto del arrastre y/o transporte de sedimentos por el mar, arroyos y acción del viento.

Figura 3.15. Variable Roca-Suelo



Fuente: El Consorcio, 2025

- b) **Espesor:** establece el grosor de los horizontes del perfil de suelo, siendo un indicativo del volumen de material que puede ser movilizado. Esta variable acorde con los criterios establecidos en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Calificación de espesor

ESPESOR (Metros)	CATEGORÍA	CALIFICACIÓN
10 - 20	Baja	1
20 - 30	Media	2
>30	Alta	3

Fuente: El Consorcio, 2025

Las unidades con mayores espesores se distribuyen de manera generalizada en la cuenca media y alta, en los ambientes morfogenéticos estructural y denudacional.

Figura 3.16. Variable Espesor



Fuente: El Consorcio, 2025

- c) **Origen:** se refiere a la composición litológica que indicará las características estructurales del área de estudio, lo cual influye en el proceso de generación de movimientos en masa dadas las diferencias en la resistencia y permeabilidad de las unidades geológicas básicas (MINAMBIENTE, 2014).

El análisis de esta variable se calificará de 1 a 3, siendo 1 la litología de la formación superficial cuya resistencia es mayor y con una meteorización que ocurre a un mayor tiempo, seguido del 2 correspondiendo a rocas de alto grado de meteorización, y, por último, la 3 corresponde a las rocas con meteorización considerable, por ser rocas con baja resistencia al corte y fracturación considerable.

En la Figura 3.17, se presentan los resultados para la cuenca objeto de ordenación.

Figura 3.17. Variable origen



Fuente: El Consorcio, 2025

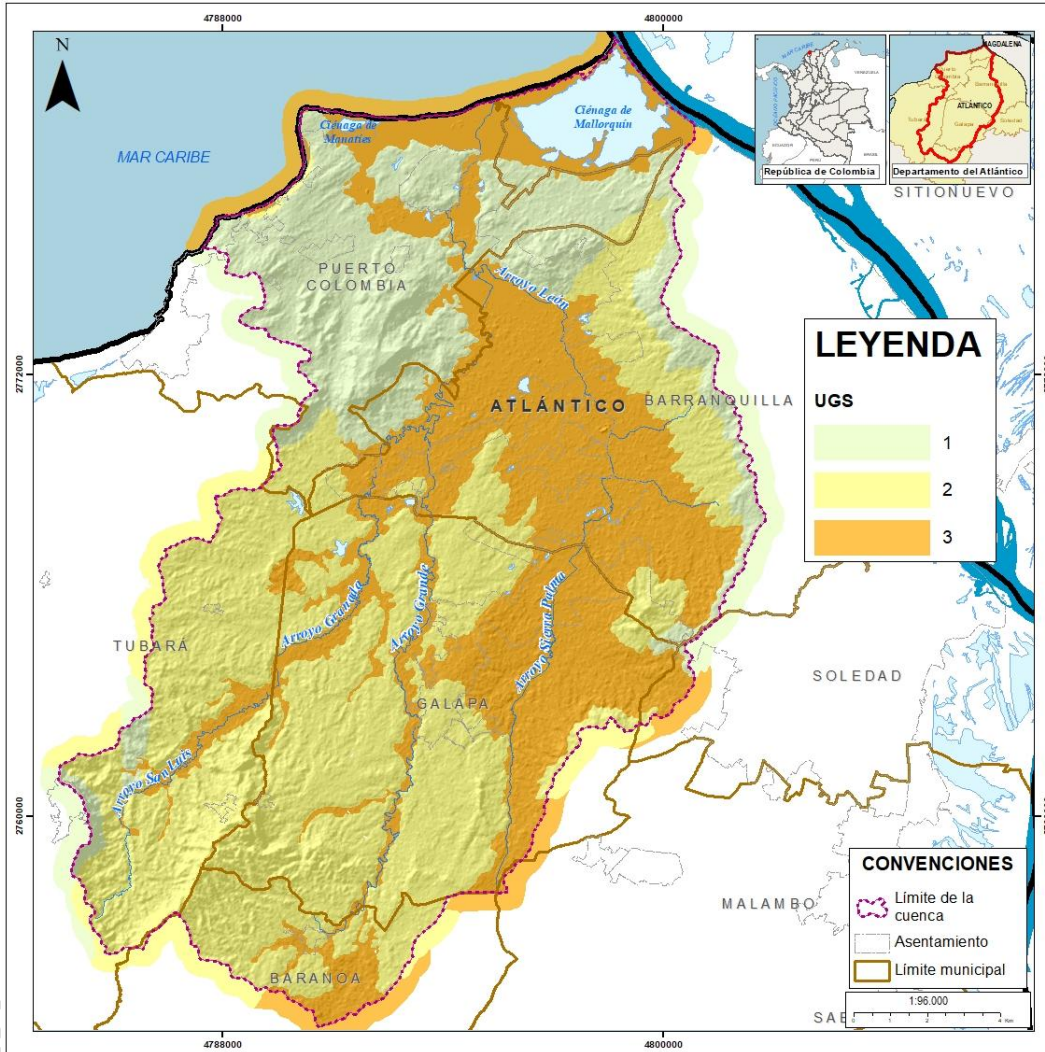
- d) **UGS:** Variable que relaciona el grado de meteorización, ambiente de formación, grado de consolidación natural, densidad, granulometría, plasticidad y humedad de las unidades geológicas identificadas. Se clasificaron en tres (3) categorías, según el grado de propensividad a la ocurrencia de movimientos en masa.

Tabla 3.6. Calificación de UGS

CATEGORÍA	CALIFICACIÓN
Baja	1
Media	2
Alta	3

Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 3.18. Variable UGS



Fuente: El Consorcio, 2025

- e) **Densidad de Fracturamiento:** Relación de la presencia y proximidad de las discontinuidades estructurales. Entre menor sea la distancia de las fallas, existe mayor densidad de fracturamiento, aumentando la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Álzate, Ramírez y Sánchez, 2022). Esta variable está acorde con los criterios establecidos en la Tabla 3.5.

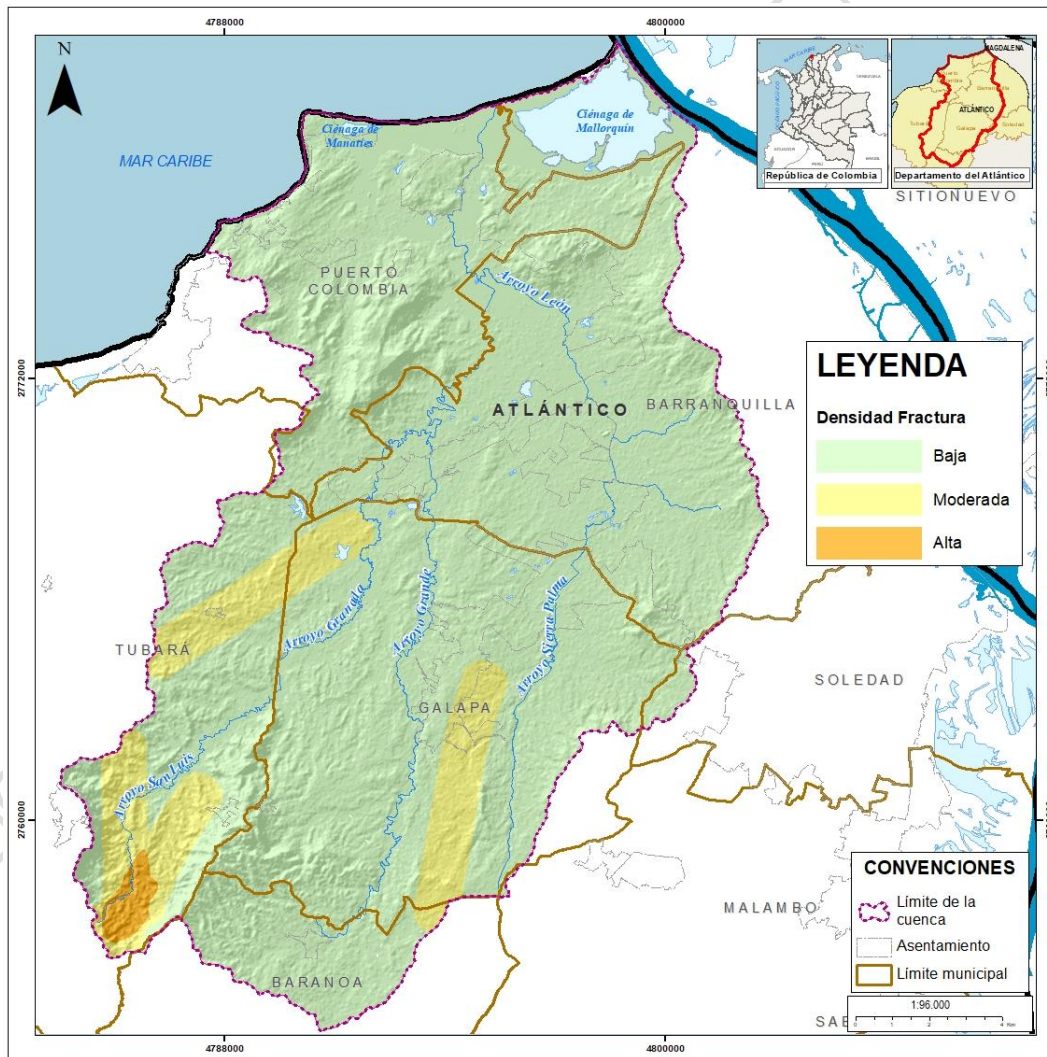
Tabla 3.7. Calificación de densidad de fracturamiento

CATEGORÍA	CALIFICACIÓN
Baja	1
Media	2
Alta	3

Fuente: El Consorcio, 2025

El caribe colombiano hace parte de la deformación originada por la subducción de la Placa Caribe bajo la Placa Suramericana, los rasgos estructurales y las deformaciones tectónicas son resultados de estas dos placas y son las determinantes de los patrones estratigráficos y estructurales, presentados por los bloques tectónicos del norte colombiano (Reyes, Montenegro y Gómez, 2004). En la cuenca, se observa la existencia de las Fallas Usuacuri, Mirador, Paloalto, sinclinal de Sabanalarga y el anticlinal de Sibarco.

Figura 3.19. Variable densidad de fracturamiento



Fuente: El Consorcio, 2025

- f) **Vegetación:** El tipo de cobertura vegetal presente en el área de estudio se tiene en cuenta para determinar la estabilidad del terreno, la humedad retenida en el suelo, la infiltración de agua y la presencia de raíces que puedan generar protección a la erosión (MINAMBIENTE, 2014).

La vegetación puede influir de manera beneficiosa o adversa en la estabilidad de las laderas, dependiendo de cómo actúen dichos mecanismos; por ejemplo, la presencia de raíces aumenta la resistencia del suelo.

Para la cuenca hidrográfica, se realizó la calificación de la propensividad de la vegetación a la generación de movimientos en masa, acorde con la clasificación de las coberturas nivel 3, de acuerdo con los criterios expuestos a continuación:

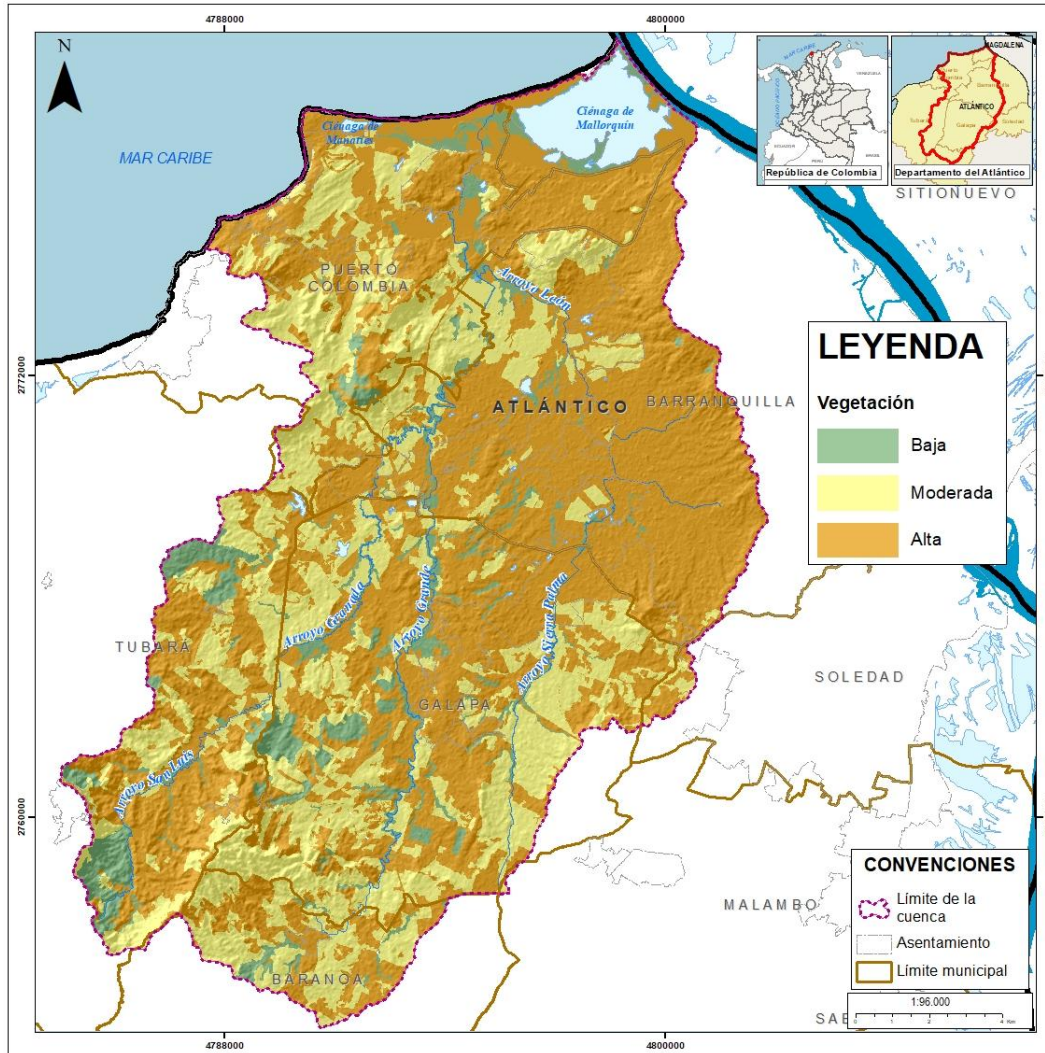
Tabla 3.8. Calificación vegetación

TIPO DE COBERTURA	CALIFICACIÓN
Bosque de galería y/o ripario	3
Bosque denso	3
Bosque fragmentado	3
Arbustal	2
Cultivos agroforestales	2
Cultivos permanentes arbustivos	2
Mosaico de cultivos	2
Mosaico de cultivos y espacios naturales	2
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2
Mosaico de pastos con espacios naturales	2
Mosaico de pastos y cultivos	2
Pastos arbolados	2
Cuerpos de agua artificiales	1
Cultivos confinados	1
Herbazal	1
Pastos enmalezados	1
Pastos limpios	1
Tejido urbano continuo	1
Tejido urbano discontinuo	1
Tierras desnudas y degradadas	1
Zonas de extracción minera	1
Zonas industriales o comerciales	1

Fuente: El Consorcio, 2025

En la Figura 3.20 se evidencia la predominancia de pastos, hierbas y arbustos en territorio, situación que no favorece la escorrentía superficial, facilitando la saturación del suelo, el cual es un factor desencadenante de movimientos en masa

Figura 3.20. Variable vegetación

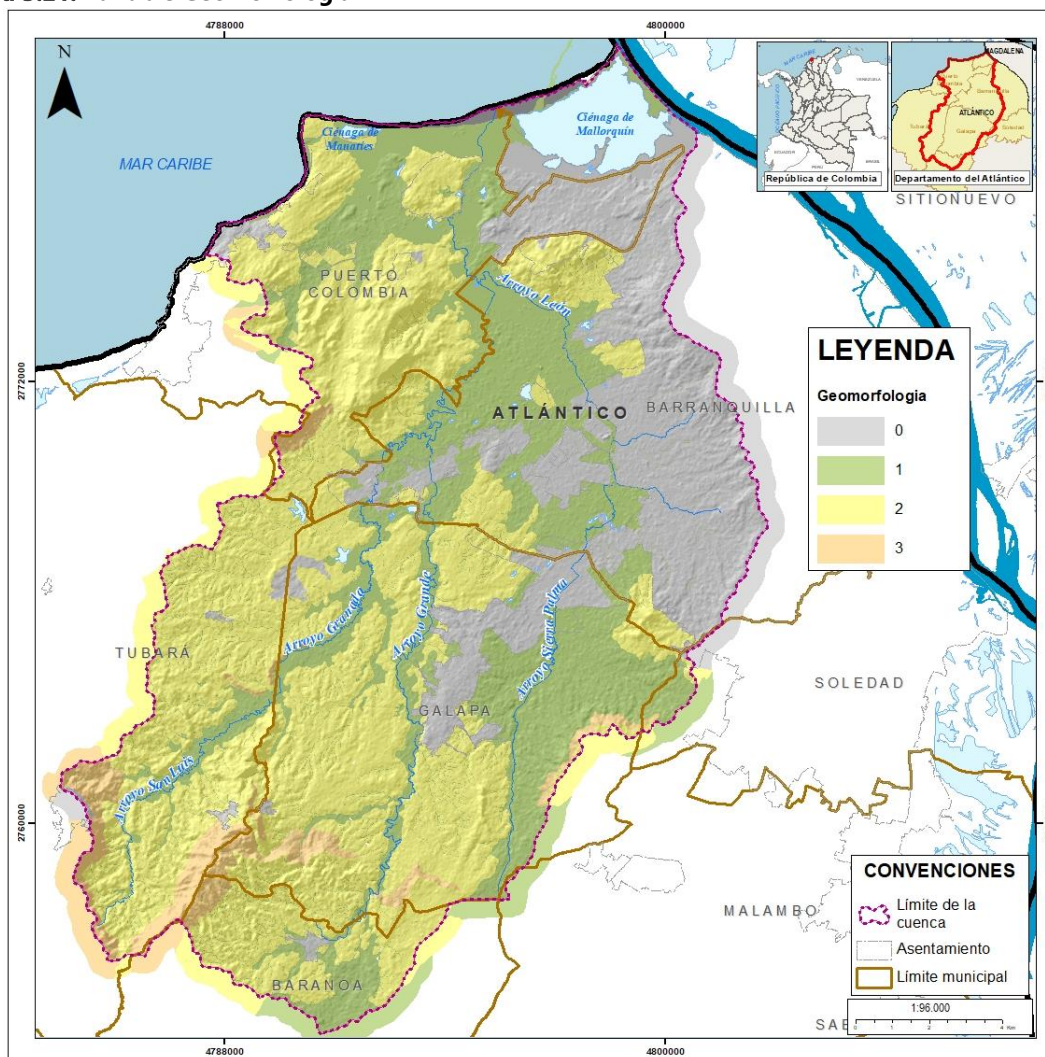


Fuente: El Consorcio, 2025

- g) **Geomorfología:** Determina las geoformas de la cuenca, la definición y caracterización de los procesos morfodinámicos y los fenómenos naturales conexos, estableciendo las condiciones morfogenéticas, siendo de gran importancia el conocimiento sobre la estabilidad del talud (MINAMBIENTE, 2014).

En la Figura 3.21, se presenta la clasificación de la categoría de propensividad a la inestabilidad según los criterios geomorfológicos.

Figura 3.21. Variable Geomorfología



Fuente: El Consorcio, 2025

- h) **Movimientos en Masa:** establece la presencia o ausencia de movimientos en masa en el territorio con base a la consulta de los eventos históricos o activos.

De acuerdo con el recorrido de campo, en la cuenca se identificó la presencia de movimientos rotacionales, traslacionales y reptaciones, los cuales son detonados por periodos intensos de precipitación, aunados a procesos antrópicos como la deforestación de las laderas. En la se resumen las principales características de los eventos identificados.

Tabla 3.9. Movimientos en masa identificados en campo

Coordenadas		Altura (msnm)	Ref. Geográfico		Característica Movimientos en Masa			
N	E		Municipio	Vereda	Tipo	Subtipo	Tipo de Material	Causas
2758142	4788623	206	Baranoa	Pital	Reptaciones	Continuas	Roca	NA

Coordenadas		Altura (msnm)	Ref. Geográfico		Característica Movimientos en Masa			
N	E		Municipio	Vereda	Tipo	Subtipo	Tipo de Material	Causas
2757862	4788991	175	Baranoa	Pital	Reptaciones	Continuas	Roca	NA
2757455	4789387	160	Baranoa	Pital	-	-	-	Lluvias - Deforestación
2756866	4784550	222	Tubará	San Luis	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2756892	4784874	193	Tubará	San Luis	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2756916	4784943	174	Tubará	San Luis	Deslizamiento - Reptaciones	Rotacional - Continuas	Roca	Lluvias - Ganadería
2757462	4785466	147	Tubará	San Luis	Reptaciones	Continuas	Roca	NA
2757959	4785326	124	Tubará	San Luis	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2757923	4785391	122	Tubará	San Luis	Reptaciones	Continuas	Roca	Lluvias - Socavación
2757326	4787697	206	Baranoa	Pital	Reptaciones	Continuas	Roca	Lluvias - Socavación
2759898	4790725	107	Galapa	Mengua	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2760540	4784358	190	Tubará	San Luis	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2760634	4784967	117	Tubará	San Luis	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2760327	4787836	144	Tubará	San Luis	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2760468	4788193	175	Tubará	San Luis	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2760340	4788229	179	Tubará	San Luis	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2763969	4786478	106	Tubará	San Luis	Reptaciones	Continuas	Roca	Lluvias
2775503	4788655	50	Puerto Colombia	La Playa	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias
2776187	4787864	5	Puerto Colombia	La Playa	Deslizamiento	Traslacional	Roca	Lluvias
2756898	4790725	116	Baranoa	Pital	Deslizamiento	Rotacional	Roca	Lluvias - Socavación

Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 3.22. Reptaciones sobre rocas de la formación Hibácharo, en la vía Sibarco – Pital de Megua.



Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 3.23. Deslizamiento rotacional sobre rocas de la formación Hibácharo, que afecta la vía Sibarco – Pital de Megua.



Fuente: El Consorcio, 2025

3.3.2.2. Variables derivadas del MDT

- a) **Pendiente:** La pendiente es ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal, su importancia en los movimientos en masa radica en la influencia del factor sobre la estabilidad del suelo como factor geométrico (Álzate, Ramírez y Sánchez, 2022). Fue clasificada acorde con los rangos establecidos por el Servicio Geológico Colombiano.

A continuación se muestran los resultados para la cuenca objeto de ordenación.

Figura 3.24. Variable Pendiente



Fuente: El Consorcio, 2025

Tabla 3.10. Calificación de pendiente

RANGO (°)	CATEGORÍA	TIPO DE PENDIENTE
Menor a 2,5	1	Plana

RANGO (°)	CATEGORÍA	TIPO DE PENDIENTE
2,5 – 5	2	Suavemente inclinada
5 – 10	3	Inclinada
10 – 20	4	Muy inclinada
20 – 30	5	Abrupta
30 – 45	6	Muy abrupta
45 – 60	7	Escarpada
Mayor a 60	8	Muy escarpada

Fuente: SGC, 2013.

- b) **Orientación de las laderas:** La orientación de las laderas indica, de manera indirecta, la cantidad de humedad en el componente de suelo, debido a que se relaciona con evaporación por la exposición solar y del viento que llega al área de la cuenca (Moragues, 2019).

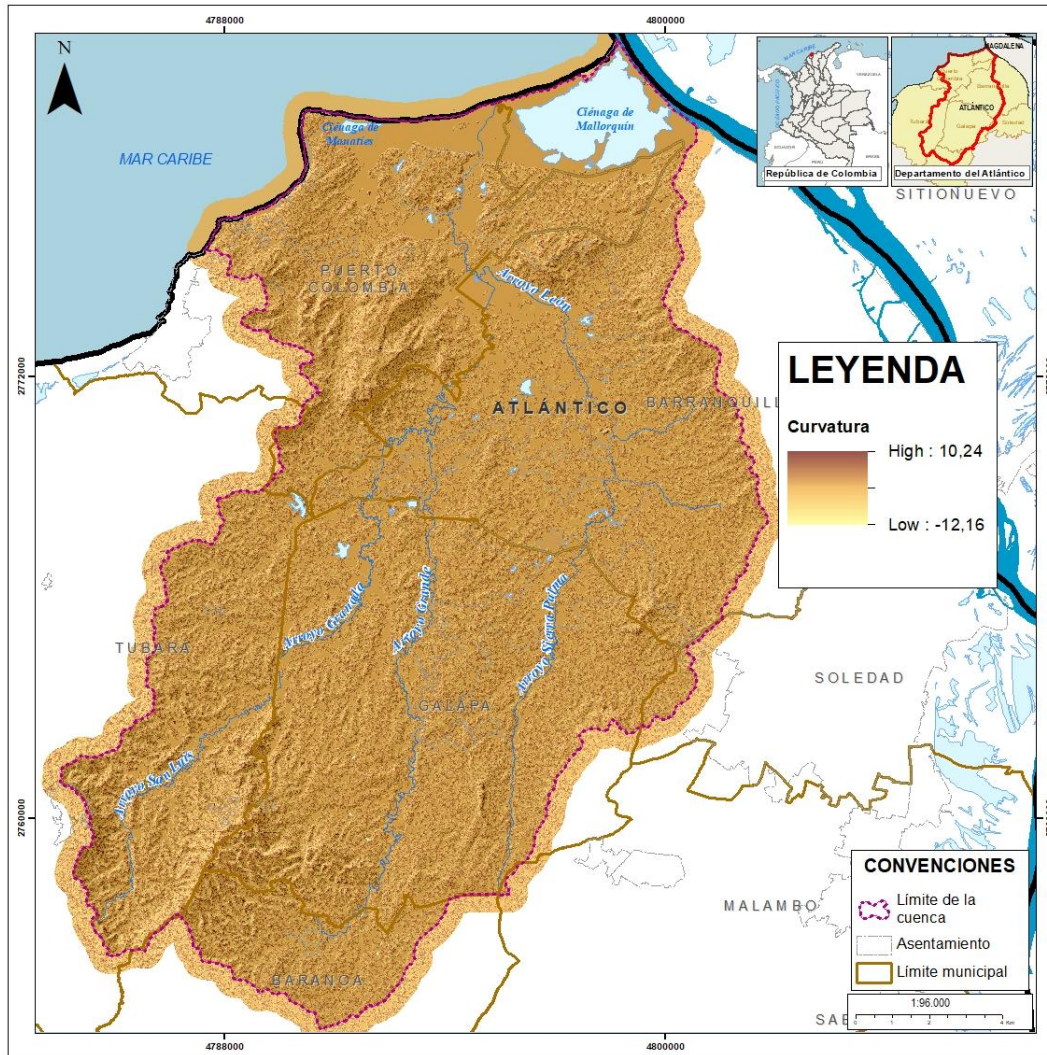
Figura 3.25. Variable orientación de las laderas



Fuente: El Consorcio, 2025

- c) **Curvatura:** La curvatura corresponde a la tasa de cambio de la pendiente, se relaciona a los movimientos en masa por el grado de concentración del drenaje superficial, el cual aumenta en las zonas con mayor concavidad (Moragues, 2019).

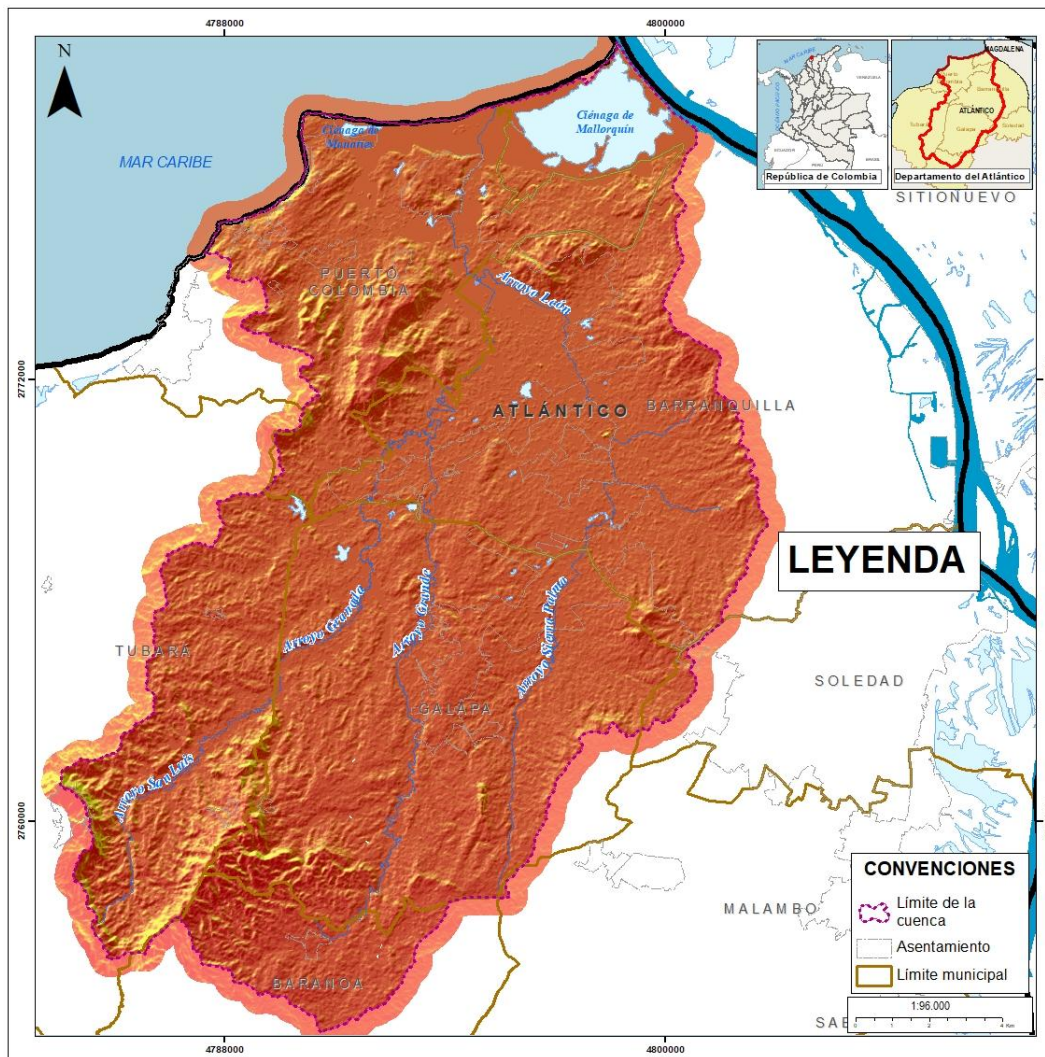
Figura 3.26. Variable curvatura



Fuente: El Consorcio, 2025

- d) **Insolación:** La insolación es el coeficiente de iluminación o intensidad reflejada de la superficie terrestre, se relaciona con las condiciones de humedad superficial presente en el área de la cuenca; indicando el tiempo en que cada punto a evaluar se encuentra a la sombra (Álzate, Ramírez y Sánchez, 2022).

Figura 3.27. Variable insolación



Fuente: El Consorcio, 2025

- e) **Acumulación de la cuenca:** exhibe la cantidad de agua que es capaz de recoger e infiltrar en el terreno. A mayor infiltración, mayor probabilidad de producir roturas. Se obtiene a partir de la dirección del flujo, el cual permite posteriormente calcular la acumulación por cada celda del DEM.

Figura 3.28. Variable acumulación

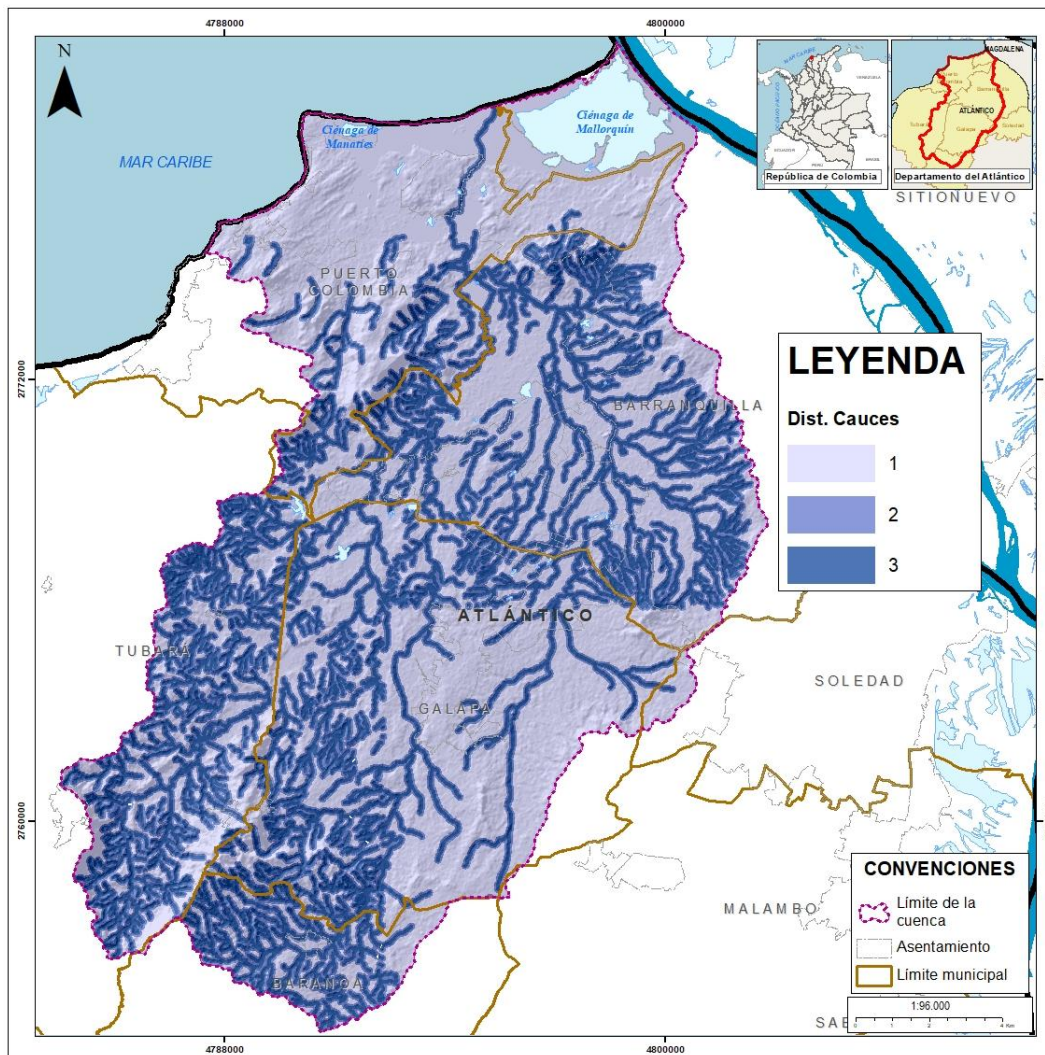


Fuente: El Consorcio, 2025

3.3.2.3. Otras Variables

- a) **Distancia a cauces:** relación de proximidad de la red de drenaje, cuya presencia favorece la ocurrencia de movimientos en masa por inflación o acumulación de agua, e incidir en los procesos erosivos que puedan generar socavamiento lateral en las márgenes laterales o en el área de la cuenca.

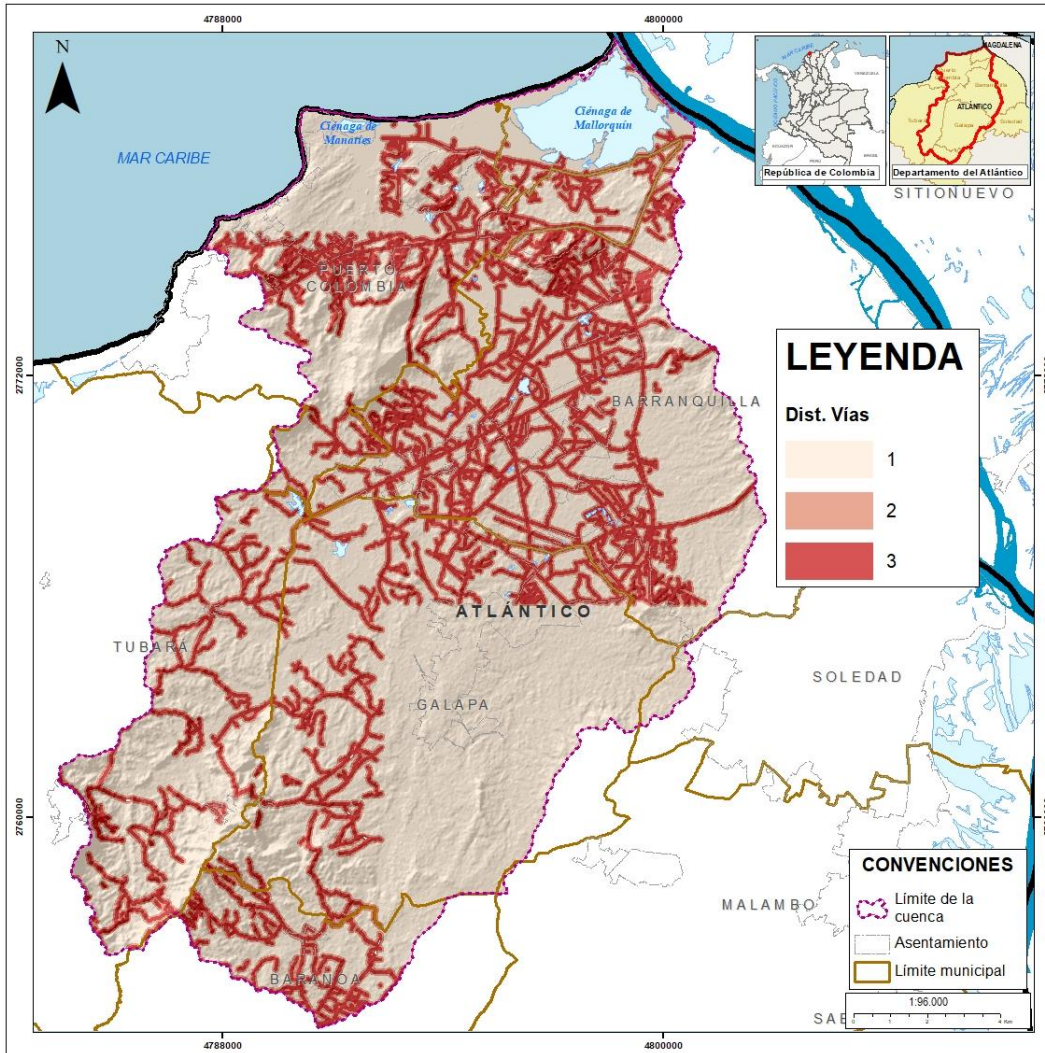
Figura 3.29. Variable Distancia a cauces



Fuente: El Consorcio, 2025

- b) **Distancia a Vías:** relación de proximidad a la red vial. Las intervenciones a los taludes para la configuración de las vías, genera cambios en la morfología de la unidad, posibilitando la aparición de condiciones inestables en el terreno.

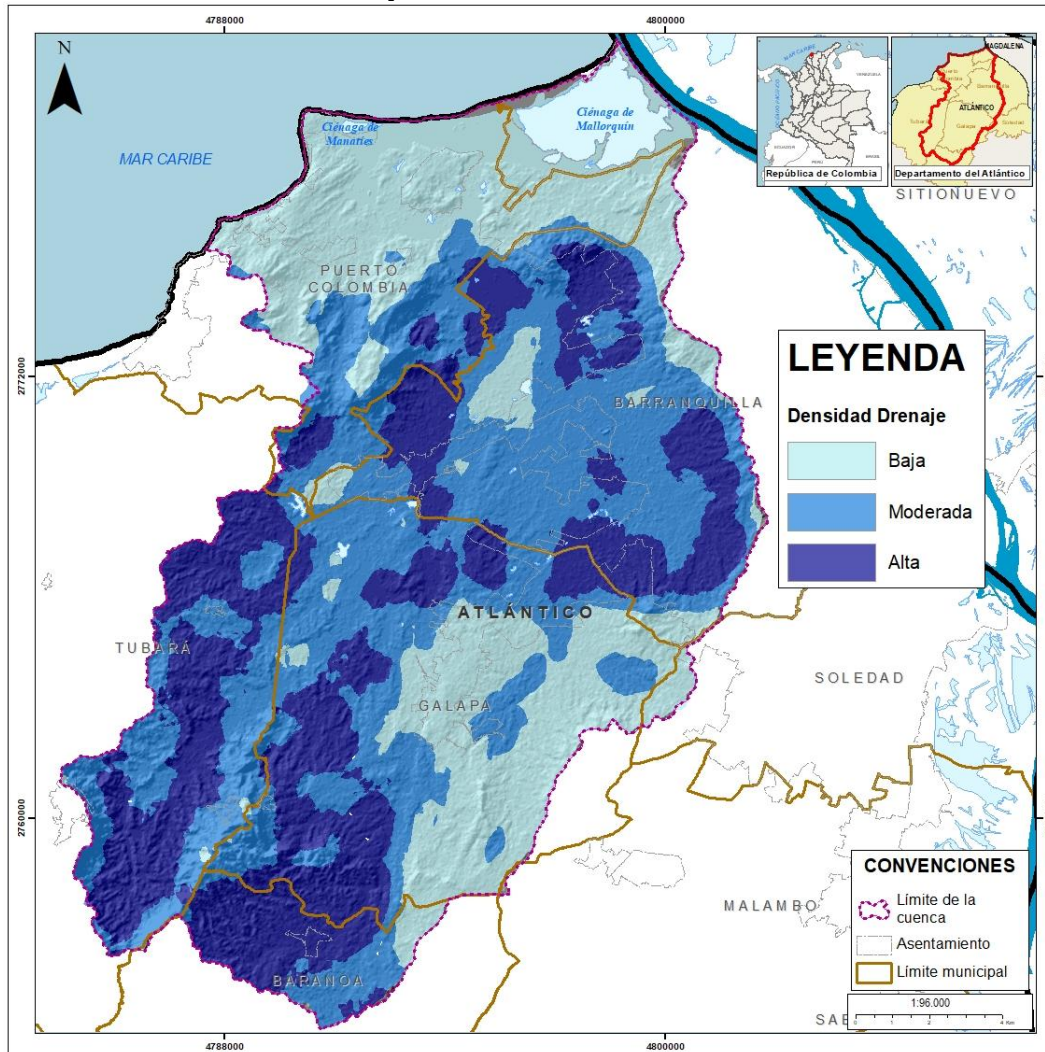
Figura 3.30. Variable distancia a vías



Fuente: El Consorcio, 2025

- c) **Densidad de Drenaje:** indica el estado erosivo de la cuenca (por arrastre de gránulos, abrasión o disolución), y la respuesta ante los eventos lluviosos. En el caso de que no se genere un buen drenaje se incrementa la ocurrencia de movimientos en masa por la cantidad de agua contenida en el suelo (Pérez y Rojas, 2005).

Figura 3.31. Variable densidad de drenaje



Fuente: El Consorcio, 2025

3.3.3. Resultados obtenidos

Para iniciar el análisis estadístico multivariado discriminante, se realizaron pruebas estadísticas con el objetivo de determinar la distribución de cada variable y validar si seguían una distribución normal, lo cual es fundamental para confirmar su idoneidad en el modelo.

El test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) fue seleccionado para evaluar el ajuste a una distribución normal. Esta prueba evalúa la bondad del ajuste al comparar la función de distribución acumulada empírica de la variable con la función de distribución acumulada teórica normal, utilizando para ello la media y la desviación estándar de los datos

Tabla 3.11. Resultados prueba Kolmogorov-Smirnov (K-S)

	MM	Rc_Suelo	Espesor	Origen	UGS	Den_Fractura2	Vegetacion	Geomorfologia
N	250	250	250	250	250	250	250	250
Parámetros Media	,50	,23	2,23	1,77	2,00	1,12	2,68	,92
normales ^{a,b} Desviación estándar	,501	,420	,420	,420	,680	,416	,616	,962
Máximas Absoluta	,341	,478	,478	,478	,270	,525	,458	,299
diferencias Positivo	,341	,478	,478	,294	,270	,525	,302	,299
extremas Negativo	-,341	-,294	-,294	-,478	-,270	-,383	-,458	-,221
Estadístico de prueba	,341	,478	,478	,478	,270	,525	,458	,299
Sig. asintótica (bilateral)	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c

	Pendiente	Orientacion	Curvatura	Insolacion	Acumula	DisT. caucer	Dist. via	Den. Drenaje
N	250	250	250	250	250	250	250	250
Parámetros Media	5,257	160,640	-,128	1739946,10	5,12	1,87	1,63	2,13
normales ^{a,b} Desviación estándar	4,621	112,797	,866	27216,847	26,589	,875	,879	,776
Máximas Absoluta	,135	,108	,177	,208	,424	,295	,403	,241
diferencias Positivo	,135	,107	,177	,141	,355	,295	,403	,194
extremas Negativo	-,128	-,108	-,163	-,208	-,424	-,226	-,237	-,241
Estadístico de prueba	,135	,108	,177	,208	,424	,295	,403	,241
Sig. asintótica (bilateral)	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c

Fuente: El Consorcio, 2025

Aunque los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) demostraron que algunas variables no siguen una distribución normal, se descartó la transformación de datos para buscar un mejor ajuste, debido a que en el proceso se generaba una pérdida de información relevante y no se lograba que las variables se ajustaran a una distribución normal. Por tanto, se continuó el análisis discriminante con las variables en su distribución original.

Posteriormente, se efectuó la evaluación de la dependencia entre variables, mediante un análisis factorial. Este análisis permitió determinar la matriz de correlación que se presenta a continuación.

Tabla 3.12. Matriz de correlación entre las variables

	MM	Rc_Suelo	Espesor	Origen	UGS	Den_Fractura2	Vegetacion	Geomorfologia	Pendiente	Orientacion	Curvatura	Insolacion	Acumulacion	Dist_caucer	Dist_viar	Den_Drenaje
MM	1,00	-0,24	-0,24	0,24	-0,20	0,09	0,21	-0,48	0,14	0,11	-0,04	0,05	-0,06	0,16	0,13	0,20
Rc_Suelo	-0,24	1,00	1,00	-1,00	0,80	-0,16	0,08	-0,12	-0,46	-0,38	0,02	0,06	0,14	-0,09	-0,07	-0,02

	MM	Rc_Suelo	Espesor	Origen	UGS	Den_Fractura2	Vegetacion	Geomorfologia	Pendiente	Orientacion	Curvatura	Insolacion	Acumulacion	Dist_caucer	Dist_viar	Den_Drenaje
Espesor	-0,24	1,00	1,00	-1,00	0,80	-0,16	0,08	-0,12	-0,46	-0,38	0,02	0,06	0,14	-0,09	-0,07	-0,02
Origen	0,24	-1,00	-1,00	1,00	-0,80	0,16	-0,08	0,12	0,46	0,38	-0,02	-0,06	-0,14	0,09	0,07	0,02
UGS	-0,20	0,80	0,80	-0,80	1,00	0,00	0,10	0,00	-0,49	-0,35	0,07	0,10	0,11	0,09	-0,03	0,25
Den_Fractura2	0,09	-0,16	-0,16	0,16	0,00	1,00	-0,16	0,39	0,14	0,00	0,09	-0,09	-0,05	0,05	0,25	0,19
Vegetacion	0,21	0,08	0,08	-0,08	0,10	-0,16	1,00	-0,44	-0,32	-0,08	0,08	0,29	0,03	-0,02	-0,07	-0,02
Geomorfologia	-0,48	-0,12	-0,12	0,12	0,00	0,39	-0,44	1,00	0,27	-0,12	0,05	-0,27	0,02	0,06	0,27	0,18
Pendiente	0,14	-0,46	-0,46	0,46	-0,49	0,14	-0,32	0,27	1,00	0,27	-0,03	-0,59	-0,09	0,03	0,09	0,00
Orientacion	0,11	-0,38	-0,38	0,38	-0,35	0,00	-0,08	-0,12	0,27	1,00	0,04	0,04	-0,12	-0,15	-0,08	-0,12
Curvatura	-0,04	0,02	0,02	-0,02	0,07	0,09	0,08	0,05	-0,03	0,04	1,00	0,03	0,01	-0,12	0,13	0,06
Insolacion	0,05	0,06	0,06	-0,06	0,10	-0,09	0,29	-0,27	-0,59	0,04	0,03	1,00	0,04	-0,06	-0,14	0,00
Acumulacion	-0,06	0,14	0,14	-0,14	0,11	-0,05	0,03	0,02	-0,09	-0,12	0,01	0,04	1,00	-0,10	0,00	-0,11
Dist_caucer	0,16	-0,09	-0,09	0,09	0,09	0,05	-0,02	0,06	0,03	-0,15	-0,12	-0,06	-0,10	1,00	0,07	0,46
Dist_viar	0,13	-0,07	-0,07	0,07	-0,03	0,25	-0,07	0,27	0,09	-0,08	0,13	-0,14	0,00	0,07	1,00	0,29
Den_Drenaje	0,20	-0,02	-0,02	0,02	0,25	0,19	-0,02	0,18	0,00	-0,12	0,06	0,00	-0,11	0,46	0,29	1,00

Fuente: El Consorcio, 2025

Los valores altos en la matriz de correlación indican que las variables son muy similares o están fuertemente correlacionadas entre sí; por lo cual, para evitar redundancia en el modelo, es recomendable seleccionar solo una de las variables que compartan esta condición. Las mayores correlaciones se observan entre los factores roca-suelo, espesor, origen y UGS, todas estas con valores de correlación muy cercanos a uno (1).

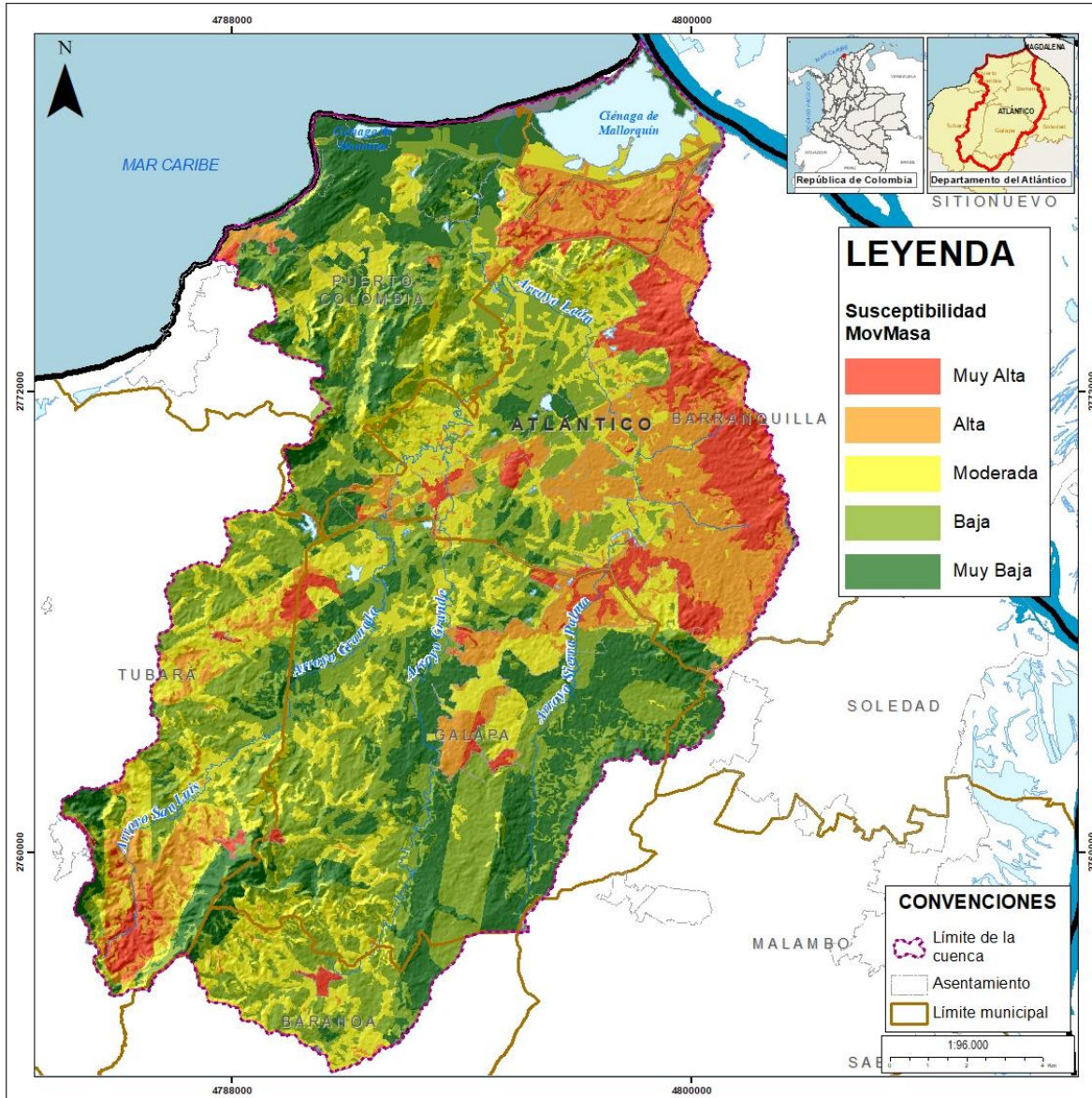
El descarte de variables correlacionadas se efectuó con base a las pruebas estadísticas de análisis factorial, pruebas T y ANOVA, debido a que permiten establecer el grado de dependencia o importancia de cada una de las variables en función de la muestra de análisis.

Finalmente, realizadas las pruebas estadísticas que aportan a los criterios de descarte de variables, se realiza el análisis discriminante para obtener la función discriminante que mejor ajuste tiene. Para el territorio en ordenación, la ecuación que permite clasificar correctamente el 94% de los puntos inestables, se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Susc}_{MM} = & -0.867 \text{RS} + 0.025 \text{UGS} + 1.119 \text{Fractura} + 0.067 \text{Vegetación} \\ & - 1.540 \text{Geomorfo} + 0.124 \text{Pendiente} - 0.001 \text{Orientación} \\ & - 0.093 \text{Curvatura} + 0.002 \text{Acumulación} + 0.132 \text{DistCauce} \\ & + 0.430 \text{DistVía} - 12.222 \end{aligned}$$

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presenta el resultado de la aplicación de la función discriminante mediante el uso de herramientas SIG.

Figura 3.32. Susceptibilidad a movimientos en masa



Fuente: El Consorcio, 2025

El resultado de la modelación señala que el 22,6% de la cuenca presenta categoría de susceptibilidad alta o muy alta, principalmente en las áreas aledañas a las fallas Usuacuri, Mirador, Paloalto, al sinclinal de Sabanalarga y el anticlinal de Sibarco. En relación a las entidades territoriales, Barranquilla es el municipio que presenta mayor superficie del territorio categorizada como susceptibilidad, lo cual se soporta en un gran número de eventos registrados.

La categoría de susceptibilidad moderada representa el 21,89% del territorio y se extiende a lo largo de la cuenca, en áreas donde cuya geoforma, cobertura, uso del suelo y pendiente

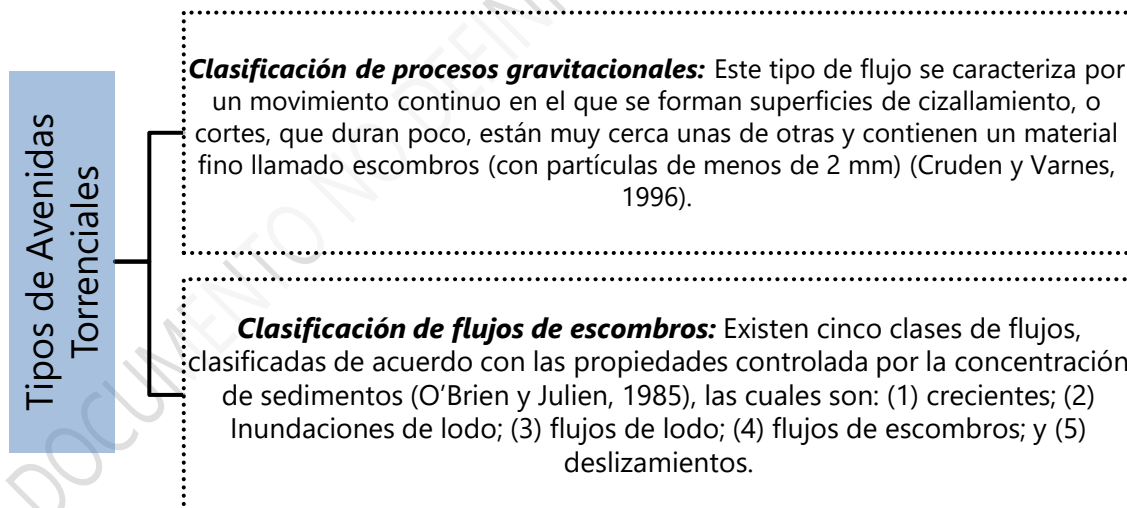
pueden facilitar la generación de movimientos en masa, bajo la acción de factores detonantes como la actividad sísmica y/o la precipitación.

Por otro lado, las categorías de susceptibilidad baja y muy baja abarcan el 55,45%, se distribuyen de manera homogénea en la cuenca y están principalmente asociadas a ambientes morfogenéticos fluviales o aluviales, con pendientes planas a suavemente inclinadas, lo cual reduce la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa.

3.4. Avenidas Torrenciales

Las avenidas torrenciales son flujos rápidos y voluminosos que consisten en una mezcla de agua y sedimentos; suelen desplazarse por cauces de alta pendiente -ya sean permanentes o intermitentes- y deposita los materiales recopilados a lo largo del recorrido en los terrenos más planos (SGC, 2021). Estos eventos se desencadenan por fenómenos hidrometeorológicos, principalmente por las lluvias, así como por factores internos -como la inestabilidad y el movimiento de los sedimentos en el cauce- y externos -como sismos, rotura de presas naturales y acumulación de escombros- (Takashi, 1981 y Skaymaker, 1988).

Existen dos tipos de clasificación de las avenidas torrenciales, de acuerdo con el proceso de transporte de los sedimentos (Aristizábal, Camora y López, 2020):

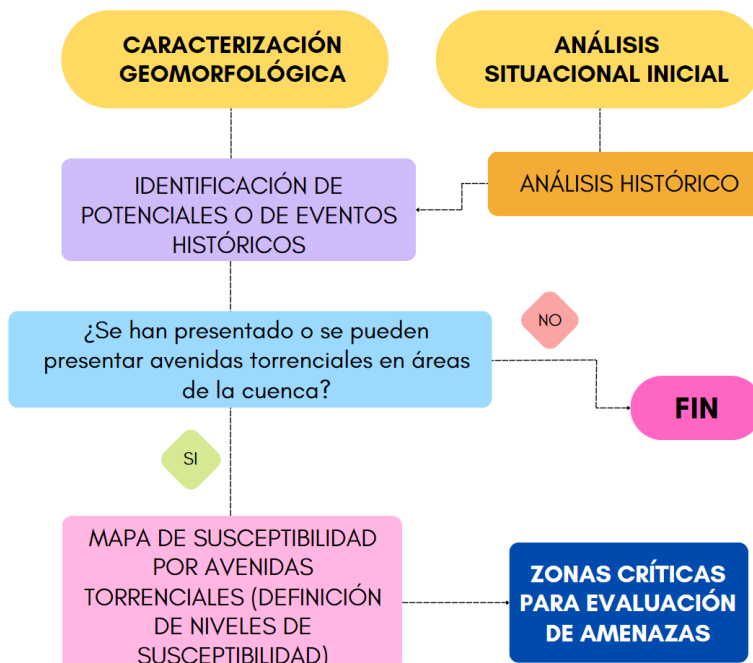


La ocurrencia de avenidas torrenciales puede afectar principalmente a la población, generando daños a las viviendas, destrucción de infraestructura (vías y puentes), interrupción de servicios públicos, pérdidas de producción agrícola y del ganado, además que incrementa la erosión del suelo (UNGRD, 2022).

3.4.1. Metodología

En la Figura 3.33 se exhiben los pasos para la evaluación de la susceptibilidad a avenidas torrenciales conforme con el *protocolo para la para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuenca hidrográficas* del MINAMBIENTE.

Figura 3.33. Diagrama de la evaluación de susceptibilidad por avenidas torrenciales



Fuente: El Consorcio adaptado de MINAMBIENTE (2014).

Los alcances técnicos del protocolo establecen los siguientes pasos para la aplicación del método:

1. Análisis de los eventos históricos de avenidas torrenciales, identificando la magnitud de cada uno de ellos
2. Determinar el nivel de susceptibilidad acorde con el análisis de los paisajes geomorfológicos, tipos de relieve, modelados y geformas asociados a eventos de avenidas torrenciales.
3. Determinar el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales – IVET, según los lineamientos definidos por el IDEAM (2013), este índice relaciona las características de la forma de la cuenca con las condiciones hidrológicas.
4. Delimitar las zonas susceptibles de ser afectadas por avenidas torrenciales.

La zonificación de susceptibilidad a avenidas torrenciales se genera a partir de la relación entre la susceptibilidad geomorfológica y el índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET), como se puede observar en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Clasificación de susceptibilidad por avenidas torrenciales

Susceptibilidad Geomorfológica	IVET		
	Baja	Media	Alta
Nula	Baja	Baja	Baja
Baja	Baja	Media	Media
Media	Media	Media	Alta
Alta	Media	Alta	Alta

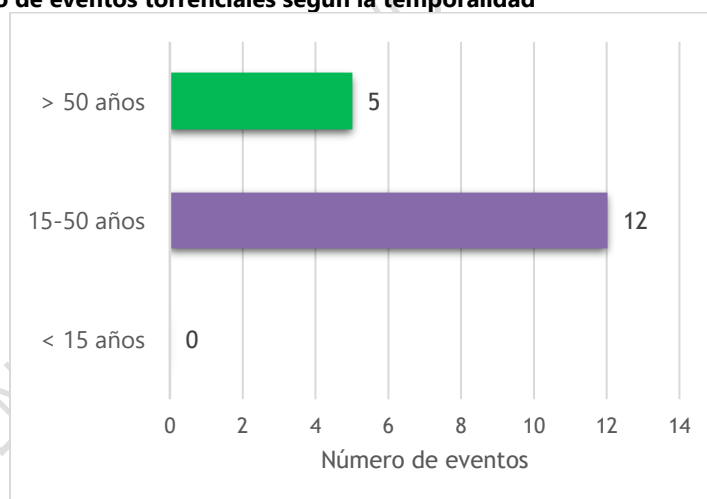
Fuente: El Consorcio, 2025

3.4.2. Variables Utilizadas

3.4.2.1. Eventos históricos

El registro histórico de avenidas torrenciales en la cuenca, revela la ocurrencia de 17 eventos entre 1975 y 2010, con una clara recurrencia en los municipios de Barranquilla y Puerto Colombia, cada uno con 8 eventos, y un evento aislado en el municipio de Baranoa. En relación a la temporalidad, no se registran eventos en los últimos 15 años, el 70,59% se presenta en el periodo comprendido entre 1975 y 2010 y el 29,41% restante con una temporalidad que supera los 50 años.

Figura 3.34. Número de eventos torrenciales según la temporalidad



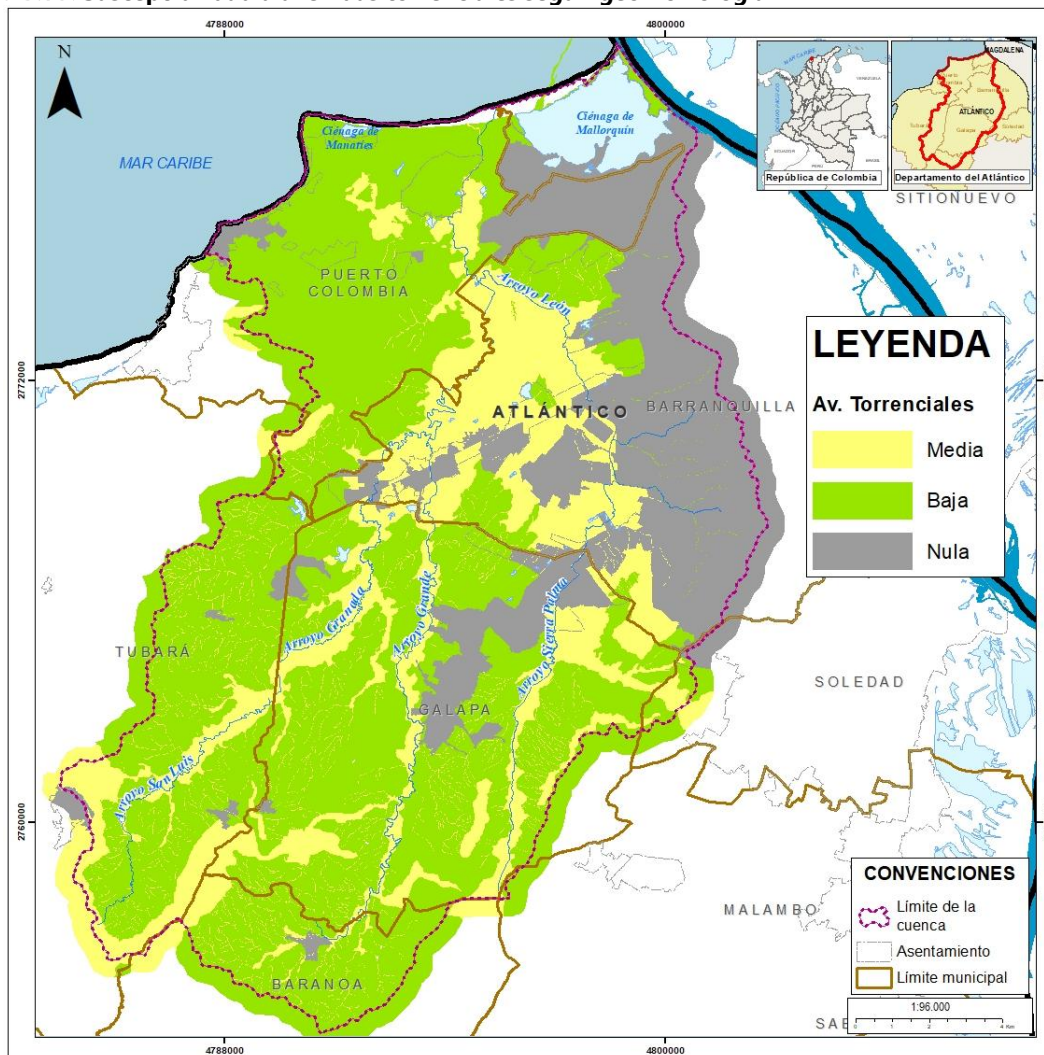
Fuente: El Consorcio, 2025

3.4.2.2. Componente Geomorfológico

En el componente geomorfológico evalúa las subunidades geomorfológicas y unidades del terreno generadas a lo largo del sistema fluvial como resultado de los procesos erosivos y de acumulación torrenciales que varían en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. En cada subunidad, se analiza el material del depósito, morfogénesis, pendientes, contrastes morfológicos (rugosidad, curvatura, etc.) y cronología (SGC, 2011).

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se exhibe el análisis de susceptibilidad a las avenidas torrenciales acorde con los criterios geomorfológicos.

Figura 3.35. Susceptibilidad a avenidas torrenciales según geomorfología



Fuente: El Consorcio, 2025

3.4.2.3. Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales

El índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET) es la relación existente entre las características de la forma de una cuenca y las condiciones hidrológicas (IDEAM, 2013).

3.4.2.3.1. Índice morfométrico de torrencialidad

El índice morfométrico de torrencialidad es la relación del coeficiente de compacidad o forma, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje, los cuales son indicativos de la forma como se concentra la escorrentía, la rapidez de infiltración y la eficiencia para

salir de la cuenca luego de un evento de precipitación; además de evaluar la capacidad de arrastre de sedimentos de la cuenca (Rivas y Soto, 2009).

El índice morfométrico se determina por la categorización de las variables de densidad de drenaje, pendiente media de la cuenca y coeficiente de compacidad, como se observa en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14. Relaciones entre las variables para el índice morfométrico

	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA					
	1	2	3	4	5	
1	111	121	131	141	151	1
	112	122	132	142	152	2
	113	123	133	143	153	3
	114	124	134	144	154	4
	115	125	135	145	155	5
2	211	221	231	241	251	1
	212	222	232	242	252	2
	213	223	233	243	253	3
	214	224	234	244	254	4
	215	225	235	245	255	5
3	311	321	331	341	351	1
	312	322	332	342	352	2
	313	323	333	343	353	3
	314	324	334	344	354	4
	315	325	335	345	355	5
4	411	421	431	441	451	1
	412	422	432	442	452	2
	413	423	433	443	453	3
	414	424	434	444	454	4
	415	425	435	445	455	5
5	511	521	531	541	551	1
	512	522	532	542	552	2
	513	523	533	543	553	3
	514	524	534	544	554	4
	515	525	535	545	555	5

Muy alta	Alta	Baja	Moderada	Muy baja

Fuente: IDEAM (2013).

En la Tabla 3.15, se relacionan los resultados obtenidos de los parámetros morfométricos para la cuenca y las unidades hidrográficas de nivel I

Tabla 3.15. Variables morfométricas

Nombre	Coefficiente De Compacidad	Pendiente Media De La Cuenca		Densidad de Drenaje		
-	-	Clasificación	%	Clasificación	Km/ Km ²	
Ciénega Mallorcaín y los arroyos Grande y León	1.52	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	8.43	Medianamente Accidentado	3.03	Drenada

Nombre	Coeficiente De Compacidad		Pendiente Media De La Cuenca		Densidad de Drenaje	
	-	Clasificación	%	Clasificación	Km/ Km ²	
Plano Costero	1.69	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	14.33	Accidente	0.64	Drenada
Perdida Cantera	1.88	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	11.27	Medianamente Accidentado	0.68	Drenada
Cisne	1.43	Forma oval redonda a oval oblonga	17.37	Accidente	0.94	Drenada
Arroyo Granada	1.54	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	13.75	Accidente	4.12	Bien drenada
Arroyo Grande	2.06	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	10.04	Medianamente Accidentado	3.85	Bien drenada
Arroyo León	1.52	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	8.50	Medianamente Accidentado	3.04	Drenada
Ciénaga Mallorcaín	1.34	Forma oval redonda a oval oblonga	9.19	Medianamente Accidentado	0.39	Pobremente drenadas

Fuente: El Consorcio, 2025

Al correlacionar las tres (3) variables se evidencia que las unidades hidrográficas Arroyo Granada, Arroyo Grande y Arroyo León presentan moderada susceptibilidad a la ocurrencia de avenidas torrenciales según las características morfométricas de la cuenca. En contraste, el índice de las unidades Plano Costero, Pérdida Costera, Cisne y Ciénaga de Mallorcaín se categorizó como muy bajo (ver Figura 3.36).

Figura 3.36. Índice morfométrico



Fuente: El Consorcio, 2025

3.4.2.3.2. Índice de variabilidad

El índice de variabilidad muestra el comportamiento de los caudales, definiendo una cuenca torrencial como aquella que presenta una mayor variabilidad, es decir, donde existen diferencias grandes entre los caudales mínimos que se presentan, y los valores máximos. (IDEAM, 2013).

El índice de variabilidad se determina por la curva de duración de los caudales al ser graficada en escala logarítmica en tendencia lineal, como se observa en ecuación (2).

$$\text{Índice de variabilidad} = (\text{Log}(Q_i) - \text{Log}(Q_f)) / (\text{Log}(X_i) - \text{Log}(X_f)) \quad (2)$$

Donde:

Qi/Qf: caudales tomados de la curva de duración de caudales.

Xi/Xf: porcentajes de tiempo en que se exceden los caudales Qi y Qf, respectivamente.

Tabla 3.16. Clasificación del índice de variabilidad

ÍNDICE DE VARIABILIDAD	CATEGORÍA
<10°	Muy baja
10,1° - 37°	Baja
37,1° - 47°	Media
47,1° - 55°	Alta
>55°	Muy alta

Fuente: IDEAM (2013).

De acuerdo con el comportamiento hidrológico de la cuenca, las unidades hidrográficas presentan media susceptibilidad a las avenidas torrenciales, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3.17. Índice de Variabilidad

Unidad Hidrográfica Nivel I	Código	IV (°)	
Plano Costero	2909-01	44,17	Medio
Perdida Cantera	2909-02	44,94	Medio
Cisne	2909-03	44,51	Medio
Arroyo Granada	2909-04	43,87	Medio
Arroyo Grande	2909-05	43,17	Medio
Arroyo León	2909-06	43,30	Medio
Ciénaga Mallorcaín	2909-07	43,88	Medio

Fuente: El Consorcio, 2025

Como resultado de la correlación entre el índice morfométrico y el índice de variabilidad, se denota que el 42,86% de las unidades hidrográficas presentan un IVET alto, sobre los cauces de los arroyos Grande, Granada y León. El 57,14% del de la superficie, representada por las cuencas Plano Costera, Perdida Cantera, Cisne y Ciénaga de Mallorcaín exhiben un índice bajo a la ocurrencia de eventos torrenciales (Ver Figura 3.37).

Figura 3.37. IVET



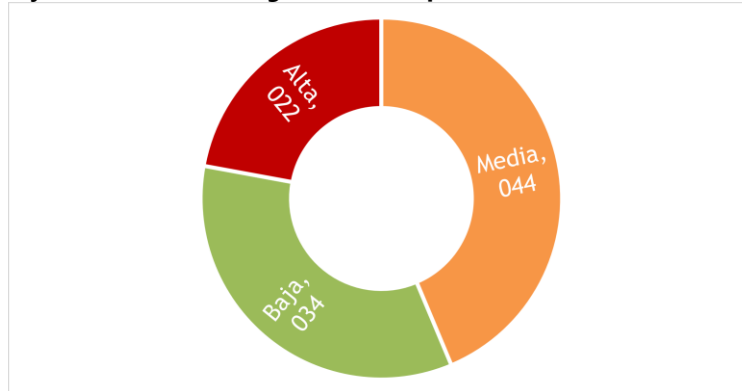
Fuente: El Consorcio, 2025

3.4.3. Resultados obtenidos

La integración de la información geomorfológica y el IVET permiten identificar que el 22,10% de la superficie de la cuenca presenta susceptibilidad alta a Avenidas Torrenciales, el 43,65% susceptibilidad media y el 34,26% restante susceptibilidad baja (Ver Figura 3.38)

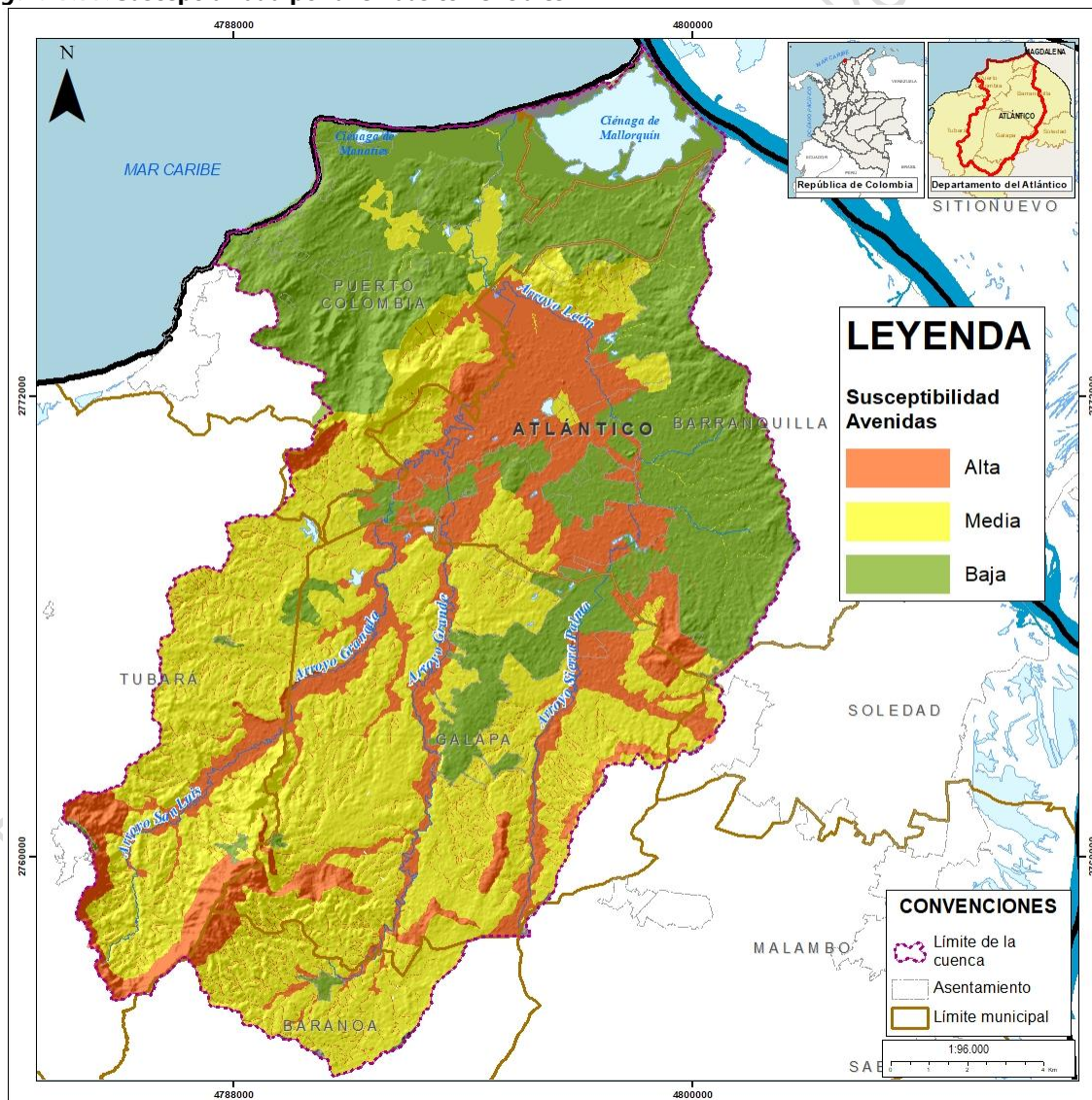
La susceptibilidad alta a avenidas torrenciales se presenta primordialmente sobre los arroyos Sierra Palma, Grande, Granada, Blanco, San Luis, Don Juan, Mateo y León; con mayor superficie en el municipio de Barranquilla. La categoría de susceptibilidad media se extiende sobre la parte alta y media de la cuenca hidrográfica, sobre el territorio caracterizado por pendientes ligeramente inclinadas a ligeramente escarpadas.

Figura 3.38. Porcentajes de área de la categoría de susceptibilidad de avenidas torrenciales



Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 3.39. Susceptibilidad por avenidas torrenciales



Fuente: El Consorcio, 2025

4. ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

4.1. Inundaciones

Las inundaciones son fenómenos naturales originados por precipitaciones intensas y persistentes que elevan progresivamente el nivel de los cuerpos de agua. No obstante, existen factores indirectos que agravan esta amenaza, tales como el cambio de uso del suelo derivado de actividades socioeconómicas; estas promueven la denudación y compactación del terreno, reduciendo su capacidad de infiltración. A esto se suman el cambio climático, manifestado en lluvias atípicas, y la modificación hidromorfológica de los cauces, factores estrechamente ligados a la intervención antrópica.

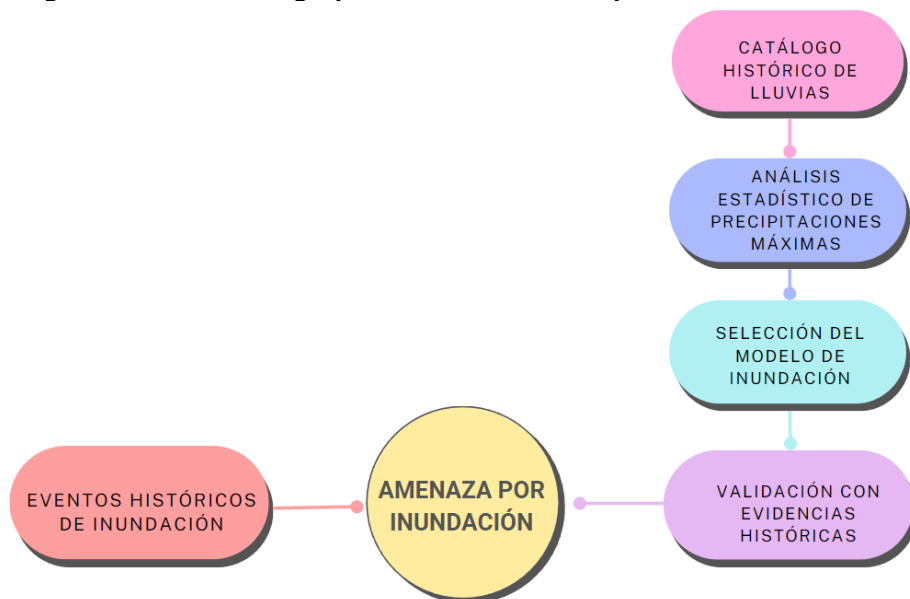
4.1.1. Metodología

El estudio del riesgo asociado a las inundaciones, y en términos generales los desbordamientos de los cauces y corrientes de una cuenca en eventos de lluvias intensas, se encuentra ligado a la precipitación que se deposita en la unidad hidrográfica, así como en la topografía del terreno que rodea los cursos de agua. Así, los modelos que suelen emplearse para tal fin se basan en relaciones de lluvia-escorrentía, a través de una metodología que combina el análisis hidrológico para determinar la relación entre la precipitación registrada en un área determinada y la cantidad de agua que puede llegar como escorrentía a los cauces y producir la inundación; un análisis hidráulico que define como cambia el flujo del cauce a lo largo de su recorrido, contemplando cambios en la pendiente y en las secciones transversales; y un análisis de inundación de llanura para contemplar las zonas bajas donde el flujo tiende a ser indefectiblemente bidimensional. (ERN, 2011).

Ahora, la amenaza por inundación se suele expresar mediante medidas de intensidad distribuidas en el espacio geográfico analizado y según la probabilidad de ocurrencia del evento pluvial que origina la inundación. Dicha intensidad viene a ser una función de la profundidad y la velocidad del agua, así como de la duración de las avenidas; por lo tanto, en la definición de la amenaza se debe tener en cuenta tanto la probabilidad de ocurrencia del evento de lluvia extremo como de los niveles o altura tirante del agua (ERN, 2011).

A modo general, la Figura 4.1 la metodología que se emplea para la evaluación de la amenaza por inundación.

Figura 4.1. Diagrama de la metodología para evaluar la amenaza por inundación



Fuente: El Consorcio, adaptado de ERN (2011).

4.1.2. Variables

4.1.2.1. *Análisis estadístico de precipitaciones máximas*

A partir de la evolución histórica de los datos máximos de precipitación diaria, se realiza el ajuste según la distribución de probabilidad más apropiada. Esta etapa se surtió en el análisis de eventos extremos del capítulo de Clima contenido en el Volumen 1 del presente Informe de Diagnóstico. Este análisis ofrece el valor de la precipitación máxima de 24 horas por cada período de retorno en 2, 2.33, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 200 y 500 años. Finalmente, con ayuda de los Polígonos de Thiessen para las estaciones climatológicas, se determina el régimen promedio de lluvia para los períodos de retorno de interés (15, 100 y 500 años) para cada una de las unidades hidrográficas.

4.1.2.2. *Selección del modelo de inundación*

Tomando en consideración la escala semidetallada de trabajo y la configuración de la red de drenaje, se optó por trabajar con un modelo simplificado para la descripción de las inundaciones. En esencia, el criterio decisivo corresponde al porcentaje del área total de la cuenca en categorías alta y/o media de susceptibilidad a inundaciones, y la viabilidad de disponer de datos topobatimétricos o su levantamiento en campo.

En los modelos simplificados, la intensidad de la lluvia se traduce a profundidad de precipitación efectiva, a través del modelo de escorrentía del SCS (Chow, 1994 citado por ERN, 2011), de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$P_e = \frac{[P_m - P_0]^2}{P_m + 4P_0} \quad (3)$$

En donde P_e es la precipitación efectiva en cm, P_m es la precipitación de la tormenta en mm y P_0 es el "umbral de escorrentía", determinado mediante la calibración del modelo de crecientes descrita en el capítulo de Hidrología del Volumen 1 del presente Diagnóstico.

Dicha precipitación efectiva corresponde a la intensidad de lluvia remanente luego que, de la profundidad total de precipitación aportada por la tormenta, se ha gastado una porción en los procesos hidrológicos de infiltración y evapotranspiración (Chow, 1994 citado por ERN, 2011).

Para la modelación de amenaza en la microcuenca se tomó el mismo hietograma empleado para el análisis de crecidas por microcuenca, aplicándolo a cada unidad hidrográfica de segundo nivel subsiguiente (subcuenca).

Para la construcción del hietograma efectivo instantáneo se debe agregar el resultante de la tabla anterior por intervalos de tiempo, considerando que hay escorrentía sólo si se cumple la siguiente condición:

$$P_m \geq P_0 \quad (4)$$

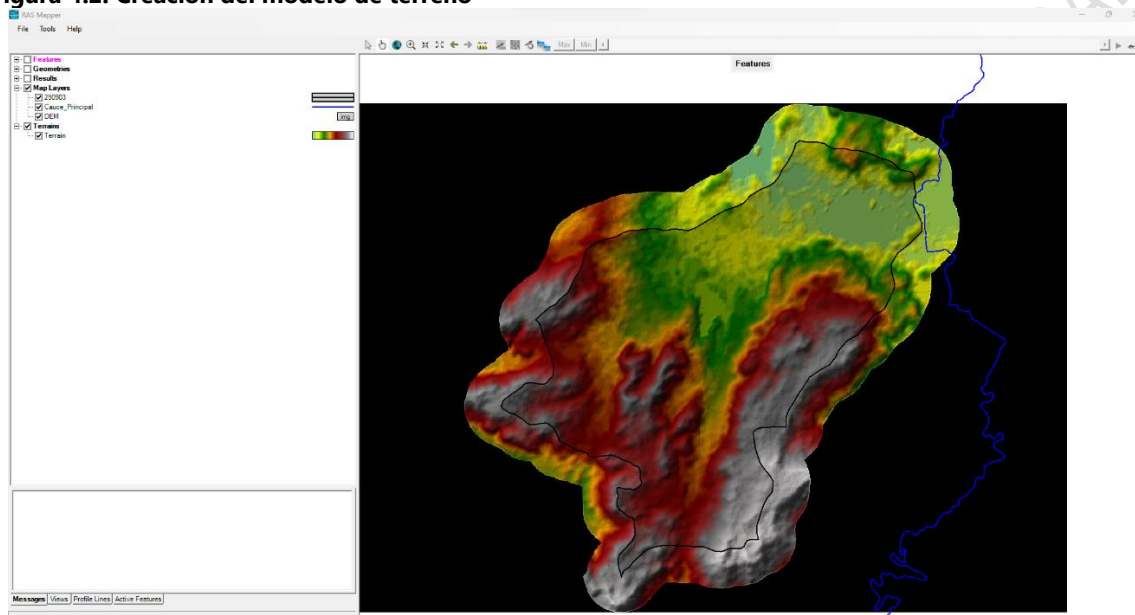
Con este hietograma instantáneo se programó una simulación en 2D desacoplado con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS 5.0.3. El HEC-RAS es un modelo de dominio público desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU., el cual soluciona las ecuaciones de St. Venant para flujo no permanente en canales abiertos y resuelve de manera aproximada mediante esquemas de Preissman las ecuaciones básicas de momentum y continuidad (Matgen et al., 2007, citado por ERN, 2011)

Esta herramienta cuenta con la opción de realizar la simulación en un entorno 2D desacoplado de manera que representa el escurrimiento de la precipitación sobre un modelo de terreno previamente definido, con la opción de incluir hidrogramas obtenidos para los cauces principales en un análisis de crecientes como el que se ilustra en el capítulo de Hidrología del Volumen 1 del presente Informe de Diagnóstico. Con esta opción se realizaron las simulaciones hidráulicas y de inundación en llanura para la determinación de la amenaza por inundación.

Los pasos efectuados en la herramienta informática fueron los siguientes:

- *Creación del modelo de terreno.* A partir del modelo de elevación desarrollado para el POMCA, se efectúa el cargue del mismo a la plataforma informática para la reconstrucción del modelo digital de terreno. Esto se realiza a través de la opción RAS Mapper que viene integrada en el menú.

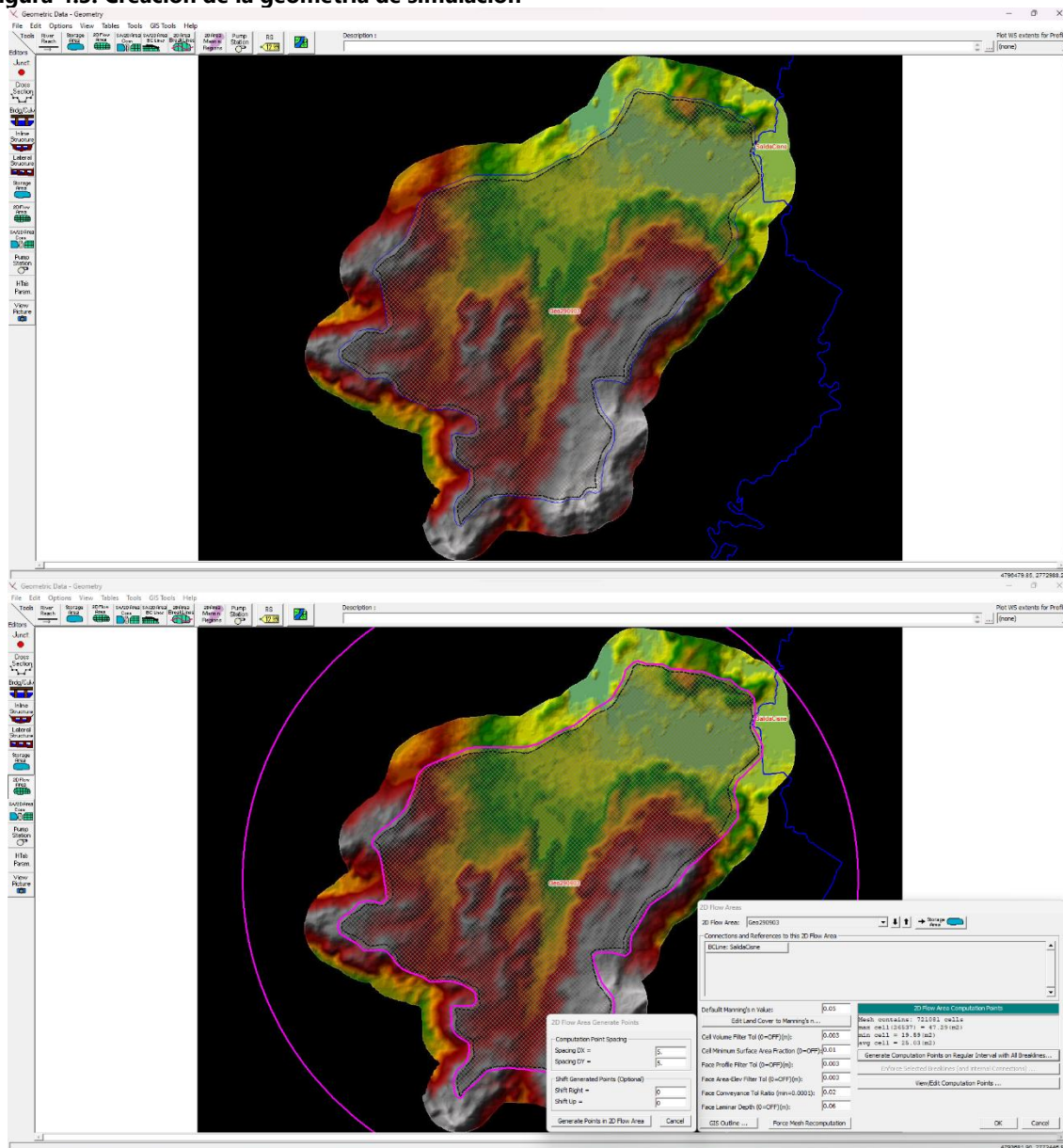
Figura 4.2. Creación del modelo de terreno



Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Creación de la geometría de simulación.* Una vez el modelo de terreno ha sido creado satisfactoriamente, se procede al delineamiento de la superficie para la simulación 2D, para la cual se creó una malla conforme con espaciado de 25 m de resolución. A partir de diferentes ensayos se definió ese tamaño de malla que permitiera un equilibrio entre la resolución espacial deseada y las necesidades computacionales para poder ejecutar el modelo.

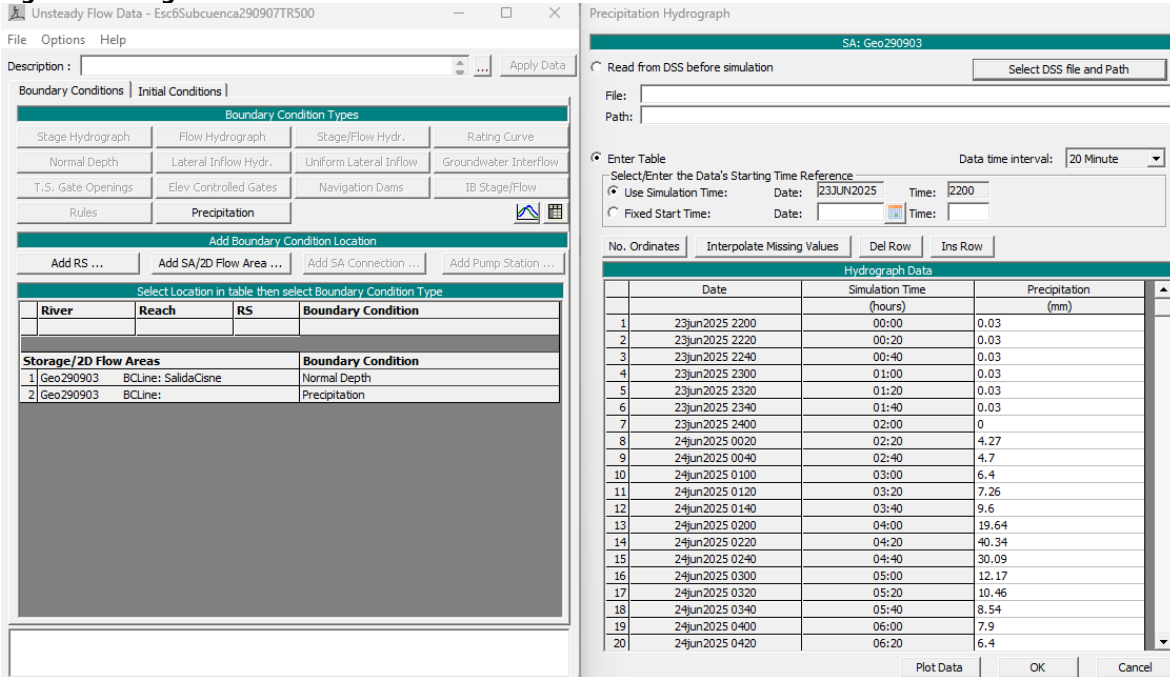
Figura 4.3. Creación de la geometría de simulación



Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Asignación de las condiciones de frontera.* Tomando en consideración la aplicación del modelo como se describió, se aplicaron condiciones de frontera correspondientes al hietograma sintético calculado, y las entradas/salidas de caudal en los puntos conocidos. Este se aplica mediante una condición de frontera superficial en el menú *Unsteady Flow Data* de la herramienta.

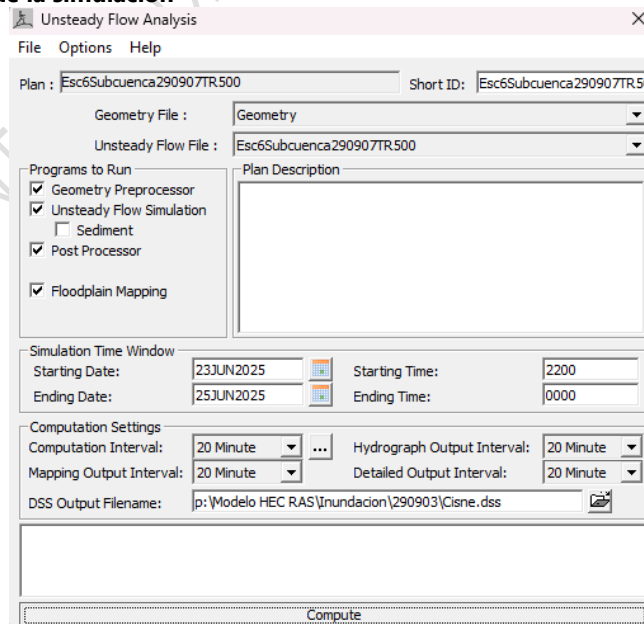
Figura 4.4. Asignación de las condiciones de frontera



Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Definición de la simulación.* La simulación se aplicó de manera no estacionaria, en un lapso de 24 horas con tamaños de paso temporal de 20 minutos y presentación de resultados cada hora simulada.

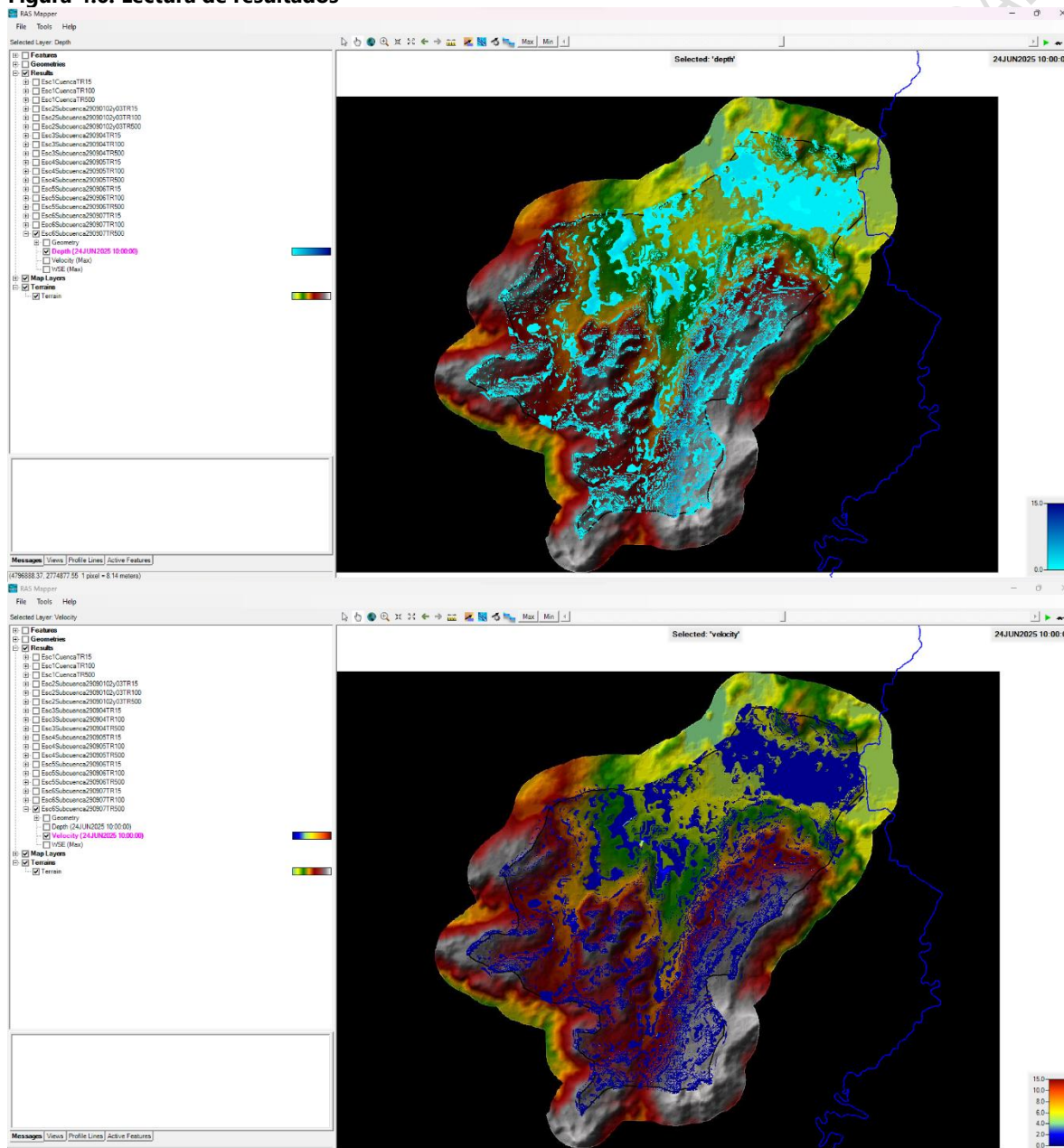
Figura 4.5. Definición de la simulación



Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Lectura de resultados.* Nuevamente, haciendo uso del RAS Mapper, se puede visualizar directamente para la simulación efectuada, los resultados de profundidad y velocidad de la lámina de agua, así como la creación de los contornos de la cota de inundación máxima. Los pasos anteriormente descritos se efectuaron para la precipitación efectiva e hidrogramas con períodos de retorno de 15 años (amenaza alta), 100 años (amenaza media), y 500 años (amenaza baja)

Figura 4.6. Lectura de resultados



Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Integración de la amenaza.* Como paso final se procesan los resultados espaciales obtenidos en el modelo para cada período de retorno de interés, y con la ayuda de herramientas SIG se discriminan las áreas de amenaza alta, media, baja y nula dentro de la Cuenca, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Amenaza por inundación

PELIGROSIDAD		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (PERÍODO DE RETORNO)		
Profundidad, z (m)	Velocidad, v (m/s)	6,7% (TR = 15 años)	1% (TR = 100 años)	0,2% (TR = 500 años)
0,0 < z ≤ 0,5	v ≤ 1,5	Baja	Baja	Baja
	1,5 < v ≤ 2,0	Media	Media	Baja
	v > 2,0	Alta	Alta	Media
0,5 < z ≤ 1,0	v ≤ 1,5	Alta	Media	Baja
	1,5 < v ≤ 2,0	Alta	Media	Media
	v > 2,0	Alta	Alta	Alta
z > 1,0	v ≤ 1,5	Alta	Alta	Media
	1,5 < v ≤ 2,0	Alta	Alta	Alta
	v > 2,0	Alta	Alta	Alta

Fuente: El consorcio, adaptado de Gobierno de Australia (2005), Escuder-Bueno et al. (2012), Cancado et al. (2008); Kalyanapu et al. (2012), Russo et al. (2014), Plan PLUIES (2006), Wasser (2006), Drbal and Masaryk (2007), EXIMAP (2007), Mapping (2007), Merz et al. (2007), Panayotis Prinos (2008), Spachinger et al. (2008), y Moel et al. (2009)

4.1.3. Resultados Obtenidos

La modelación hidrológica revela que el 17,37% de la superficie de la cuenca se encuentra en amenaza alta y el 10,39% en amenaza media. La categoría de amenaza alta, se presenta en zonas con alta recurrencia de eventos con niveles máximos de flujos en un periodo de retorno menor o igual a 15 años y en geoformas asociadas a cauce aluvial, plano de inundación y terrazas marinas.

Las mayores extensiones de esta categoría se concentran en el extremo norte de la cuenca, especialmente en las zonas aledañas a las ciénagas y los arroyos León, Grande y Granada, situación que fue validada durante los recorridos rurales, debido a que los habitantes de los municipios de Puerto Colombia, Galapa y Puerto Colombia, señalaron diferentes afectaciones por la recurrencia de los fenómenos de inundación en su territorio.

Figura 4.7. Inundaciones en sector La Cangrejera



Fuente: izquierda (JAC Cangrejera), derecha (Consortio Mallorcaín 2025)

Figura 4.8. Inundaciones Arroyo León en sector vía sabanilla , Finca Prisma Nova



Fuente: suministradas por Eduardo Carriazo, 2025

Dado, las continuas afectaciones, se han gestionado medidas de reducción del riesgo por parte de las alcaldías municipales para reducir las condiciones de vulnerabilidad de las comunidades, este es el caso de la obra realizada en el sector Cantilleras en la vía que de Galapa conduce a Paluato

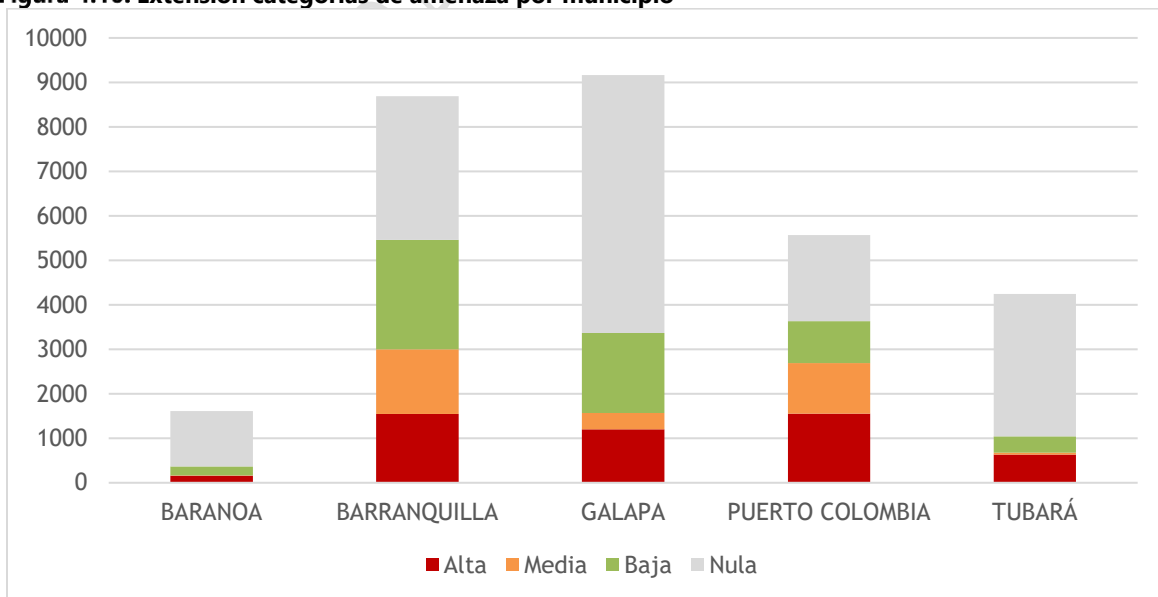
Figura 4.9. Canalización de Arroyo grande en sector Cantilleras



Fuente: Alcaldía de Galapa, 2025

La categoría media es característica de zonas con niveles máximos de caudales obtenidos en un periodo de retorno mayor a 15 años y menor o igual a 100 años. Las áreas afectadas por este tipo de amenaza exhiben geformas de tipo llanura de inundación, laguna costera, terrazas marinas, plano de inundación con vegetación halófila y dunas . En términos territoriales, esta categoría tiene mayor extensión en los municipios de Barranquilla y Puerto Colombia.

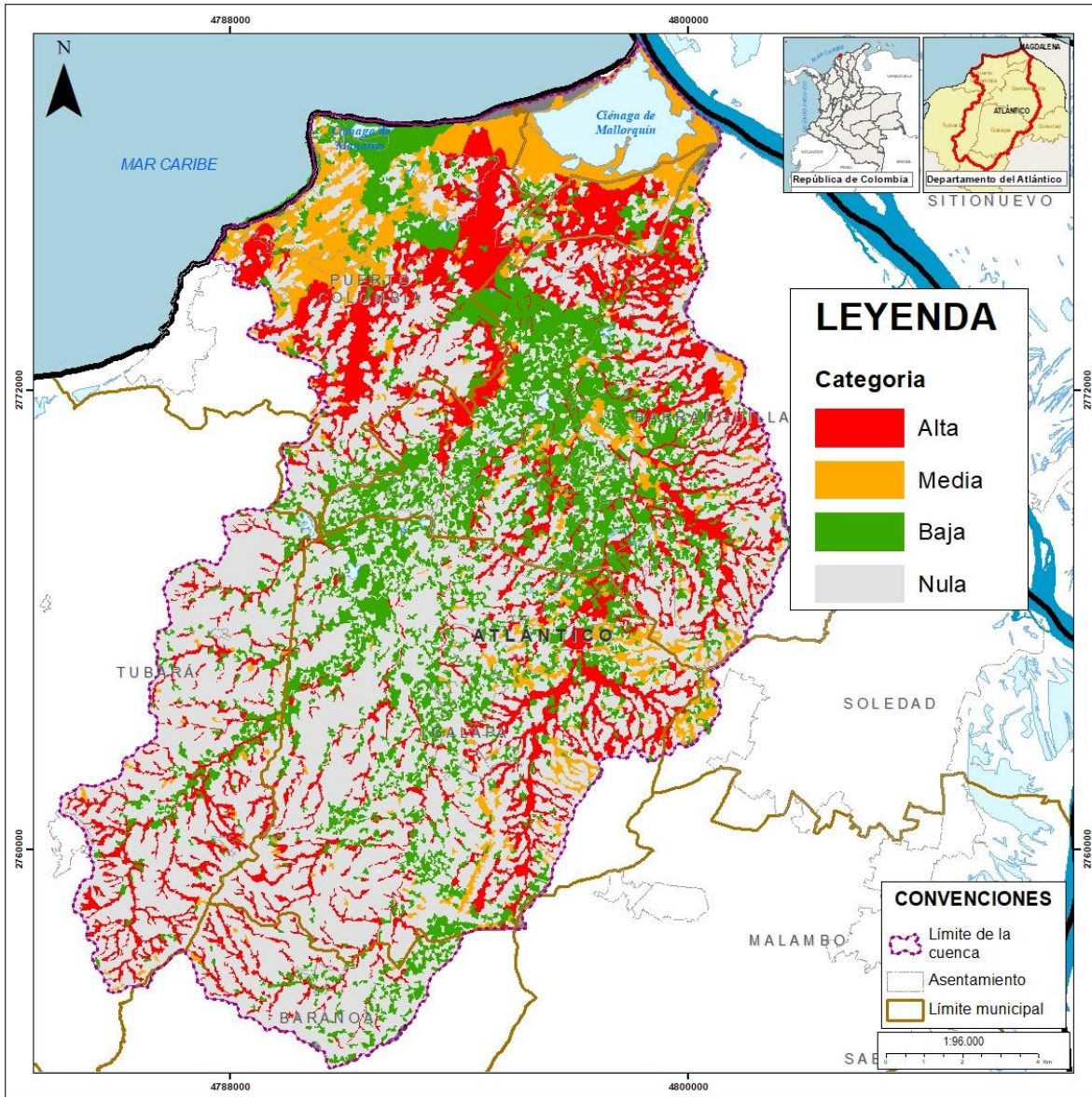
Figura 4.10. Extensión categorías de amenaza por municipio



Fuente: El Consorcio, 2025

Las categorías de amenaza baja y nula, representan el 19,67% y 52,58% del área total de la cuenca respectivamente, se presentan en zonas con ambientes denudacionales o estructurales, donde predominan las geformas asociadas a laderas erosivas, laderas de contrapendiente, lomeríos disectados, escapes de erosión y montículos y ondulaciones denudacionales.

Figura 4.11. Amenaza por Inundaciones



Fuente: El Consorcio, 2025

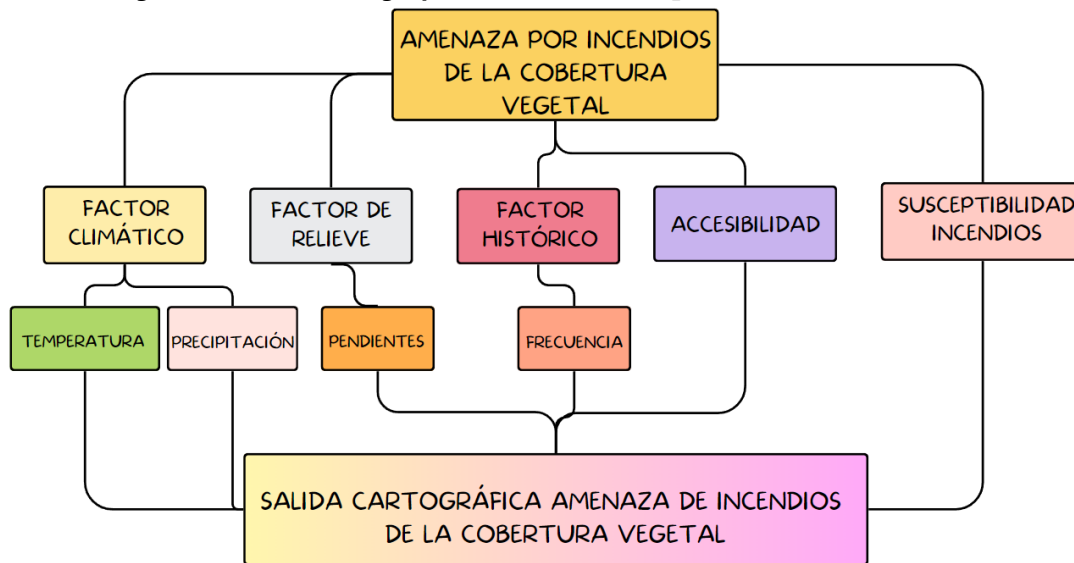
4.2. Incendios de la Cobertura Vegetal

La zonificación de amenaza a incendios de la cobertura vegetal es el escenario que relaciona los factores intrínsecos (vegetación) con las condiciones externas que influyen en el comportamiento de la ignición tales como: pendiente, temperatura, precipitación y cercanía a la red vial. Los incendios pueden impactar significativamente un territorio, cuando su recurrencia supera la capacidad de resiliencia de los ecosistemas, alterando la función natural de producción de bienes y servicios ambientales.

4.2.1. Metodología

El marco metodológico empleado sigue los lineamientos establecidos por el IDEAM en el *Protocolo para la realización de mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal*. Este proceso involucra la categorización de las variables de los factores climáticos, de relieve, históricos y la accesibilidad en el área de estudio, como se puede observar en la Figura 4.12.

Figura 4.12. Diagrama de la metodología para determinar la amenaza de incendios de la cobertura vegetal



Fuente: El Consorcio adaptado del IDEAM, 2011.

Posterior a la asignación de pesos, las variables se correlacionan mediante la siguiente ecuación:

$$Amenaza = SV * (0,17) + Pp * (0,20) + Tm * (0,20) + Pdt * (0,07) + Fc * (0,10) + Ac * (0,10)$$

Donde:

SV: Susceptibilidad de la vegetación

Pp: Precipitación

Tm: Temperatura

Pdt: Pendiente

Fc: Frecuencia

Ac: Accesibilidad

4.2.2. Variables

4.2.2.1. Susceptibilidad de la Vegetación

Involucra el análisis de las condiciones intrínsecas de la vegetación (tipo, duración y carga total) que favorecen la ignición y propagación del fuego. Hace referencia a los resultados obtenidos en el numeral 3.2, donde se destaca la alta susceptibilidad de la cuenca hidrográfica a la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal.

4.2.2.2. Precipitación

La precipitación posee una alta relevancia en el modelo de amenaza por incendios de la cobertura vegetal, ya que en la medida en que un territorio tenga épocas secas prolongadas presenta un aumento en la tasa de incendios. Es una variable cuantitativa que mide la cantidad de lluvia anual en milímetros, la cual se reclasifica acorde con los criterios de la siguiente tabla:

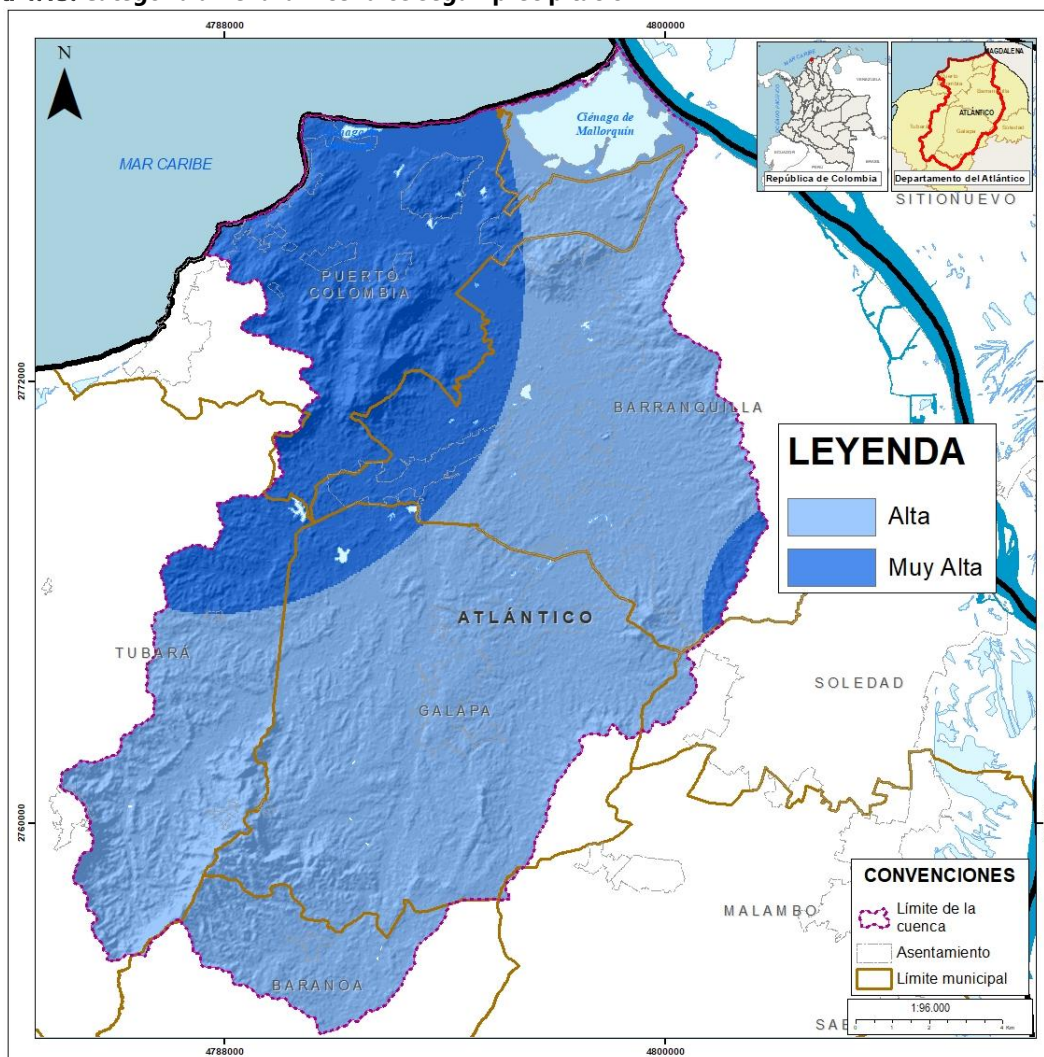
Tabla 4.2. Categoría de amenaza variable precipitación

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Pluvial (>=7000)	Muy baja	1
Muy húmedo (3000-7000)	Moderada	2
Húmedo (2000-3000)	Moderada	3
Seco (1000-2000)	Alta	4
Muy seco (0-1000)	Muy alta	5

Fuente: IDEAM, 2011.

La precipitación media anual de la cuenca hidrográfica oscila entre los 829 mm y 1.145 mm. Su reclasificación indica que el 71,29% del territorio posee categoría alta y se distribuye de manera homogénea en el territorio. El 28,71% restante se categoriza como muy alta, localizándose predominantemente en el sector Noroeste de la cuenca (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Figura 4.13. Categoría amenaza incendios según precipitación



Fuente: El Consorcio, 2025

4.2.2.3. Temperatura

La temperatura influye directamente en la cantidad de humedad presente en el medio ambiente y en la vegetación, determinando los requerimientos de energía calórica externa necesaria para el proceso de ignición del combustible (IDIGER, 2019). La reclasificación de esta variable se determina a partir del mapa de isotermas, acorde con los rangos establecidos en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Categoría de amenaza variable temperatura

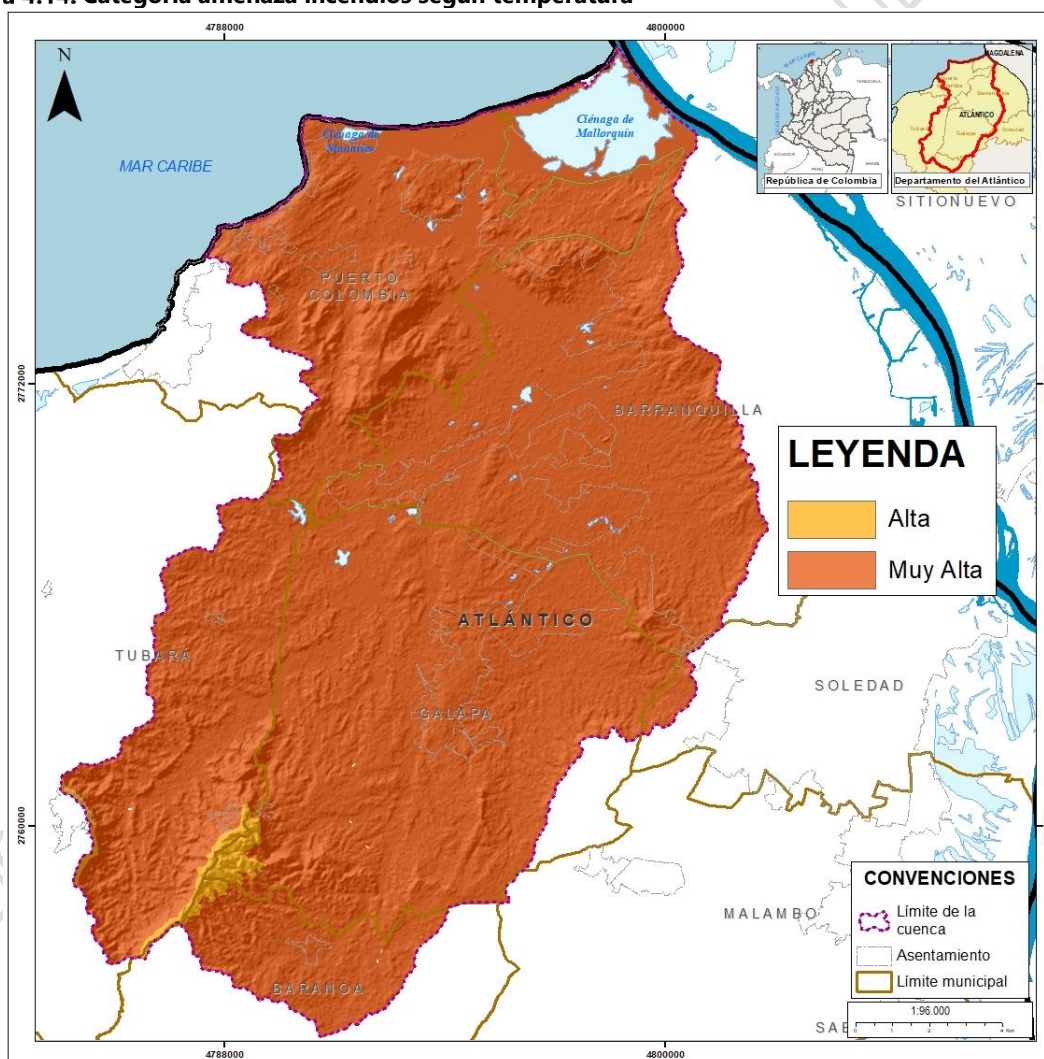
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Nival (<1,5)	Muy baja	1
Extremadamente frío (1,5 - 6)	Muy baja	1
Muy frío (6-12)	Moderada	2

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Frío (12-18)	Moderada	3
Templado (18-24)	Alta	4
Cálido (>24)	Muy alta	5

Fuente: IDEAM, 2011.

En la Figura 4.14 se observa que más del 90% de la superficie se encuentra dentro de la categoría de amenaza muy alta, debido a que la temperatura media de la cuenca supera los 24°C, situación que favorece la generación de procesos de ignición en las coberturas vegetales. Un pequeño sector al Suroeste de la cuenca, registra temperaturas comprendidas en el rango entre 22°C y 24°C.

Figura 4.14. Categoría amenaza incendios según temperatura



Fuente: El Consorcio, 2025

4.2.2.4. Pendiente

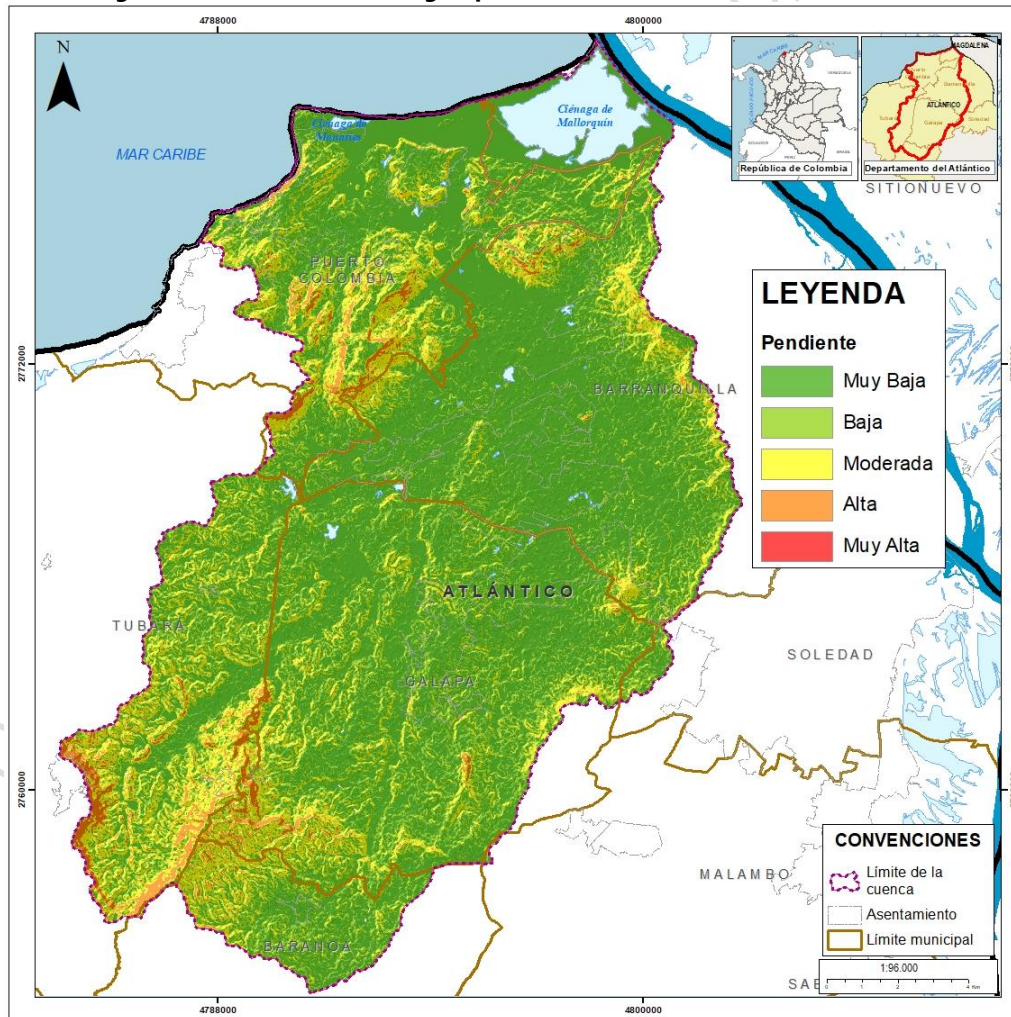
De acuerdo con la topografía de un área, se presentan diferentes condiciones ambientales que influirán en la ocurrencia y propagación de los incendios de la cobertura vegetal, como la convección, la radiación solar, velocidad de vientos, entre mayor sea la pendiente, mayor será la velocidad de propagación del fuego (IDIGER, 2019). La reclasificación de esta variable se evalúa a partir del mapa de pendientes, acorde con los siguientes criterios:

Tabla 4.4. Categoría de amenaza variable pendiente

PENDIENTE MEDIA (%)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
0-7	Muy baja	1
7-12	Baja	2
12-25	Moderada	3
25-75	Alta	4
>75	Muy alta	5

Fuente: IDEAM, 2011.

Figura 4.15. Categoría amenaza incendios según pendiente



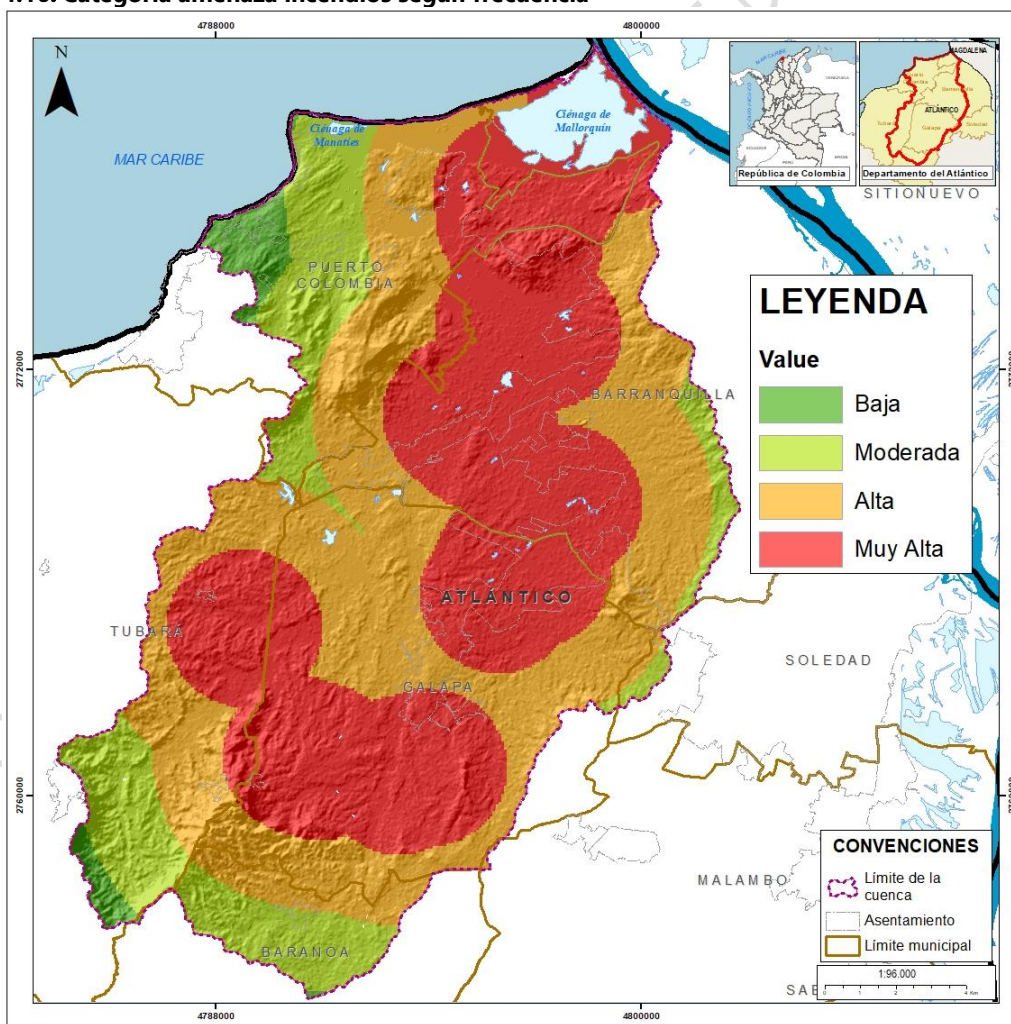
Fuente: El Consorcio, 2025

Según el relieve, el 82,11% de la superficie en ordenación presenta propensividad baja o muy baja a la propagación del fuego debido a que el terreno se caracteriza por ser ligeramente plano a ligeramente inclinado (no supera el 12% de inclinación). El 15,95% esboza una categoría moderada y el 1,95% categoría alta; las cuales se localizan en las cuestas y laderas que hacen parte del ambiente estructural.

4.2.2.5. Frecuencia

Parte del catálogo histórico de eventos amenazantes (descrito en el numeral 2) y se basa en un análisis de la frecuencia de ocurrencia y causalidad de los eventos de incendios. (IDEAM, 2011). No obstante, dado que la información disponible no cuenta con la suficiente dispersión temporal y espacial necesaria para el análisis, se plantea ajustar el desarrollo metodológico, asumiendo dentro de la categoría alta, aquellas zonas con concentración de eventos, moderada con algunos y muy baja en sectores en donde no se espacializan ni reportan afectaciones por incendios de las coberturas vegetales.

Figura 4.16. Categoría amenaza incendios según frecuencia



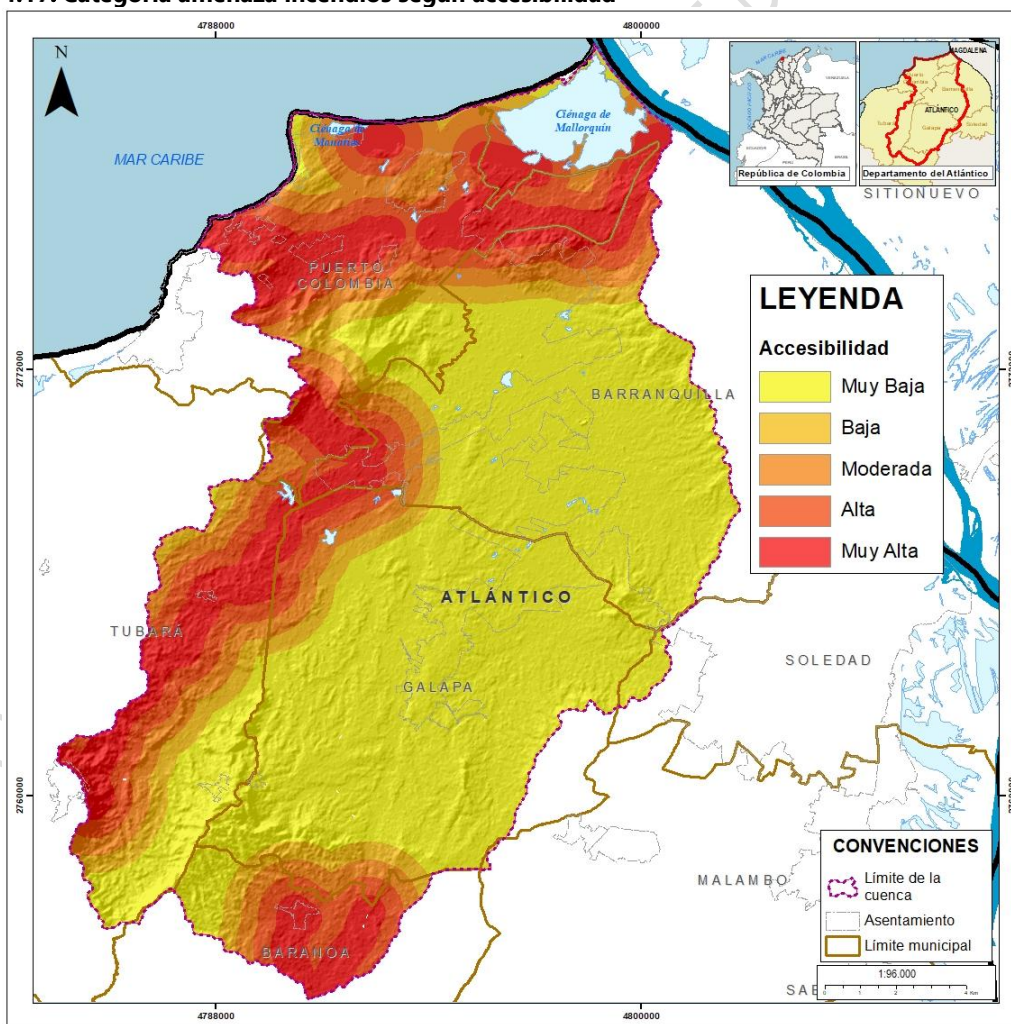
Fuente: El Consorcio, 2025

Especialmente, el mayor número de eventos se concentra al interior de la cuenca, en sectores donde predominan las coberturas asociadas a mosaicos de pastos y cultivos; situación que permite inferir que algunos eventos pueden ser detonados como resultado de la práctica de adecuación del terreno. Se destaca además, una significativa recurrencia de eventos en sectores aledaños a la ciénaga de Mallorcaín.

4.2.2.6. Accesibilidad

La accesibilidad en este caso se mide como la distancia a vías. Se considera una variable de interés, debido a que permite establecer la accesibilidad que tiene el ser humano a las áreas forestales y su posible incidencia en la generación de focos de incendio en la cobertura vegetal (IDIGER, 2019). Para la evaluación de esta variable, se extraen las vías primarias, secundarias y terciarias de la cartografía base y se reclasifican acorde con los lineamientos establecidos por el IDEAM (2011).

Figura 4.17. Categoría amenaza incendios según accesibilidad

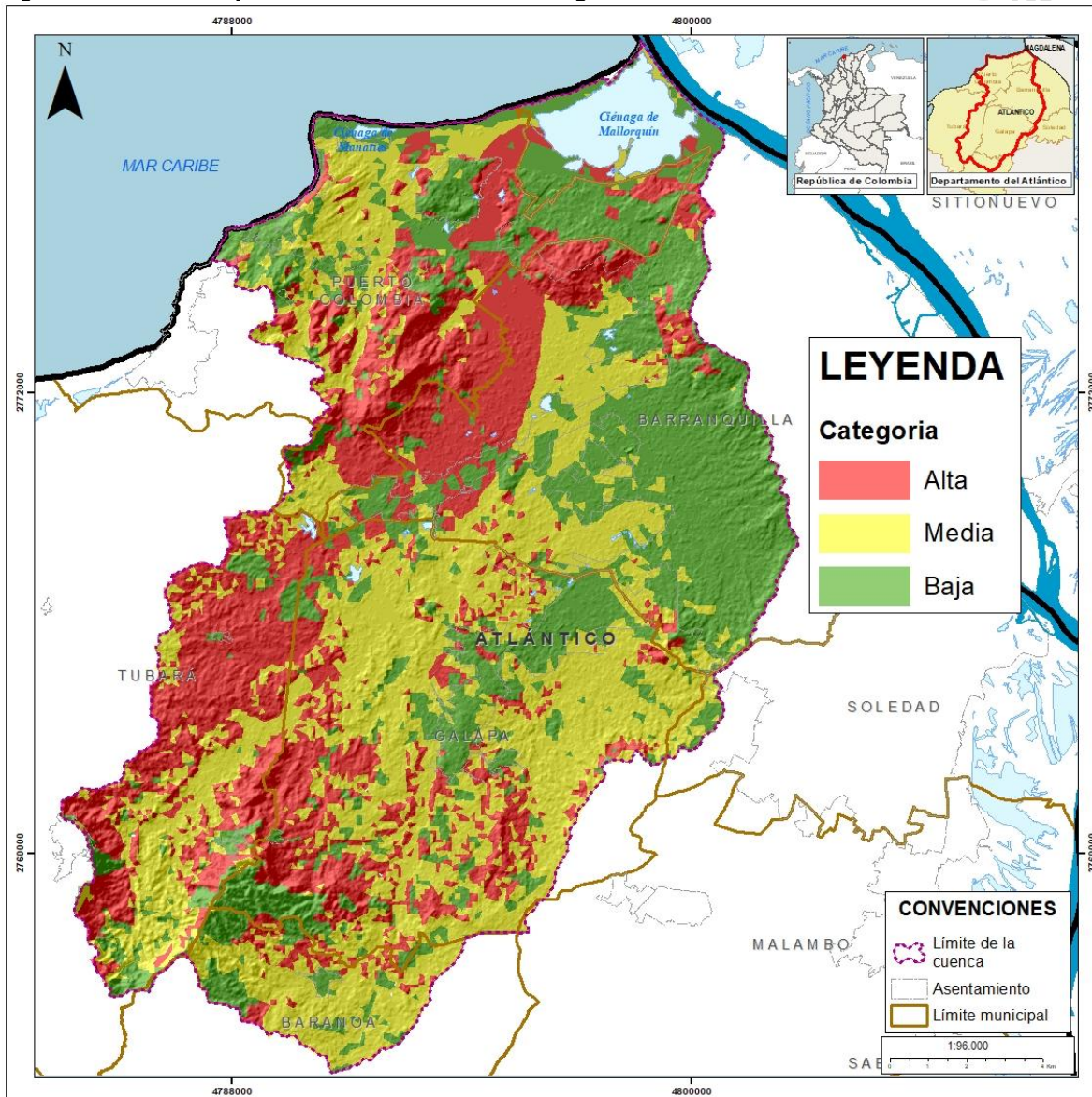


Fuente: El Consorcio, 2025

4.2.3. Resultados Obtenidos

Las categorías de amenaza por incendios de la cobertura vegetal se distribuyen de manera homogénea en el territorio, denotando que el 37,45% de la superficie del territorio se encuentra en categoría media, el 32,81% en categoría baja y el 29,74% restante en categoría alta.

Figura 4.18. Amenaza por incendios de la cobertura vegetal



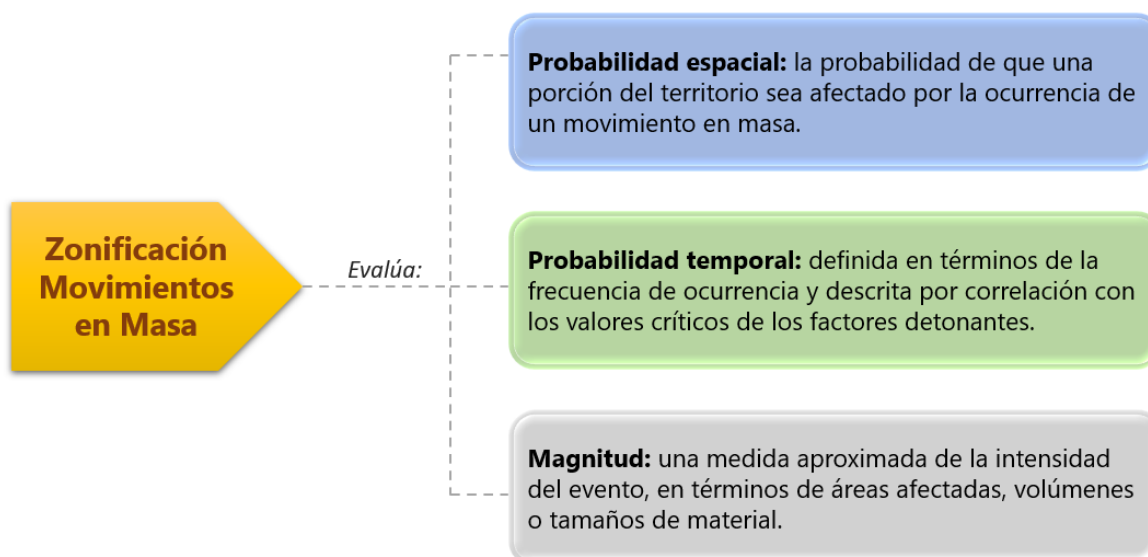
Fuente: El Consorcio, 2025

Las áreas categorizadas como altas se localizan principalmente en la parte media y alta de la cuenca, en los sectores con coberturas vegetales dominados por pastos y hierbas, que

han sido intervenidos por la malla vial y que cuentan con bajos niveles de precipitación. En contraste, las zonas de amenaza baja se localizan alrededor de los cascos urbanos, dada la existencia de superficies con escasa vegetación, situación que reduce la posibilidad de generación de puntos de ignición.

4.3. Movimientos en Masa

Los modelos de zonificación por movimientos en masa, son el resultado de la correlación de los procesos morfodinámicos, factores condicionantes (pendiente, tipo de material, geoforma, tipo de cobertura) y factores detonantes (Precipitación, actividad sísmica) del área de estudio. Su finalidad es establecer las características espaciales, temporales y de magnitud de la ocurrencia de estos eventos en un territorio (SGC, 2017).

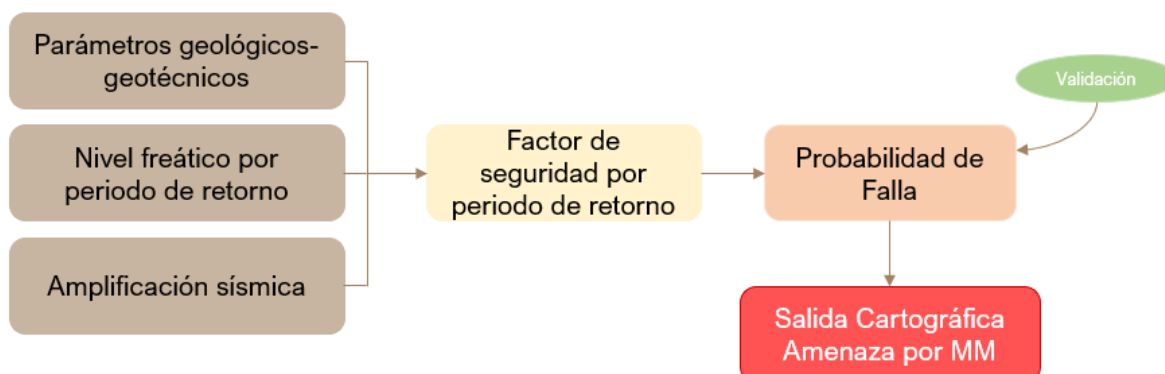


Fuente: SGC, 2017

4.3.1. Metodología

La evaluación de amenaza por movimientos en masa de la cuenca hidrográfica sigue los lineamientos del protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (2014), el cual sugiere un procedimiento determinístico bajo la valoración de diversos escenarios con presencia/ ausencia de agua y sismo en diferentes periodos de retorno. En la Figura 4.19 se describe metodológicamente la obtención de la amenaza por movimientos en masa.

Figura 4.19. Estructura metodológica zonificación amenaza MM



Fuente: El Consorcio con base en MINAMBIENTE, 2014

Este proceso para la zonificación de la amenaza involucra los siguientes pasos:

- Determinar los parámetros geológico – geotécnicos.
- Determinar el nivel freático por periodo de retorno.
- Determinar el valor de amplificación sísmica.
- Calcular el Factor de Seguridad (FS), mediante la siguiente ecuación

$$FS = \frac{C' + (Yh\cos^2\beta - \alpha hY\sin\beta - mY\omega h\cos^2\beta)\tan\Phi}{Yh\sin\beta\cos\beta + \alpha Yh\cos^2\beta}$$

Donde:

C' = Intercepción de cohesión

Φ = Ángulo de fricción

Y = Peso unitario de la capa de suelo

β = Inclinación del terreno

α = Coeficiente de aceleración horizontal y amplificación sísmica

h = Espesor de la capa de suelo

$mh = Z_w$ = Profundidad de la tabla de agua o posición del nivel freático que posteriormente será definida su obtención

FS = Factor de seguridad

- Generar los escenarios de amenaza en función de probabilidades, teniendo en cuenta la afectación del material debido a la ocurrencia de sismos y al cambio del volumen de infiltración de aguas en los taludes (agentes detonantes).
- Validar y calibrar la amenaza con las áreas dinámicas por procesos naturales y antrópicos existentes.

4.3.2. Variables

4.3.2.1. Parámetros geológicos-geotécnicos

El modelo geológico-geotécnico establece el comportamiento de los materiales dispuestos en superficie y su influencia en la estabilidad de la zona de estudio; para lo cual es de interés la determinación de los siguientes parámetros:

- Espesor promedio del suelo y/o depósito (h) de cada UGS para los casos de suelos, depósitos y materiales intermedios.
- Características de los materiales potencialmente inestables, mínimo se requiere la cohesión (C), el peso unitario del suelo (γ) y el ángulo de fricción (ϕ).
- Capacidad de carga y descarga de las rocas (porosidad y permeabilidad).

Estos parámetros en la cuenca en ordenación se asignaron considerando los resultados de laboratorio del componente de geología, sumado a información acerca de los valores típicos de las unidades geológicas superficiales en otros proyectos.

Tabla 4.5. Parámetros geo-mecánicos de las UGS

ID	Observaciones	Composición	Cohesión (Mpa)	Angulo de Fricción	Peso Unitario (KN/m3)
Stfl	Suelo transportado Fluvioacustre	Suelo transportado conformado por arenas finas, arcillas y limos	0,05	27	15
Sta	Suelo Transportado Aluvial	Suelo transportado conformado por gravas, arena de grano medio a fino, limos y arcilla	0,05	15	15
Ste	Suelo Transportado Eólico	Suelo transportado conformado por arena de grano medio a fino	0,0025	15	14
Ste	Suelo Transportado Eólico	Suelo transportado conformado por arena de grano medio a fino	0,0025	15	14
Ste	Suelo Transportado Eólico	Suelo transportado conformado por arena de grano medio a fino	0,0025	15	14
Ste	Suelo Transportado Eólico	Suelo transportado conformado por arena de grano medio a fino	0,0025	15	14
Stm	Suelo Transportado de Playa	Suelo transportado conformado por arena de grano medio a fino	0,05	27	15
Stll	Suelo Transporta Antrópico	Suelo transportado conformado por llenos de basura	0,05	27	15

ID	Observaciones	Composición	Cohesión (Mpa)	Angulo de Fricción	Peso Unitario (KN/m3)
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda de la formación Las Perdices	Areniscas y limolitas	5	25	2,5
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda de la formación Las Perdices	Areniscas y limolitas	5	25	2,5
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda de la formación Las Perdices	Areniscas y limolitas	5	25	2,5
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda de la formación Las Perdices	Areniscas y limolitas	5	25	2,5
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda de la formación Las Perdices	Areniscas y limolitas	5	25	2,5
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda de la formación Las Perdices	Areniscas y limolitas	5	25	2,5
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda de la formación Las Perdices	Areniscas y limolitas	5	25	2,5
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda de la formación Tubará	Areniscas	5	25	2,5
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda de la formación Tubará	Areniscas	5	25	2,5
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda de la formación Tubará	Areniscas	5	25	2,5
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia de la formación Tubará	Areniscas y arcillolitas	25	35	8,1
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia de la formación Tubará	Areniscas y arcillolitas	25	35	8,1
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda de la formación Hibácharo	Areniscas y arcillolitas	5	25	2,5
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda de la formación Hibácharo	Areniscas y arcillolitas	5	25	2,5
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia de la formación Tubará	Areniscas y arcillolitas	25	35	8,1
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda de la formación Hibácharo	Areniscas y arcillolitas	5	25	2,5
RsbQpp	Roca sedimentaria blanda de la formación La Popa	Areniscas	5	25	2,5
RsiQpp	Roca sedimentaria intermedia de la formación La Popa	Areniscas y calizas	5	25	2,5

ID	Observaciones	Composición	Cohesión (Mpa)	Angulo de Fricción	Peso Unitario (KN/m3)
RsiQpp	Roca sedimentaria intermedia de la formación La Popa	Areniscas y calizas	5	25	2,5
RsiQpp	Roca sedimentaria intermedia de la formación La Popa	Areniscas y calizas	5	25	2,5

Fuente: El Consorcio, 2025

4.3.2.2. Nivel freático

Para el caso del nivel freático, se adquiere ráster (resolución 12,5m x 12,5m) de profundidad de nivel freático (WTD) con promedios históricos para la cuenca, obtenidos de una modelación realizada para la Agencia mundial contra la escasez de agua con una resolución de 1Km x 1Km, el cual fue remuestreado con una interpolación cúbica para transformar la información acorde con la escala de trabajo como se muestra en la Figura 4.20.

Esta información fue corregida por periodo de retorno, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$WTD(Tr) = WTDmedia * \frac{Pmedia}{P(Tr)}$$

Donde,

WTD(Tr): Nivel freático por cada periodo de retorno

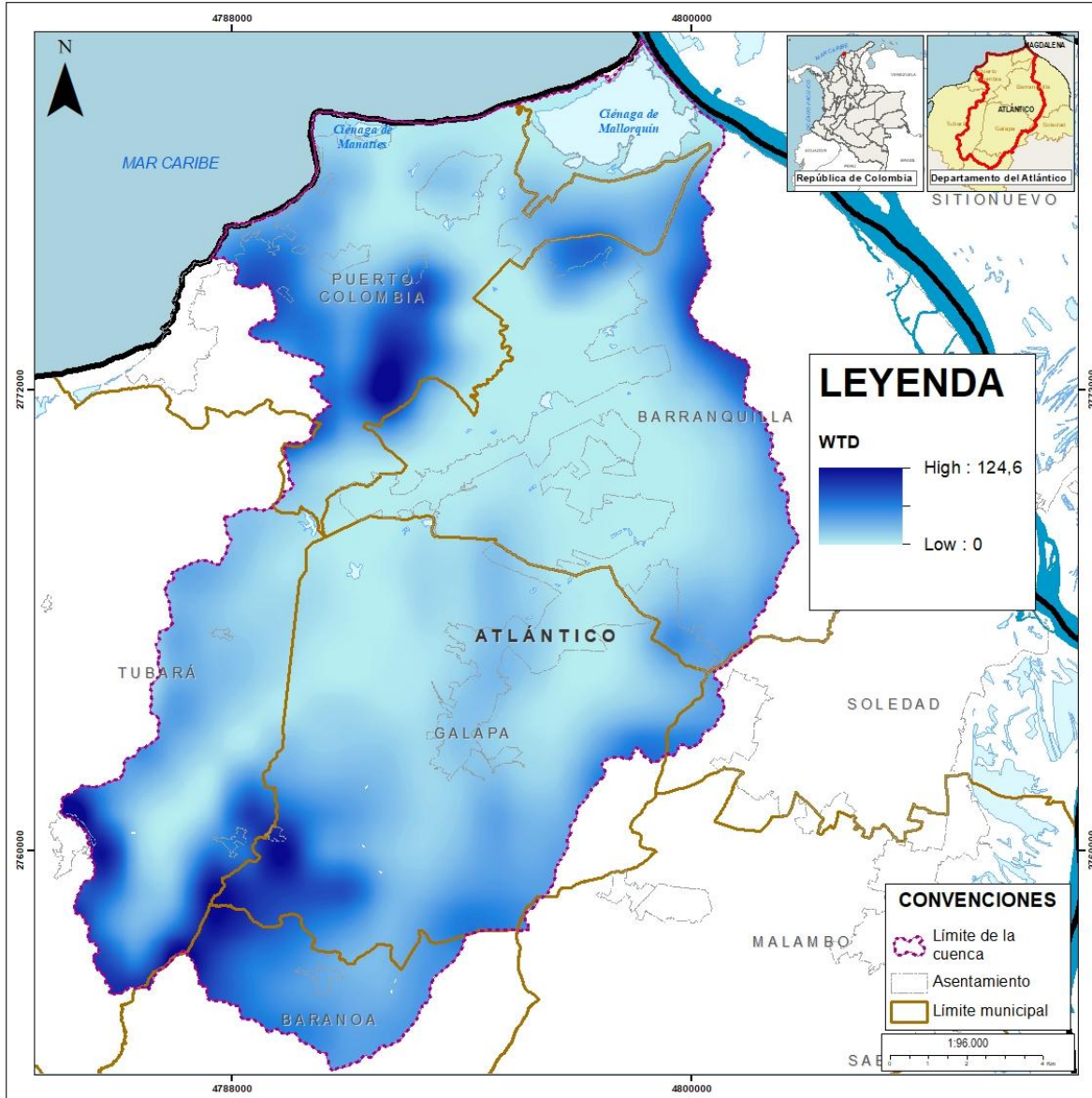
WTD(Media): Nivel freático promedio reportado por la agencia mundial contra la escasez de agua

Pmedia: Precipitación media diaria

P(Tr): Precipitación máxima diaria por periodo de retorno.

La posición de nivel freático (hw) que requiere la fórmula de factor de seguridad, se obtiene restando la WTD(Tr) del espesor del suelo.

Figura 4.20. Profundidad de nivel freático con promedios históricos (WTD)



Fuente: El Consorcio, 2025

4.3.2.3. Amplificación sísmica

La obtención de la aceleración sísmica aplicada para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, se genera a partir de la norma sismo resistente NSR-10 y demás lineamientos que se contemplan en ella, por lo cual se utiliza la expresión que se presenta a continuación:

$$S_a = 2.5 \times A_a \times F_a \times I$$

Donde:

Aa: Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva.

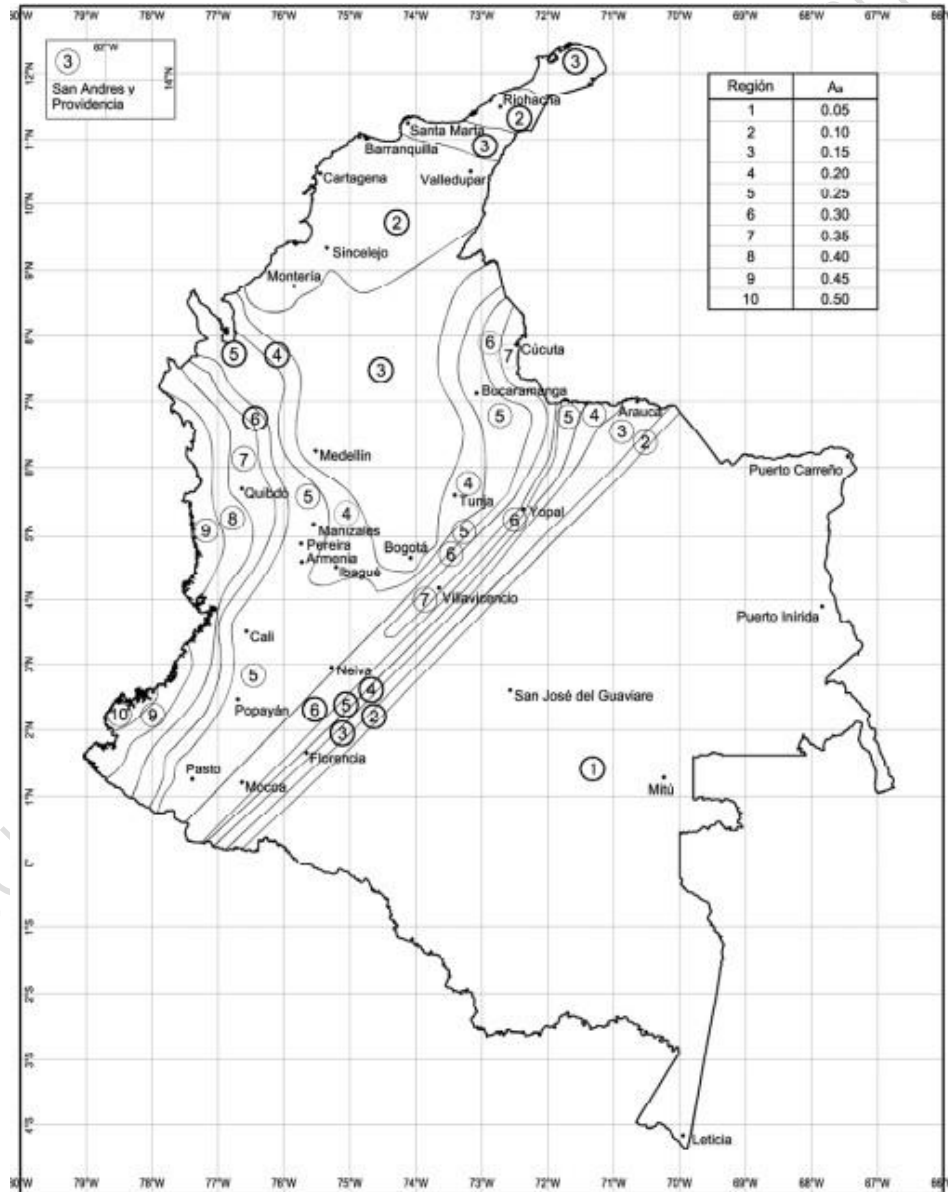
Fa: Coeficiente de amplificación.

I: Coeficiente de importancia.

▪ Coeficiente de Aceleración Horizontal Pico Efectiva (Aa)

Este coeficiente se determina a partir del número en la región donde se encuentra localizada la cuenca hidrográfica, usando el Aa propuesto en la NSR-10 como se muestra en la Figura 4.21.

Figura 4.21. Valores Aa tomado de la Norma Sismo Resistente



Fuente: NSR 10.

A partir del mapa de aceleración sísmica establecido en la NSR-10, para el área de la cuenca se obtiene un coeficiente de 0,1 localizado en la región dos.

▪ Definición del Tipo de Perfil de Suelo

Para la definición del perfil de suelo, se establece a partir de la clasificación propuesta en la tabla A.2.4-1 de la NSR-10 (ver Tabla 4.6).

Tabla 4.6. Clasificación de los perfiles de suelo para Colombia.

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de Roca Competente	$V_s \geq a 1500$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $S_u \geq 100 \text{ kPa}$ ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	Perfiles de suelo rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$) $>$ $S_u \geq 50 \text{ kPa}$ ($\approx 0,5 \text{ kgf/cm}^2$)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > V_s$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ 50 kPa ($\approx 0,5 \text{ kgf/cm}^2$) $>$ S_u
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2 10. Se contemplan las siguientes subclases: F1 – Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2 – Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 – Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F4 – Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36m)	

Fuente: Tomado de NSR-10. Tabla A.2.4-1. Pag. 22

En la Tabla 4.7 se presentan los valores para las unidades presentes en el territorio en ordenación:

Tabla 4.7. Definición del perfil de suelo por UGS

Nomenclatura	Deposito	Perfil
Stfl	Transportado	D
Sta	Transportado	D
Ste	Transportado	D
Ste	Transportado	D
Ste	Transportado	D
Ste	Transportado	D
Stm	Transportado	D
Stll	Transportado	D
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda	C
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda	C
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda	C
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia	B
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia	B
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda	C
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda	C
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia	B
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda	C
RsbQpp	Roca sedimentaria blanda	C
RsiQpp	Roca sedimentaria blanda	C
RsiQpp	Roca sedimentaria blanda	C
RsiQpp	Roca sedimentaria blanda	C

Fuente: El Consorcio, 2025

▪ Coeficiente de Amplificación (Fa)

Los valores de Fa están consignados en la , coeficiente que se encuentra en función de Aa y del tipo de perfil previamente definido. Para valores intermedios de Aa se permite interpolar entre los valores del mismo tipo de perfil.

Tabla 4.8. Valores del coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro

Nomenclatura	Deposito	Perfil	Fa
Stfl	Transportado	D	1,6
Sta	Transportado	D	1,6
Ste	Transportado	D	1,6
Ste	Transportado	D	1,6

Nomenclatura	Deposito	Perfil	Fa
Ste	Transportado	D	1,6
Ste	Transportado	D	1,6
Stm	Transportado	D	1,6
StII	Transportado	D	1,6
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbPgNgp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbNgt	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia	B	1
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia	B	1
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsiNgt	Roca sedimentaria intermedia	B	1
RsbNgh	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsbQpp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsiQpp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsiQpp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2
RsiQpp	Roca sedimentaria blanda	C	1,2

Fuente: El Consorcio, 2025

▪ Coeficiente de Importancia (I)

El coeficiente de importancia hace referencia a la relación entre el grupo de uso establecido y el valor asignado para cada categoría de acuerdo a sus condiciones, parámetros establecidos en la NSR-10 y se muestran en la Tabla 4.9

Tabla 4.9. Coeficiente de Importancia a partir del grupo de Uso

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia
IV Edificaciones indispensables	1,50
III Edificaciones indispensables	1,25
II Estructuras de ocupación especial	1,10
I Estructuras de ocupación normal	1,00

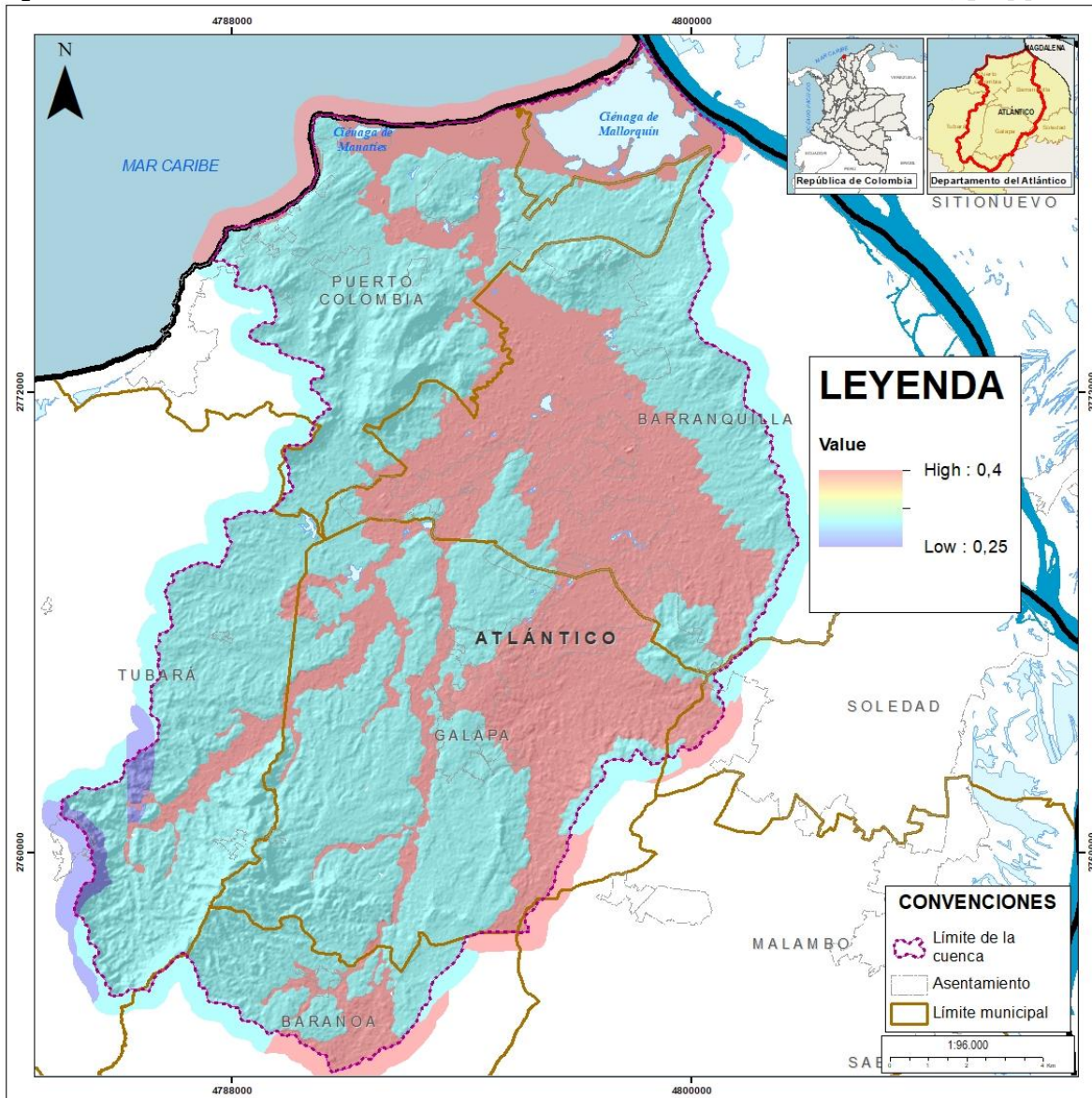
Fuente: Tomado de la NSR-10, Tabla A.2. 5-1, Pág. A-26

Para el área objeto de estudio, teniendo en cuenta la escala de trabajo y las recomendaciones establecidas metodológicamente, se asigna un coeficiente de 1,00 a partir del grupo de uso establecido de forma homogénea.

▪ Amplificación Sísmica (S_a)

Como resultado del relacionamiento de las variables descritas anteriormente, se obtiene el detonante sismo para la cuenca hidrográfica (Ver Figura 4.22)

Figura 4.22. Detonante Sismo

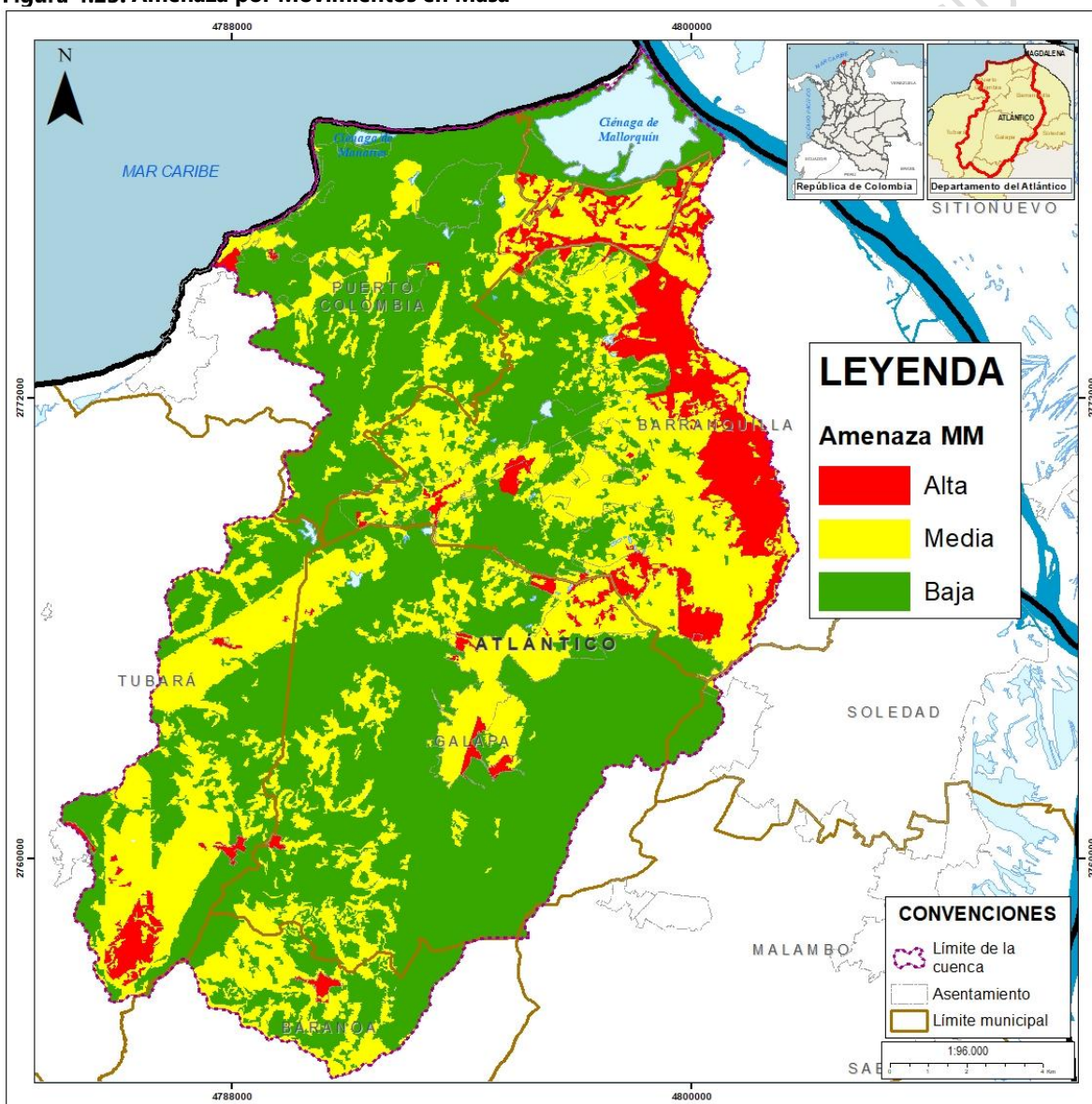


Fuente: El Consorcio, 2025

4.3.3. Resultados Obtenidos

La mayor proporción de la superficie del territorio (59,42%) exhibe categoría baja por movimientos en masa. Se caracteriza por presentar laderas con poca inclinación, con materiales con discontinuidades favorables y sin presencia de registros históricos que permitan predecir futuros movimientos. En general, áreas en las que confluyen pocas condiciones que favorezcan la ocurrencia de movimientos en masa.

Figura 4.23. Amenaza por Movimientos en Masa



Fuente: El Consorcio, 2025

Las zonas de amenaza media representan el 33,23% del área total de la cuenca, corresponden a áreas donde confluyen alguna de las condiciones intrínsecas o extrínsecas que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa, tales como la cercanía a las fallas locales, la presencia de cortes en caminos rurales, pendientes moderadas, erosión hídrica y modificaciones en el uso del suelo.

Esta categoría se localiza principalmente en el sector suroccidental del territorio en jurisdicción de los municipios de Baranoa y Galapa, dada la existencia de pliegues y trazados viales que generan condiciones de inestabilidad en los taludes.

Las zonas de amenaza alta corresponden con laderas en las que han ocurrido movimientos en masa o confluyen condiciones que favorecen su ocurrencia como áreas de fallamiento local, meteorización alta a moderada, discontinuidades desfavorables, alta pendiente, erosión hídrica alta y socavación permanente en los márgenes de los cuerpos de agua.

Dentro de esta área se localizan como sectores prioritarios la ladera nororiental de los de la cuenca perteneciente a los municipios de Puerto Colombia y Barranquilla, así como el sector de Guaimaral en el municipio de Tubará. Situación que fue ratificada por los actores durante los espacios de participación y recorridos rurales.

Figura 4.24. Colapso de vía y deslizamientos Guaimaral Tubará

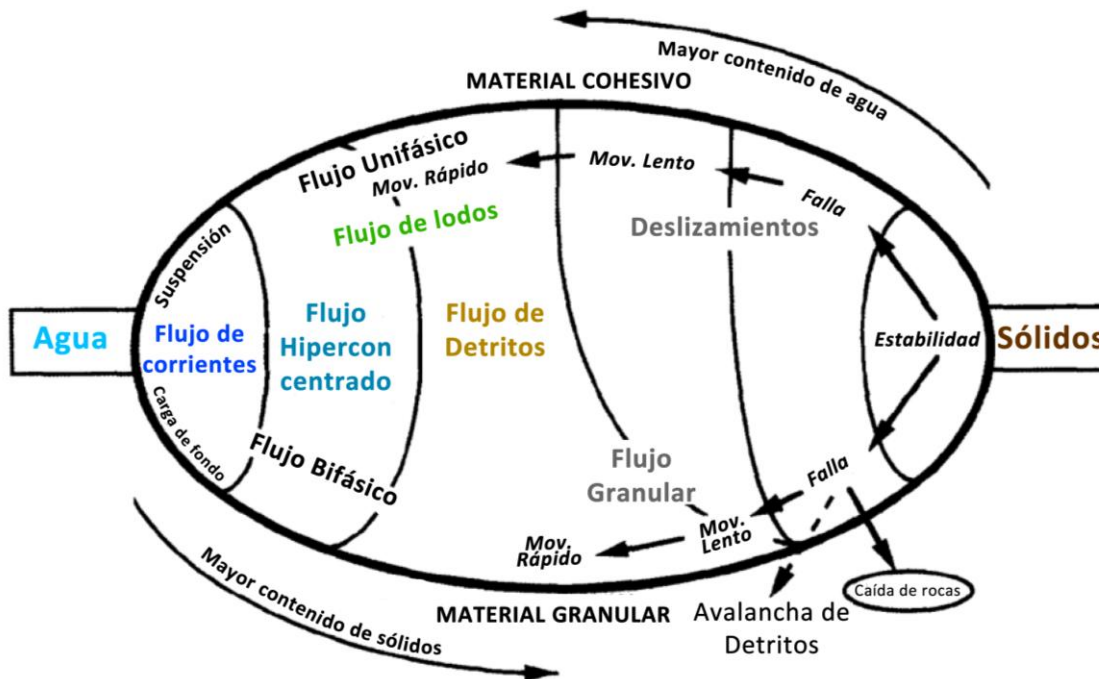


Fuente: suministradas por JAC Guaimaral, 2022

4.4. Avenidas Torrenciales

Los eventos de avenidas torrenciales o flujo de detritos se caracterizan por altas velocidades de flujo, grandes fuerzas de impacto y recorridos largos, causando afectaciones mucho más grandes en ocasiones en comparación con otros eventos extremos asociados a las dinámicas hidroclimáticas. El comportamiento de estos eventos dependerá de las propiedades de los elementos intervinientes: flujos de agua con concentraciones diferentes de sedimento, o sedimentos con diferentes tamaños, generarán un patrón de avenida particular en cada caso (SGC, 2021), como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4.25. Taxonomía de flujos geológicos



Fuente: Adaptado de Coussot y Meunier (1986).

Para efectos de acotar la variedad de fenómenos que pueden llegar a ocurrir, en el presente análisis de amenaza por avenida torrencial se adoptará la definición del SGC (2021, p. 17), referida a un “flujo rápido que transita por cauces permanentes o intermitentes con pendientes longitudinales altas que puede ser generado por efecto de lluvias intensas. Involucra el transporte de una mezcla entre agua y un contenido significativo de sólidos en diferentes proporciones”

En este sentido, el estudio de la amenaza por avenida torrencial dependerá, al igual que con las inundaciones, de las relaciones lluvia-escorrentía, con la introducción de las modificaciones en el régimen de flujo -particularmente relacionadas con los esfuerzos cortantes, de fricción y la viscosidad aparente- debidas a la presencia del material sólido arrastrado.

4.4.2. Metodología

De acuerdo con la información disponible, se describe a continuación la actividad realizada en cada una de las etapas específicas para el cálculo de la amenaza a partir del análisis de detonantes.

4.4.2.1. Análisis de detonantes: Precipitación.

Teniendo en cuenta la similitud del detonante por lluvias extremas entre los eventos de inundación y avenidas torrenciales, se utilizarán los mismos hietogramas calculados para la evaluación de la amenaza por inundación.

4.4.2.2. Iniciación: Sólidos de aporte.

Considerando los diagramas de flujo presentados por el SGC (2021) para la determinación del cálculo de volumen de sólidos de aporte para la modelación hidrodinámica, con la información disponible para el POMCA y su escala de detalle, no se cuenta con los insumos suficientes para la construcción de sedimentogramas que puedan ser incorporados a la modelación hidrodinámica.

Para solventar esta situación, y dado que para el análisis de la amenaza en el marco del POMCA cobra más relevancia a nivel de cuenca el proceso de transporte que el de iniciación teniendo en cuenta que la concentración de sólidos puede aumentar considerablemente en el recorrido de la avenida torrencial, se decidió realizar la simulación bajo un régimen de flujo de detritos -proceso morfodinámico bastante común encontrado en la Cuenca de acuerdo con el análisis geomorfológico morfoestructural- con un tamaño de grano típico de 0,5 mm dado que de acuerdo con las muestras de suelos analizadas en el componente de capacidad de uso, los suelos no contienen gravas y sus texturas son principalmente arenosas (contenido cercano al 50%) con contenidos variables de arcilla y limo -este en menor proporción-

Se adoptó una concentración volumétrica de sólidos después de la iniciación de 48% con un máximo de 65% para representar casos en que la avenida pueda ocasionar fallas en la roca con su correspondiente desprendimiento (O'Brien, 2014)

4.4.2.3. Transporte, arrastre y depósito.

En esta etapa se busca obtener la distribución espacial de velocidad y profundidad de la avenida para cada período de retorno a partir de la modelación hidrodinámica. Con tal fin, se programó una simulación en 2D con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS, empleado también para la amenaza por inundación.

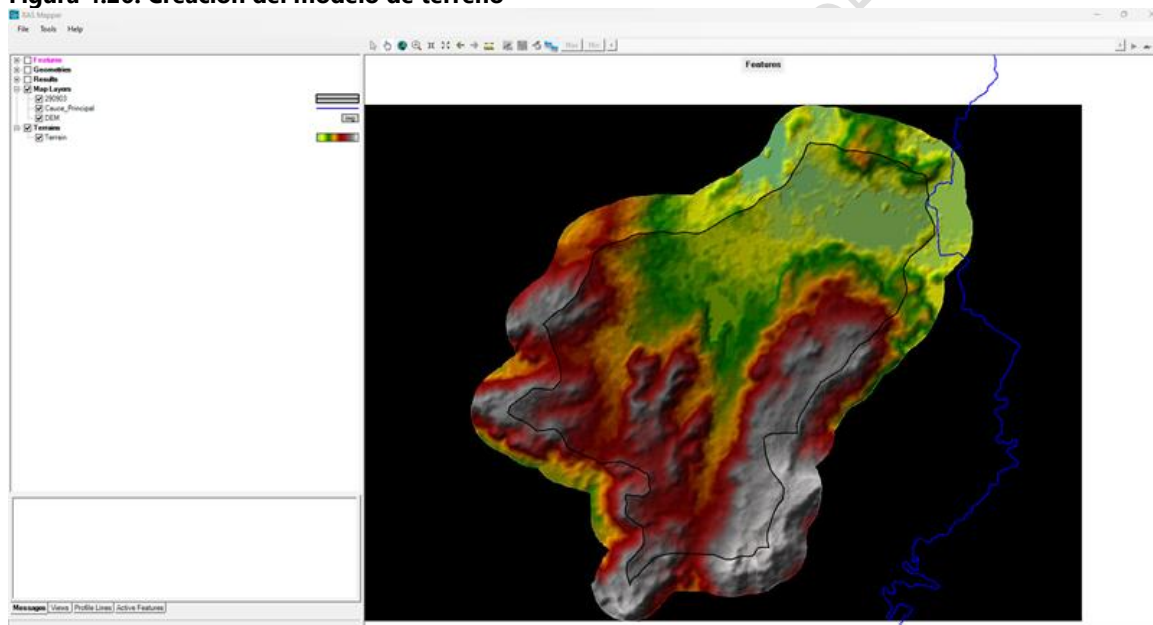
Como ya se indicó en la sección correspondiente a inundaciones, HEC-RAS cuenta con la opción de realizar la simulación en un entorno 2D desacoplado de manera que representa el escurrimiento de la precipitación sobre un modelo de terreno previamente definido, con

la opción de incluir hidrogramas obtenidos para los cauces principales en un análisis de crecientes como el que se ilustra en el capítulo de Hidrología del Volumen 1 del presente Informe de Diagnóstico. Adicionalmente, para el caso de avenidas torrenciales, es posible realizar la modelación del flujo de detritos suministrando la información correspondiente para la aproximación de flujo no newtoniano aplicada a la escorrentía. Con esta opción se realizaron las simulaciones hidráulicas y transporte de sedimentos para la determinación de la amenaza por avenidas torrenciales.

Los pasos efectuados en la herramienta informática fueron los siguientes:

- *Creación del modelo de terreno.* A partir del modelo de elevación desarrollado para el POMCA, se efectúa el cargue del mismo a la plataforma informática para la reconstrucción del modelo digital de terreno. Esto se realiza a través de la opción RAS Mapper que viene integrada en el menú.

Figura 4.26. Creación del modelo de terreno

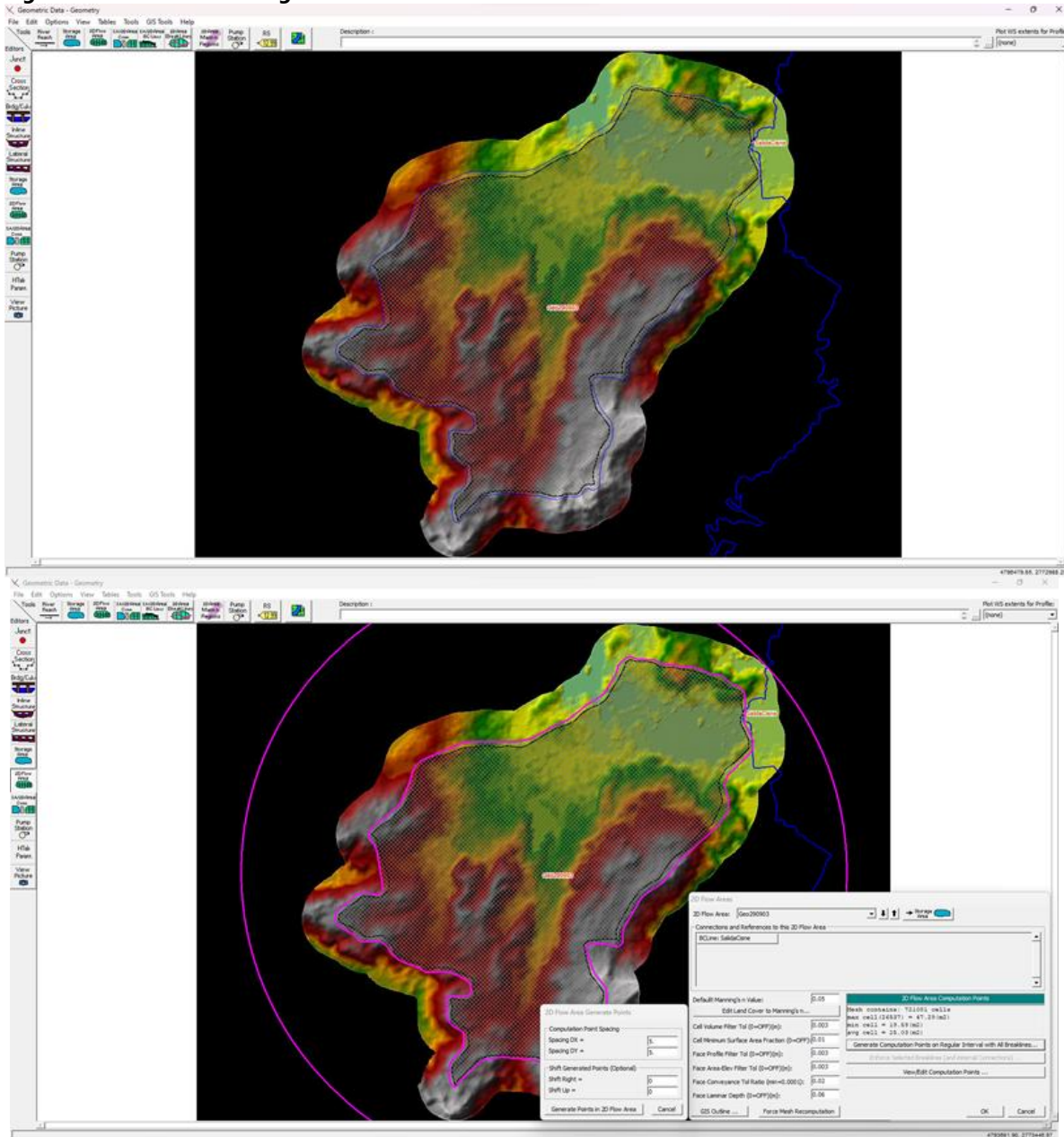


Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Creación de la geometría de simulación.* Una vez el modelo de terreno ha sido creado satisfactoriamente, se procede al delineamiento de la superficie para la simulación 2D, para la cual se creó una malla conforme con espaciado de 25 m de resolución. A partir de diferentes ensayos se definió ese tamaño de malla que permitiera un equilibrio entre la resolución espacial deseada y las necesidades computacionales para poder ejecutar el modelo.

Adicionalmente, y para representar la mayor fricción generada entre la avenida y el terreno, se adoptó un valor para el coeficiente de Manning de 0,12, acorde con los rangos típicos presentados por el SGC (2021, p. 69)

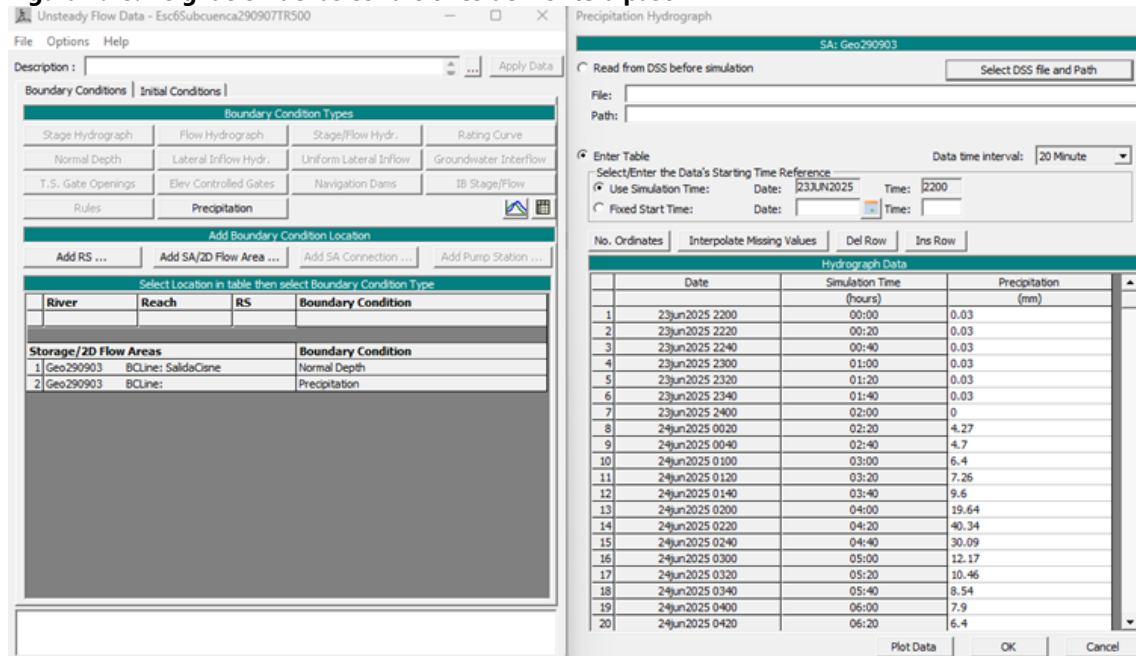
Figura 4.27. Creación de la geometría de simulación



Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Asignación de las condiciones de frontera.* Tomando en consideración la aplicación del modelo como se describió, se aplicaron condiciones de frontera correspondientes al hietograma sintético calculado, y las entradas/salidas de caudal en los puntos conocidos. Este se aplica mediante una condición de frontera superficial en el menú Unsteady Flow Data de la herramienta.

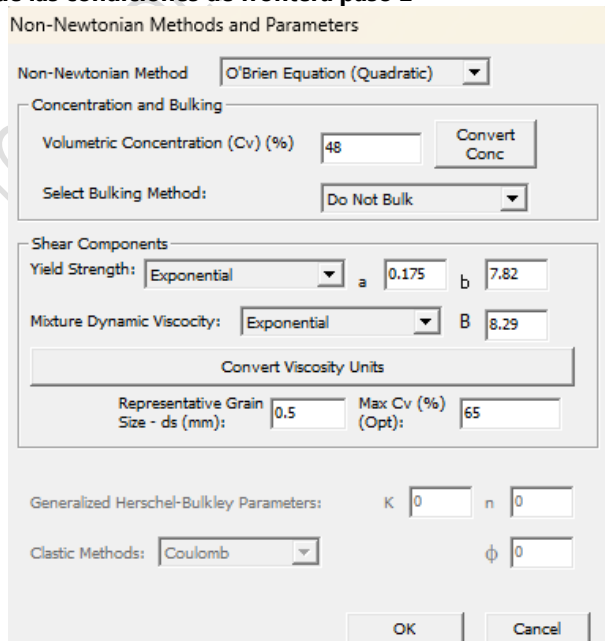
Figura 4.28. Asignación de las condiciones de frontera paso 1



Fuente: El consorcio, 2025

De igual manera, se asignaron los parámetros para la simulación no newtoniana, adoptando el modelo de O'Brien con correlaciones de esfuerzo cortante y viscosidad de tipo exponencial. Para estas correlaciones se adoptó la regresión de Kang y Zhang (1984, citada por O'Brien y Julien, 1988)

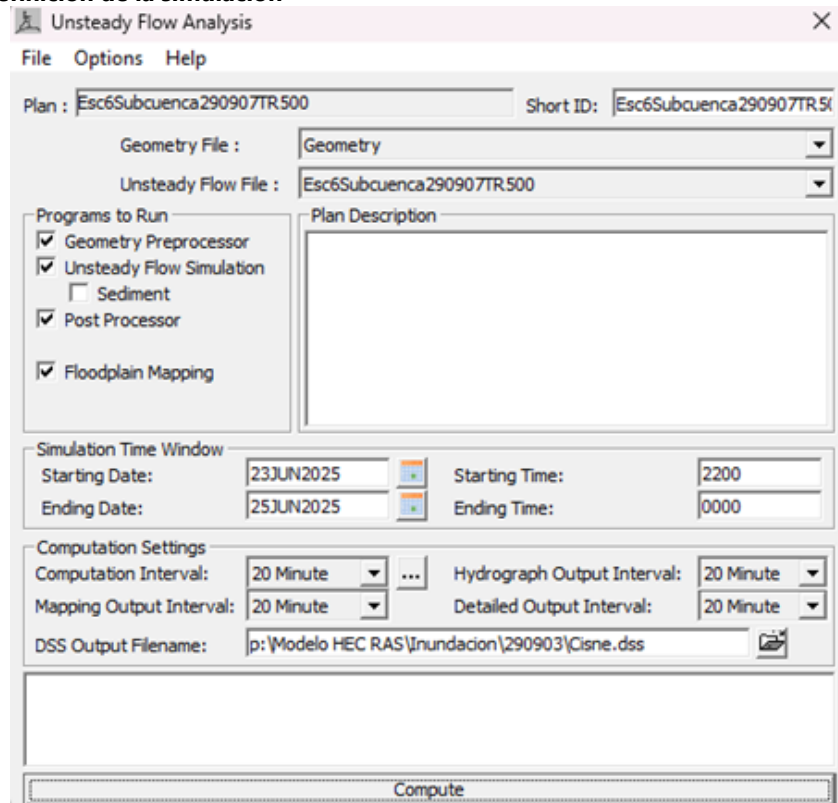
Figura 4.29. Asignación de las condiciones de frontera paso 2



Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Definición de la simulación.* La simulación se aplicó de manera no estacionaria, en un lapso de 24 horas con tamaños de paso temporal de 20 minutos y presentación de resultados cada hora simulada.

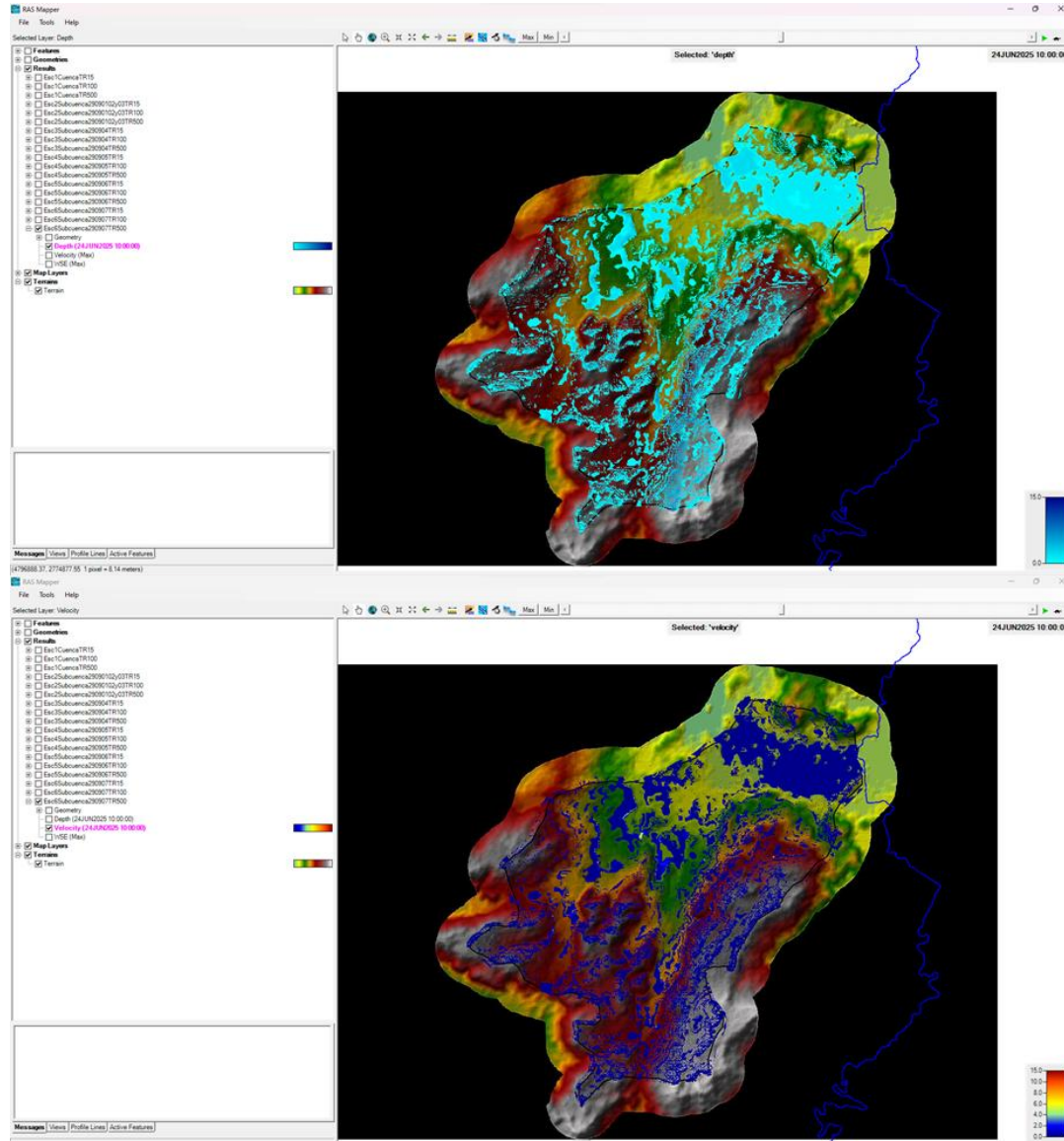
Figura 4.30. Definición de la simulación



Fuente: El Consorcio, 2025.

- *Lectura de resultados.* Nuevamente, haciendo uso del RAS Mapper, se puede visualizar directamente para la simulación efectuada, los resultados de profundidad y velocidad de la lámina de agua, así como la creación de los contornos de la cota de inundación máxima. Los pasos anteriormente descritos se efectuaron para la precipitación efectiva e hidrogramas con períodos de retorno de 15 años (amenaza alta), 100 años (amenaza media), y 500 años (amenaza baja)

Figura 4.31. Lectura de resultados



Fuente: El Consorcio, 2025.

4.4.2.4. **Cálculo de la amenaza.**

Como paso final se procesan los resultados espaciales obtenidos en el modelo para cada período de retorno de interés, calculándose el índice de intensidad de flujo, definido de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$I_{DF} = h_{m\acute{a}x} \|\vec{u}\|_{m\acute{a}x}^2 \quad (10)$$

donde:

$h_{máx}$ profundidad máxima de flujo
 $||\vec{u}||_{máx}^2$ magnitud máxima de la velocidad de flujo

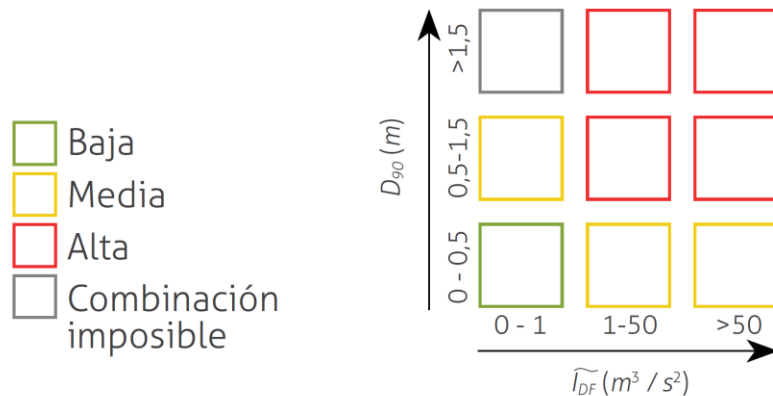
Posteriormente, se combinaron los valores de IDF para los diferentes períodos de retorno T_i en cada celda ráster mediante la siguiente ecuación:

$$\widetilde{I}_{DF} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{I_{DF,T_i}}{T_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i}} \quad (11)$$

Esta fórmula se diferencia de la propuesta por el SGC por la introducción del factor de corrección en el denominador. El factor es introducido debido a que la simulación se realizó solo para los períodos de retorno de 15, 100 y 500 años, de manera que la suma de sus probabilidades de ocurrencia (el inverso de los períodos de retorno) no es igual a 1.

Con estas suposiciones, se utilizó la escala propuesta por el SGC (2021):

Figura 4.32. Escala



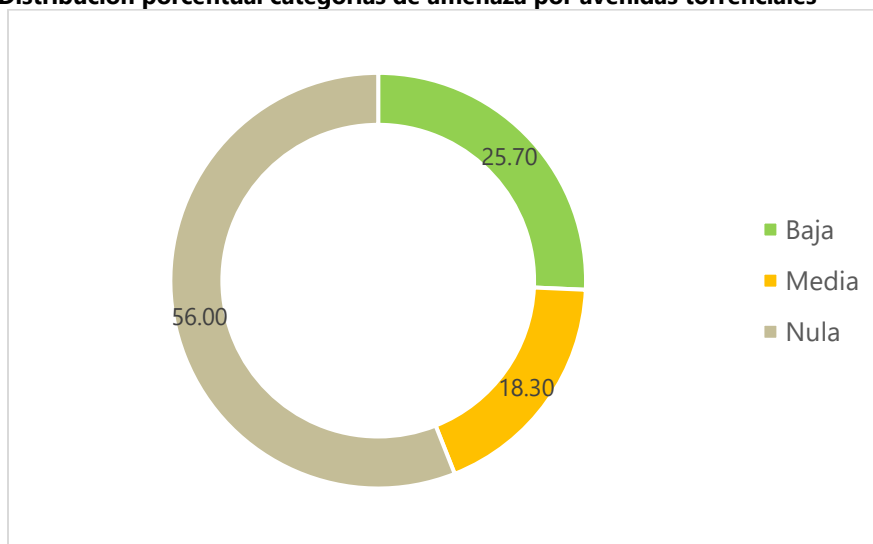
Fuente: Consorcio, 2025

4.4.3. Resultados Obtenidos

Las avenidas torrenciales no son un evento recurrente en la cuenca hidrográfica, lo cual se constata con el registro de tan solo 16 eventos en los últimos 50 años; además, no son reconocidas por los actores estratégicos como un fenómeno relevante.

El análisis de las características geomorfológicas e hidrológicas revela que el 56% del territorio ostenta una categoría nula por avenidas torrenciales, el 25,70% baja y el 18,30% media.

Figura 4.33. Distribución porcentual categorías de amenaza por avenidas torrenciales



Fuente: El Consorcio, 2025

La categoría media se localiza en la parte alta de la cuenca, en sectores con pendientes ligeramente inclinadas a inclinadas, en ambientes morfogenéticos denudacionales y fluviales. En términos geomorfológicos esta categoría se presenta principalmente en geofomas de montículos y ondulaciones denudaciones, cuesta, plano o llanura de inundación y lomeríos disectados.

A nivel territorial, los municipios de Galapa y Puerto Colombia exhiben mayor superficie de su territorio bajo la categoría media, con mayor probabilidad de ocurrencia sobre los cuerpos hídricos que atraviesan las veredas de La Sierra, Mengua y Sevilla del municipio de Galapa y la vereda de La Playa en el municipio de Puerto Colombia.

Figura 4.34. Amenaza por Avenidas Torrenciales



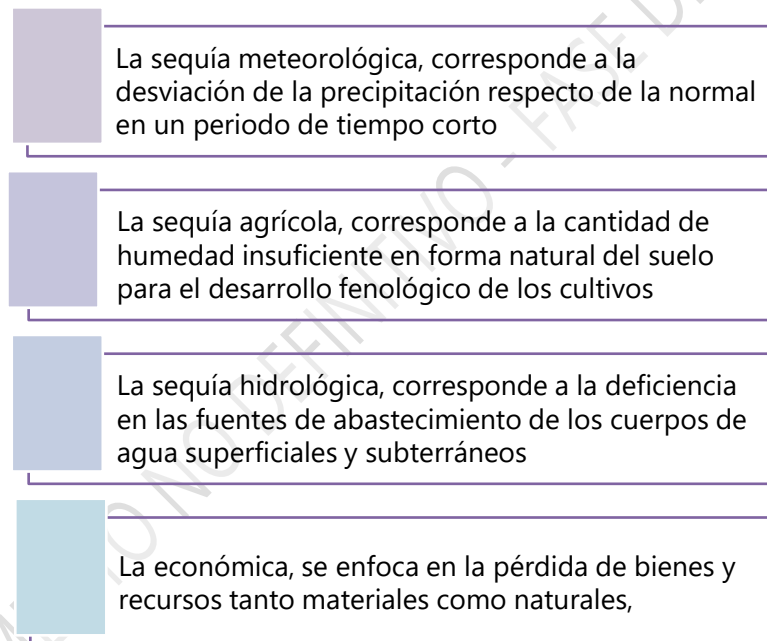
Fuente: El Consorcio, 2025

4.5. Otros Eventos

4.5.1. Sequía

La sequía es un fenómeno natural que se desarrolla de forma lenta y gradual, caracterizado por presentar bajas o la ausencia de precipitaciones en un área; generando déficit de los recursos hídricos necesarios para abastecer la demanda existente, ocasionando la degradación del paisaje, afectación de los hábitats naturales y diversidad biológica, alteración de la producción y rendimientos de los cultivos, degradación de la salud pública por la proliferación de vectores e incremento de enfermedades respiratorias infecciosas (Nobles, 2016).

Las sequías se clasifican de acuerdo con su enfoque y los efectos generados; los tipos de sequía son: meteorológicos, agrícolas, hidrológicos y económicos (Velasco et al., 2005).



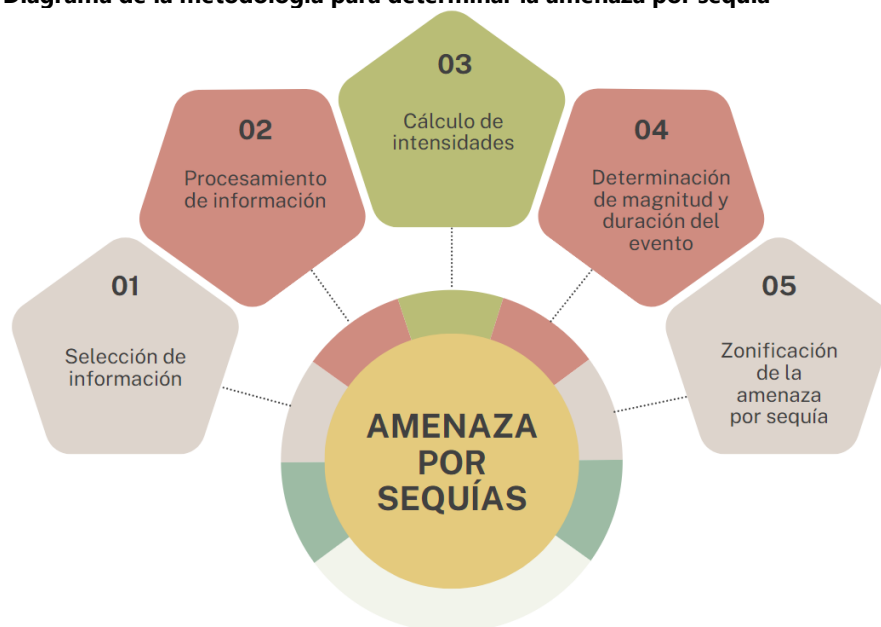
Fuente: Velasco et al., 2005

4.5.1.1. Metodología

La amenaza por eventos de sequía se determina con el método del índice normalizado de precipitación (SPI). Este método cuantifica la precipitación en varias escalas temporales, indicando el impacto de la sequía en el corto y largo plazo sobre la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos, debido a que permite realizar el análisis en diferentes escalas temporales de 3, 6, 12, 24 y 48 meses (OMM, 2012).

Se siguieron los pasos establecidos en la guía "índice normalizado de precipitación publicado por la Organización Meteorológica Mundial, como se observa en la Figura 4.35.

Figura 4.35. Diagrama de la metodología para determinar la amenaza por sequía



Fuente: El Consorcio, 2025

1. Selección de información: La información principal para determinar el evento de sequía se obtiene del IDEAM, los datos que se implementan en el método son series de tiempo de precipitaciones mensuales.
2. Procesamiento de información: El cálculo del SPI, se realizó de acuerdo con los lineamientos de la Organización Meteorológica Mundial en el documento "Índice normalizado de precipitación. Guía del Usuario". Este procedimiento se fundamenta, en el ajuste de los registros a una distribución de probabilidades, transformándolos posteriormente en una distribución normal, de modo que el SPI medio para el área y el período deseado sea cero (OMM,2012).
3. Cálculo de las intensidades de sequía: Posterior al cálculo del SPI para cada estación, se procedió a señalar la intensidad de los eventos de sequía, de acuerdo con las categorías establecidas por la Organización Meteorológica Mundial, haciendo énfasis en aquellos registros que presentan una desviación +/- 1.
4. Determinación de la magnitud y duración de los eventos de sequía: Se determina el comienzo, duración, intensidad, magnitud, frecuencia y finalización de las sequías que han ocurrido en la cuenca objeto a ordenación; este cálculo se realiza a partir de la longitud del periodo en el que se presente una secuencia continua de valores SPI iguales o inferiores a -1, comenzando cuando se presenta un valor por debajo de -1, y termina cuando se hace mayor a -1.

- Zonificación de la amenaza por sequía: La zonificación es determinada por periodos acumulados de 3 meses (SPI 3), permitiendo analizar la dinámica del evento en la cuenca con mayor claridad; con estos datos se determina la amenaza de acuerdo con la función de intensidad y probabilidad de ocurrencia de los eventos (Tabla 4.10).

Tabla 4.10. Amenaza por sequía

		INTENSIDAD				
		Muy alta	Alta	Media	Baja	
		SPI ≤ -2,0	-2,0 < SPI ≤ -1,5	-1,5 < SPI ≤ -1,0	-1,0 < SPI ≤ -0,5	
PROBABILIDAD	Muy alta	>40%	Muy alta	Muy alta	Alta	Media
	Alta	30 – 40 %	Alta	Alta	Media	Media
	Media	20 – 30 %	Alta	Media	Media	Baja
	Baja	10 – 20 %	Media	Baja	Baja	Baja
	Muy baja	<10%	Baja	Baja	Muy baja	Muy baja

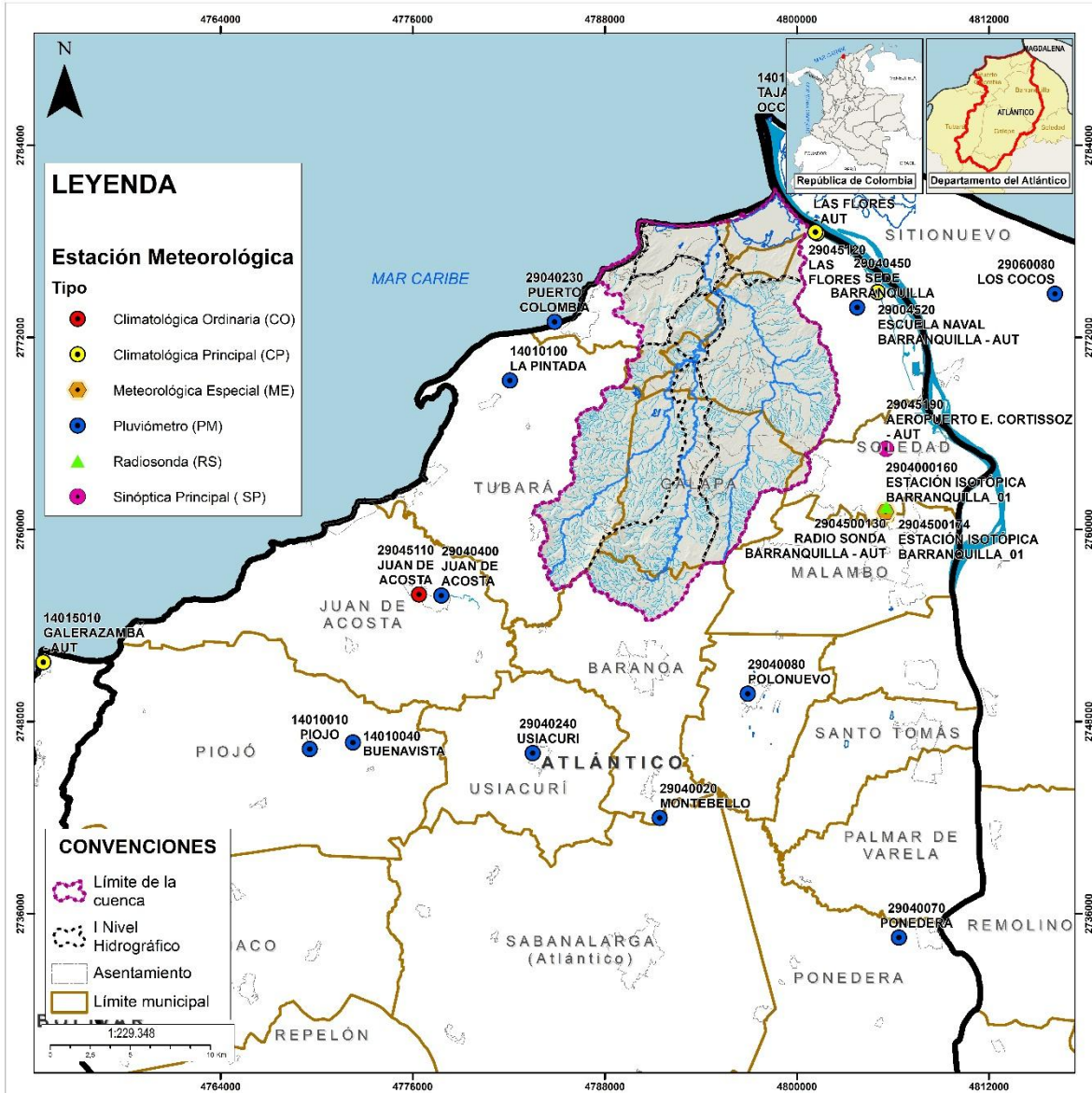
Fuente: Gonzáles et al (2016).

4.5.1.2. Variables

- Información base**

Los valores de precipitación son insumo base para el cálculo del SPI. La información del régimen de precipitación se recopiló a partir de estaciones meteorológicas del IDEAM existentes en la zona (Ver Figura 4.36). Antes de procesar la información, se efectuó un análisis de consistencia y homogeneidad que permitió completar y corregir los datos hidrometeorológicos de cada estación.

Figura 4.36. Localización de las estaciones IDEAM



Fuente: El Consorcio, 2025

▪ Intensidad del evento

Los eventos de sequía se presentan cuando el índice reporta valor de SPI menores a -1,0 y termina cuando los valores sobrepasan el valor de -1,0; estos valores del índice (SPI) se refieren a la intensidad del evento. La Organización Meteorológica Mundial establece la siguiente clasificación para los valores de SPI.

Tabla 4.11. Categorización de la intensidad de los eventos de sequía

RANGO	CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA
>2,0	Extremadamente húmedo	
1,5 a 1,99	Muy húmedo	

RANGO	CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA
1,0 a 1,49	Moderadamente húmedo	
-0,99 a 0,99	Normal o aproximadamente normal	
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco	
-1,5 a -1,99	Severamente seco	
<-2	Extremadamente seco	

Fuente: McKee et al, 1993.

Tabla 4.12. Ejemplo evaluación intensidad de los eventos de sequía – estación Juan de Acosta

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1993			0,98	-0,25	0,82	0,10	-0,76	-1,87	-0,53	-0,48	-0,77	-0,86
1994	-0,11	-0,91	1,20	-0,03	-0,15	-0,26	-0,99	-0,91	-1,04	-1,97	-1,58	-1,61
1995	-0,04	-0,10	-0,55	-0,21	-1,06	-0,08	0,22	0,49	0,23	-0,84	-1,21	-1,58
1996	-1,55	-0,89	-0,04	-0,66	-0,10	-0,19	-0,78	-0,84	-0,97	-0,35	-0,81	-0,94
1997	-1,12	-0,48	-0,77	-0,28	-0,64	-0,73	-0,79	-0,59	-2,16	-1,10	-0,99	-1,06
1998	-1,57	-0,84	-0,17	-0,15	-0,49	-0,86	-0,63	-1,05	-0,63	-0,77	-0,83	-0,83
1999	-0,74	0,13	-0,01	-1,07	-0,47	-0,37	-0,87	-0,64	-0,22	-0,19	0,10	0,40
2000	0,33	0,47	-0,55	-0,48	-0,19	-0,92	-0,47	-0,87	-0,63	-1,70	-1,79	-0,52
2001	-0,03	0,45	-0,08	-0,87	-0,24	-1,12	-1,32	-1,06	-0,60	-0,10	-0,45	-0,26
2002	-0,27	-0,12	-0,55	-0,63	-1,50	-1,75	-0,95	-0,59	-0,84	-0,49	-0,12	-0,56
2003	-0,96	-0,67	-0,35	-0,52	-1,04	-0,32	-0,31	-0,85	-0,45	-0,30	-0,56	0,11
2004	0,13	0,80	-0,55	-0,50	-0,09	-0,79	-0,45	-0,40	-0,39	-0,72	-0,66	-0,48
2005	-0,09	-0,82	-0,10	-1,87	-0,75	-0,53	-0,28	-0,64	-0,54	-0,18	-0,33	-0,23
2006	-0,30	-0,94	0,52	-0,23	-0,23	-0,76	-0,74	-0,86	-0,96	-1,01	-0,51	-0,66
2007	-0,41	-0,40	-0,83	0,56	0,18	-0,19	-0,87	-0,10	0,28	0,72	-0,90	-1,01
2008	-0,88	-0,48	-0,46	-0,29	-1,14	-0,93	-0,64	-0,07	-0,13	0,11	0,40	-0,26
2009	-0,26	-0,88	-0,97	-2,49	-1,53	-0,26	-0,36	-0,31	-2,16	-2,10	-1,55	-0,99
2010	-0,53	-0,16	0,47	-0,58	-0,08	-0,02	0,47	0,87	0,46	0,12	-0,09	0,56
2011	0,59	0,18	-0,22	-0,56	-0,05	0,02	0,69	0,44	0,09	0,14	0,37	0,65
2012	0,18	-0,14	0,23	0,65	0,59	-0,15	-0,17	-0,12	-0,66	-0,35	-1,04	-0,51
2013	-0,50	-0,78	-0,35	-0,88	-0,79	-0,86	-0,28	-0,28	-0,59	-0,32	-0,43	-0,38
2014	-0,24	-0,65	-0,55	-1,44	-0,58	-1,53	-1,82	-1,64	-0,83	-0,29	-0,30	-0,29
2015	-0,12	-0,13	-0,02	-0,26	-1,75	-2,81	-2,23	-1,42	-1,11	-1,88	-1,00	-1,07
2016	-0,22	-0,65	-0,55	-0,41	-0,77	-0,39	-1,19	-1,24	-0,48	-0,53	0,03	-0,17
2017	-0,48	-0,85	0,60	-1,08	0,18	0,02	0,63	-0,05	-0,39	-0,81	-1,05	-0,73
2018	-0,03	-0,33	-0,15	-0,83	0,05	-0,87	-0,30	-1,58	-0,68	-0,79	-0,95	-0,45
2019	-1,98	-1,11	-0,55	-0,66	-0,21	-1,02	-0,23	-0,57	-0,91	-0,86	-0,95	-1,55
2020	-1,65	-1,11	-0,55	-0,47	-0,73	-0,21	-0,38	-0,12	0,19	-0,68	-0,22	-0,35
2021	0,10	-0,64	-0,16	-0,05	-0,86	-0,19	-0,62	-0,22	-0,03	-0,61	-0,26	-0,83
2022	-0,99	-1,11	-0,55	1,05	0,95	1,05	0,33	-0,06	0,00	-0,05	0,64	0,28
2023	0,42	-1,11	-0,53	-0,06	-0,92	-0,64	-0,52	-0,54	-0,94	-0,27	-0,91	-0,46

Fuente: El Consorcio, 2025

▪ Magnitud del evento

La magnitud de la sequía se refiere al déficit acumulado de precipitación durante un periodo seco. La magnitud se estima de acuerdo con la longitud del periodo en el que se presenta una secuencia continua de valores o inferiores a -1, este comenzará cuando el SPI presenta un valor menor a -1 y termina hasta el que valor supere -1.

▪ Probabilidad de ocurrencia

La probabilidad de ocurrencia de cada nivel de intensidad se calcula mediante la siguiente formula:

$$p = \frac{m}{n + 1}$$

Donde:

p = probabilidad

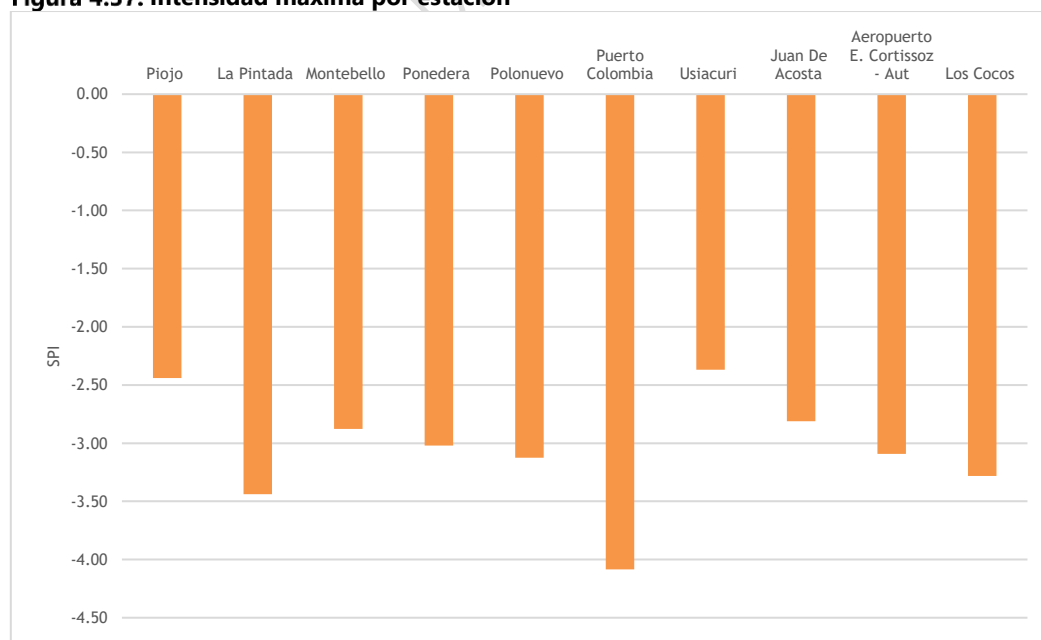
m = número de registros de un determinado nivel de intensidad

n = periodo de retorno del m -ésimo evento de los n registrados

4.5.1.3. Resultados obtenidos

En todas las series de precipitación empleadas para el análisis del SPI en la cuenca hidrográfica, se identificó al menos un evento de sequía, con intensidades máximas que oscilan entre -2,37 y -4,08; siendo la estación Puerto Colombia, la que presenta el nivel de sequía más crítico en todo el territorio.

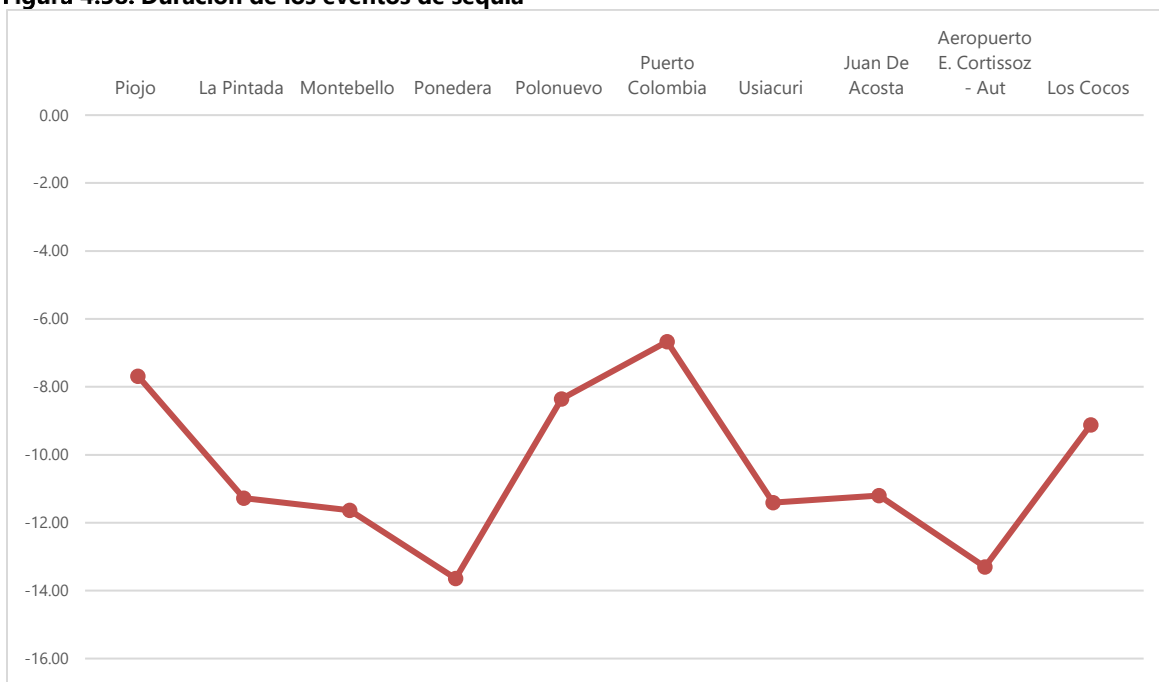
Figura 4.37. Intensidad máxima por estación



Fuente: El Consorcio, 2025

En relación a la magnitud, se han presentado periodos de sequía con duraciones que oscilan entre 4 y 8 meses; alcanzando magnitudes de hasta -13,64; siendo la estación de Ponedera, la que registró el periodo más largo de sequía (ver Figura 4.38).

Figura 4.38. Duración de los eventos de sequía



Fuente: El Consorcio, 2025

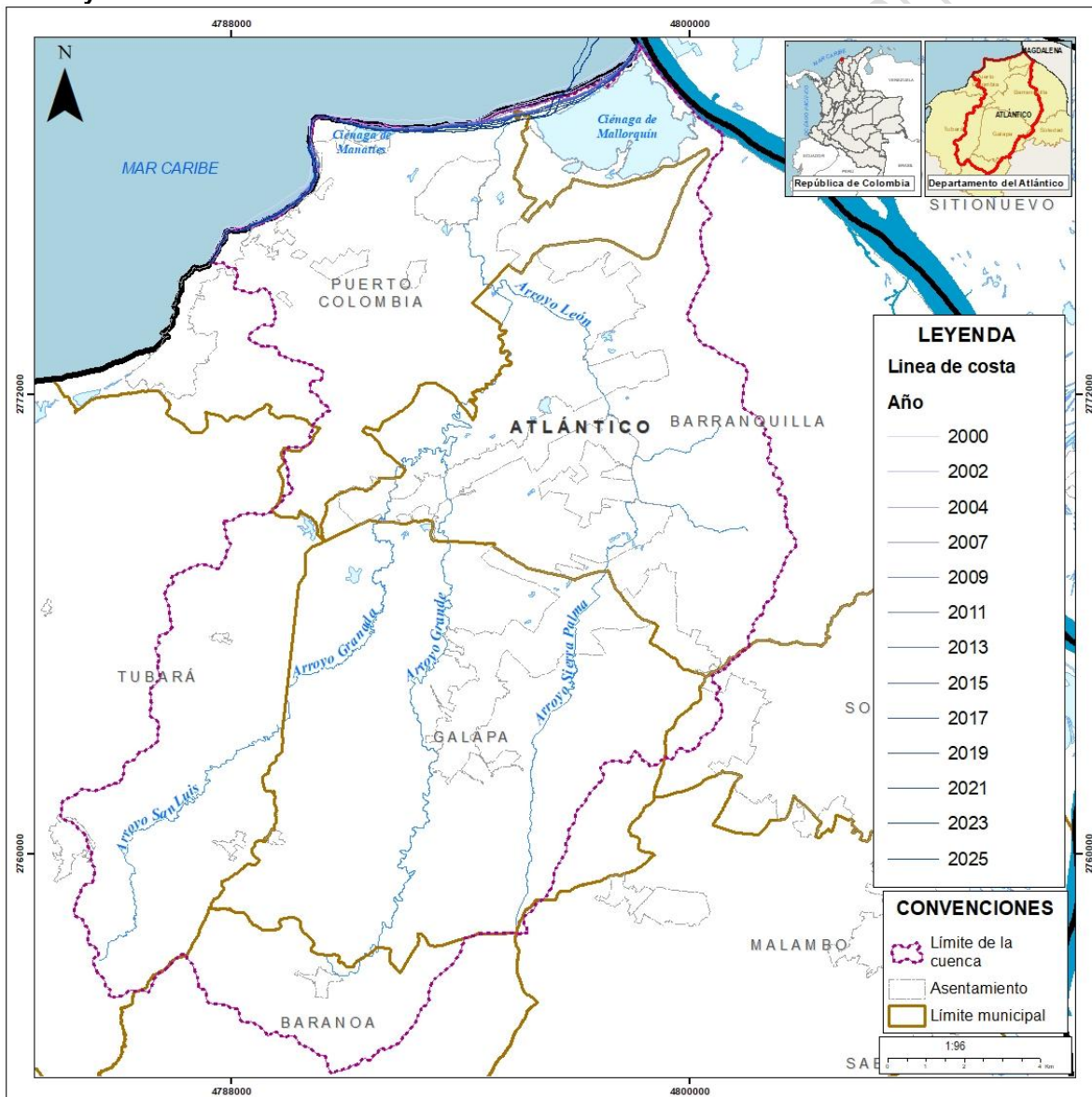
El comportamiento de la estación de Aeropuerto E. Cortissoz, por ejemplo, revela la ocurrencia de 46 eventos de sequía en el periodo comprendido entre 1996 y 2023, presentando la mayor magnitud de -13,30 desde mes de mayo de 2015 hasta mes de octubre de 2015, con un pico de intensidad de -3,09. Por otro lado, la estación Ponedera, registra la presencia de 47 eventos de sequía en el periodo analizado, alcanzando una magnitud de -13,64 durante los meses de mayo a diciembre de 2015.

Se puede evidenciar que varios periodos en los cuales se han presentado eventos de sequía muy prolongados son coincidentes con los procesos de variabilidad climática; periodos en los que existe una clara tendencia hacia la disminución generalizada de los volúmenes de precipitación. Por ejemplo, todas las estaciones presentaron meses extremadamente secos durante el año 2015, año catalogado como uno de los episodios más fuertes del fenómeno ENSO-niño.

4.5.2. Cambio en la línea Costera

Con el fin de describir los cambios geomorfológicos de la línea de costa en la cuenca de la ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León, se realizó un análisis multitemporal de imágenes satelitales de alta calidad, a partir del año 2000, obtenidas de Google Earth Pro. Estas imágenes fueron tomadas por los satélites Landsat de USGS/NASA. El análisis multitemporal se desarrolló en un periodo de 25 años. En cada imagen se demarcó la línea de costa, la cual es definida como esa posición de la interfaz tierra – agua en un instante de tiempo.

Figura 4.39. Evolución morfodinámica de la línea de costa en la cuenca ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León



Fuente: El Consorcio, 2025.

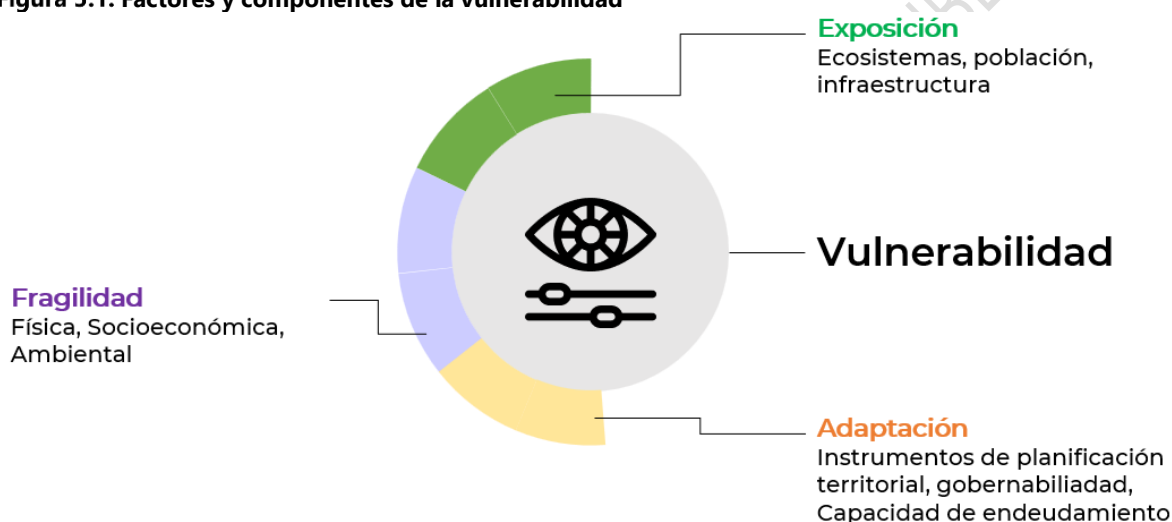
En la Figura 4.39, se observa la migración de la línea de costa en la cuenca de la ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León en el periodo 2000-2025, evidenciado la evolución histórica de la zona. En este análisis se obtuvieron los retrocesos y avances significativos a través de los 25 años, permitiendo evidencia de los cambios más significativos de la línea de costa se presenten al nororiente de la cuenca en el sector de Puerto Mocho, presentando una progresión y retrogresión de la sedimentación en este sector en algunos lapsos de tiempo debido a la dinámica fluvial del Río Magdalena y los procesos erosivos costeros en este sector, mientras que en otro se observa una retrogresión de la misma originando procesos de retrocesos y erosión de la línea de costa.

Además, hacia el sector noroccidental se observan que los cambios de línea de costa en el transcurso del tiempo no son significativos, mostrando una disminución de los retroceso y progresión de la sedimentación en este sector en su frente expuesto al Mar Caribe, sin embargo, en el sector Salgar se observan cambios significativos, no obstante, después de la construcción de los espolones en sector, estos cambios han disminuido en el transcurso del tiempo. En términos generales la línea de costa en los sectores de la cuenca de la ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León presenta una tendencia de aumento y regresiones en diferentes épocas.

5. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad hace referencia a la susceptibilidad de los elementos físicos, sociales, económicos y ambientales ante el impacto de una amenaza, así como la ausencia de la capacidad para asimilar y adaptarse a las condiciones adversas generadas por los fenómenos amenazantes (Schneiderbauer, et al., 2017). Se considera un factor interno al riesgo, compuesto por tres variables; exposición, fragilidad y capacidad de recuperación (Vera, J. y Albarracín, A., 2017).

Figura 5.1. Factores y componentes de la vulnerabilidad



Fuente: El Consorcio, 2025

5.1. Metodología

El análisis de vulnerabilidad para la cuenca hidrográfica se basa en el modelo de indicadores propuesto por el MINAMBIENTE (2014) en el *protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCAS*. Este modelo integra la susceptibilidad física de los elementos a ser afectados por la ocurrencia de un evento con la fragilidad y/o capacidad de resiliencia de las estructuras sociales, ambientales y económicas del territorio (Cardona, O. & D., 2001).

Bajo este contexto, la vulnerabilidad se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Vulnerabilidad = Exposición \times Fragilidad \times Falta \ de \ resiliencia$$

Que mediante el uso de índices se convierte en:

$$Vulnerabilidad = IP * IF / IR$$

Donde:

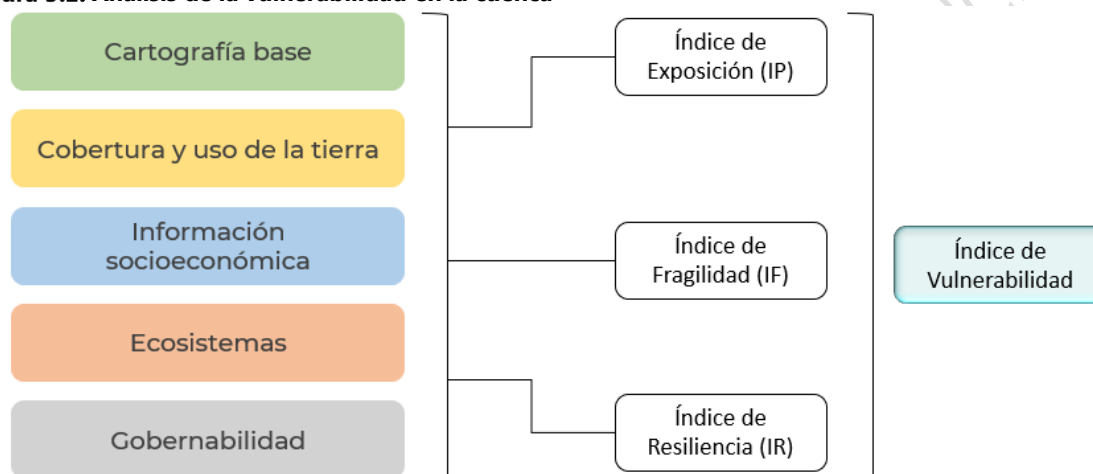
IP= Índice de pérdidas o índice de exposición

IF= Índice de fragilidad

IR= Índice de resiliencia

El análisis de la vulnerabilidad para la cuenca de la ciénaga de Mallorcaín y los arroyos Grande y León, hace uso de insumos como cobertura y uso de la tierra junto a la información socioeconómica del territorio (Figura 5.2).

Figura 5.2. Análisis de la vulnerabilidad en la cuenca



Fuente: El Consorcio, 2025

5.2. Variables

5.2.1. Índice de Exposición (IP)

La exposición comprende aquellos bienes naturales y elementos que están expuestos a ser afectados por los diferentes eventos amenazantes, se expresa en términos de activos de la población de acuerdo con el porcentaje de daño y se calcula mediante el índice de pérdidas (IP) (MINAMBIENTE, 2014).

El análisis de la exposición para la cuenca se desarrolla teniendo en cuenta el mapa de Coberturas y uso de la tierra a escala 1:25.000, que contempla los elementos expuestos; este se desarrolla en tres pasos fundamentales:

1. Realizar la zonificación para obtener zonas homogéneas para centros poblados (ZHCP) y zonas homogéneas rurales (ZHR).

2. Asignar a las zonas homogéneas los índices e indicadores que permitan establecer el modelo de exposición del área de estudio.
3. Calcular el Índice de pérdida o daño (IP).

5.2.1.1. Zonas Homogéneas Urbanas (ZHU)

Las zonas homogéneas de centros poblados se determinan con base al mapa de cobertura y uso de la tierra, del cual se extraen los polígonos que definen los centros poblados dentro de la cuenca, asignándole a estos los siguientes atributos:

Tabla 5.1. Atributos mínimos para la definición de las ZHU

POLÍGONO	ATRIBUTO	UNIDAD
1	Área (A)	Km ²
	Área construida (Ac)	Área construida/Km ²
	Densidad promedio de construcciones (DC)	%
	Tipo de cobertura y uso	Corine Land Cover
	Densidad de población	Habitantes/Km ²
	Zona homogénea centro poblado	ZHCP

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.1.2. Zonas homogéneas rurales (ZHR)

Las zonas homogéneas rurales comprenden los diferentes tipos de cultivos, bosques, y densidad de vegetación; las cuales se obtienen de la reclasificación del mapa de cobertura y uso de la tierra, y finalmente, se le asigna los siguientes atributos:

- Área de la zona.
- Cobertura y uso principal, usando la clasificación nivel 3.
- Relieve: plano, ondulado, montañoso.

Los atributos mínimos para la definición de las zonas homogéneas de las zonas rurales se establecen en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Atributos mínimos para la definición de las ZHR

POLÍGONO	ATRIBUTO	UNIDAD
1	Área (A)	Km ²
	Tipo de cobertura y uso	Corine Land Cover
	Tipo de relieve	Plano, ondulado, montañoso
	Zona homogénea rural	ZHR

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.1.3. Índice de pérdida o daños (IP)

El índice de pérdida estima el porcentaje de daños de la infraestructura de los centros poblados y de las zonas productivas en áreas rurales; para calcular este índice se requiere la estimación del indicador económico y de desarrollo.

El indicador económico y de desarrollo de la cuenca se obtiene para la fecha estimada o escenario de amenaza definido previamente, se puede obtener el precio por metro cuadrado de construcción en cada zona, mediante los indicadores de valores per cápita o normalizados con el PIB (MINAMBIENTE, 2014).

El índice por pérdidas o daños fue consolidado y definido en tres categorías con el objetivo de llevar a cabo un análisis espacial. El IP se clasifica en:

Tabla 5.3. Clasificación del índice de pérdida

ÍNDICE DE PÉRDIDA	CLASIFICACIÓN
Mayor de 0,75	Alta
0,50 - 0,75	Media
Menor de 0,50	Baja

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.1.4. IP para la zona urbana

El índice de pérdidas estimadas para los centros poblados comprende toda infraestructura ubicada dentro de la cuenca, como:

- Red vial primaria y secundaria.
- Puentes en la red vial primaria y secundaria.
- Infraestructura de servicios (sectores de generación de energía, distribución de energía, comunicaciones e hidrocarburos).

El análisis para cada zona homogénea se basa en la densidad de habitantes por Km² previamente calculado, el cual sirve como índice de referencia para estimar los tamaños de diferentes componentes de infraestructura para obtener el IVE o índice de precios por Km² de la zona. Los indicadores deben estar compuestos por:

1. Área total construida en la zona

$$\text{Área total construida en la zona} = \left(\frac{\text{área ocupada promedio}}{\text{Km}^2} \right) * \text{área del polígono}$$

2. Valor total de reposición

$$Vuso = CM * IVE$$

Donde:

Vuso: valor expuesto de cada uso o valor total de reposición (US\$)

CM: cantidad de área construida para uso (Km²)

IVE: índice de precios unitarios por Km² promedio de la zona (US\$/ Km²)

3. Ocupación

$$Ouso = CM * IH * PO$$

Donde:

Ouso: cantidad de personas ocupando un uso, ocupación (Hab)

CM: cantidad de área construida para cada uso (Km²)

IH: índice de ocupación para cada uso (Hab/Km²)

PO: porcentaje de ocupación de cada uso y para cada escenario (día o noche). Si no se tiene este dato se puede definir este valor como un pensando en una ocupación total ya sea en el día o en la noche (%)

La Tabla 5.4 presenta la información de los atributos del indicador.

Tabla 5.4. Atributos de los indicadores para el modelo de exposición para centros poblados

POLÍGONO	ATRIBUTO	UNIDAD
1	Área (A)	Km ²
	Tipo de cobertura y uso	Corine Land Cover
	CM, Cantidad de área construida para cada uso	Tipo de uso /Km ²
	IVE, Índice de precios unitarios por Km ² promedio de la zona.	US\$/ Km ²
	IH, Índice de ocupación para cada uso	Habitantes/ Km ²
	PO, porcentaje de ocupación de cada uso y para cada escenario	%
	Vuso, valor expuesto de cada uso	US\$
	Ouso, cantidad de personas ocupando un uso	Habitantes

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.1.5. IP para la zona rural

El índice de pérdidas en el área rural de la cuenca se determina para las zonas productivas y las áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales, al cual se le asigna costos mediante ponderación de valores obtenidos por medio de los índices de precio por hectárea estimados para Colombia, multiplicando por el área del polígono calculado.

1. Área total zonas productivas (agrícolas, ganaderas, etc.) o áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales

$$\text{Área total} = \frac{\text{área ocupada promedio por tipo de uso}}{Ha} * \text{área del polígono}$$

2. Valor total de reposición

$$Vuso = CM * IVE$$

Donde:

Vuso: valor expuesto de cada uso o valor total de reposición (US\$)
CM: cantidad de área dedicada a cada uso (Ha)
IVE: índice de precios unitarios por Ha promedio de la zona (US\$/Ha)

La Tabla 5.5 presenta la información de los atributos del indicador.

Tabla 5.5. Atributos de los indicadores para el modelo de exposición para zona rural

POLÍGONO	ATRIBUTO	UNIDAD
1	Área (A)	Ha
	Tipo de cobertura y uso	Corine Land Cover
	CM, Cantidad de área construida para cada uso	Ha / Tipo de uso
	IVE, Índice de precios unitarios por Km ² promedio de la zona.	US\$/ Ha
	Vuso, valor expuesto de cada uso	US\$

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.2. Índice de Fragilidad (IF)

La fragilidad se refiere a las condiciones que ponen en desventaja o debilidad a la estructura social de una comunidad frente a la ocurrencia de un evento amenazante.

Figura 5.3. Tipos de fragilidad



Fuente: El Consorcio, 2025

5.2.2.2. Fragilidad Física (Ff)

Expresa la condición de susceptibilidad de los asentamientos humanos ubicados en áreas propensas a presentar eventos amenazantes y con deficiencias de resistencia de los elementos expuestos para soportar las adversidades. Oscila entre los valores de 0 a 1, esta escala es establecida por el protocolo del MINAMBIENTE como se observa en la Tabla 5.6,

Tabla 5.6. Índice de fragilidad física

NIVEL DE AMENAZA	ÍNDICE
Alta	1,0
Media	0,5
Baja	0,0

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.2.3. Fragilidad Sociocultural (Fsc)

Es la predisposición que surge como resultado de nivel de marginalidad y segregación social del asentamiento humano, junto a las desventajas y debilidades de la integración y organización de la comunidad para hacer frente a los eventos amenazantes. Se representa como la sumatoria entre el índice de calidad de vida (ICV) y el índice de fragilidad cultural.

$$Fsc = ICV + Fc$$

Donde:

- Fsc= Fragilidad sociocultural
- ICV= Índice de calidad de vida
- Fs= Índice de fragilidad cultural

El índice de calidad de vida – ICV se calcula con base a la información disponible en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial Nacional (SIGOT). Los valores del índice variaran entre 0 y 0,5 (Tabla 5.7).

Tabla 5.7. Categorización del índice de calidad de vida

ICV	VALOR	CATEGORÍA
< 67	0,5	Alta
67 - 80	0,25	Media
> 80	0,1	Baja

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

El índice de fragilidad cultural – Fc se determinará por criterio experto, calificando de acuerdo si existen áreas declaradas como patrimonio natural o áreas apropiadas para el desarrollo de actividades de aprovechamiento del espacio público o de fuentes de subsistencia de comunidades.

Tabla 5.8. Categorización del índice de fragilidad cultural

ÁREA DE DIMENSIÓN CULTURAL	VALOR	CATEGORÍA
Área C	0,5	Alta
Área B	0,25	Media
Área A	0,0	Baja

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.2.4. Fragilidad Ecosistémica (Fe)

Es la condición de susceptibilidad de las áreas protegidas, áreas que prestan servicios ambientales o áreas que prestan servicios para satisfacer las necesidades básicas a las comunidades (acceso al agua, energía y aire) en la cuenca. Su calificación varía entre 0 y 1, donde 1 corresponde a coberturas que localizadas en áreas protegidas y 0 a áreas que no constituyen un ecosistema estratégico para la cuenca.

Tabla 5.9. Categorización del índice de fragilidad de ecosistemas estratégicos

ÁREA Y ECOSISTEMA ESTRATÉGICO	VALOR	CATEGORÍA
Satisfacción de necesidades básicas y equilibrio natural	1,00	Alta
Productividad y equilibrio natural	0,75	Media
Productividad	0,30	Baja
No constituye un área o ecosistema estratégico en la cuenca	0,00	Nula

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.2.5. Índice de Fragilidad

El índice de fragilidad es el resultado promedio de los valores resultantes de los tres tipos de fragilidad, como se muestra en la ecuación (21).

$$IF = \frac{Ff + Fsc + Fe}{3} \quad (24)$$

Donde:

- Ff*= Fragilidad física
- Fsc*= Fragilidad sociocultural
- Fe*= Fragilidad ecosistémica

Posterior al cálculo del IF, el resultado se categoriza con los valores establecidos por el protocolo, como se observa en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10. Indicador de fragilidad

VALOR	CATEGORÍA
0,75 – 1	Alta
0,5 – 0,75	Media
0 – 0,5	Baja

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

5.2.3. Índice de Resiliencia (IR)

La resiliencia es la capacidad que tiene un sistema social de prevenir, reaccionar con efectividad y asumir con eficacia los efectos ocasionados por la presencia de eventos de amenaza sobre las actividades productivas y la infraestructura presente. Así mismo, permite evaluar la capacidad de hacer frente a esos impactos y la recuperación a corto, mediano y largo plazo.

La evaluación de la resiliencia de la cuenca, se realiza mediante la categorización de acuerdo con los términos establecidos por el protocolo del MINAMBIENTE (2014), ver Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Indicador de la falta de resiliencia

FALTA DE RESILIENCIA ECONÓMICA	VALOR	CATEGORÍA
Se localizan las más importantes actividades productivas para el desarrollo económico de la región y/o hay presencia de infraestructura estratégica o vital. Hay destrucción total del medio ambiente físico	1,00	Muy alta
Se desarrollan algunas actividades económicas y se localiza infraestructura estratégica. Daños ambientales muy grandes y difíciles de reparar.	0,75	Alta
Pocas actividades productivas o de servicios. Perdidas ambientales serias pero reparables.	0,50	Media
Pocas actividades productivas o de servicios locales. Pérdidas ambientales locales.	0,25	Baja
No se desarrollan actividades productivas y no hay infraestructura. Elementos ambientales intactos.	0,0	Nula

Fuente: MINAMBIENTE, 2014.

5.3. Resultados Obtenidos

5.3.1. Zonas Homogéneas

5.3.1.1. Urbanas

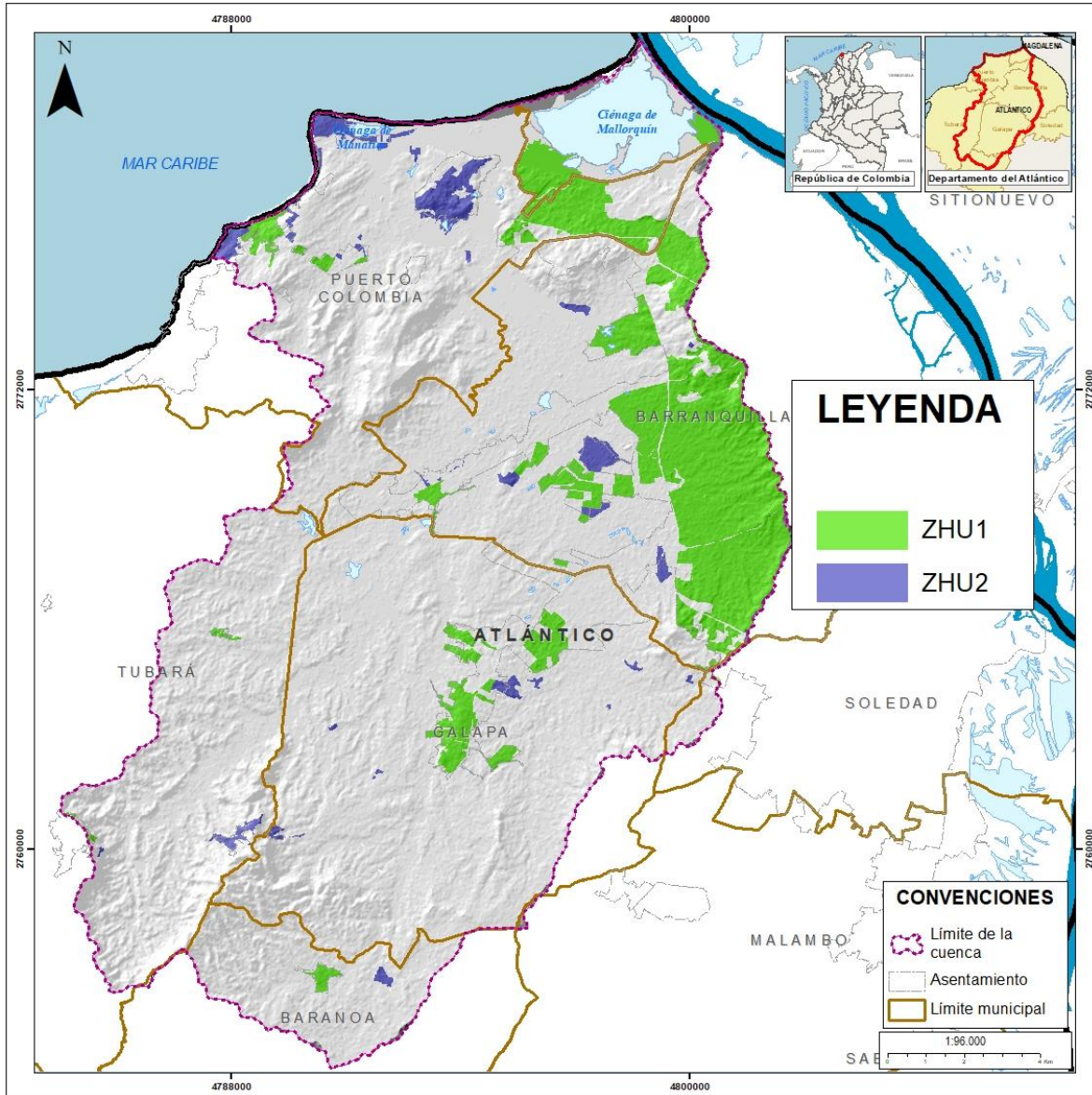
El 86,30% de las zonas homogéneas urbanas corresponde a coberturas de Tejido Urbano Continuo – ZHU 1, las cuales representan a los cascos urbanos de las entidades territoriales presentes en la cuenca. El 13,70% del área restante de la cuenca, se compone de áreas con coberturas de Tejido Urbano Discontinuo – ZHU 2, las cuales hacen referencia a los centros poblados.

Tabla 5.12. Atributos de las Zonas Homogéneas Urbanas (ZHU)

ZHCP	TIPO DE COBERTURA	ÁREA (%)
ZHU 1	Tejido urbano continuo	86,30
ZHU 2	Tejido urbano discontinuo	13,70
TOTAL		100

Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 5.4. Zonas Homogéneas Urbanas (ZHU)



Fuente: El Consorcio, 2025

5.3.1.2. Rurales

Las zonas homogéneas rurales representan el 85,77% de la superficie de la cuenca; esta categoría se distribuye en cinco clases como se observa en la siguiente tabla:

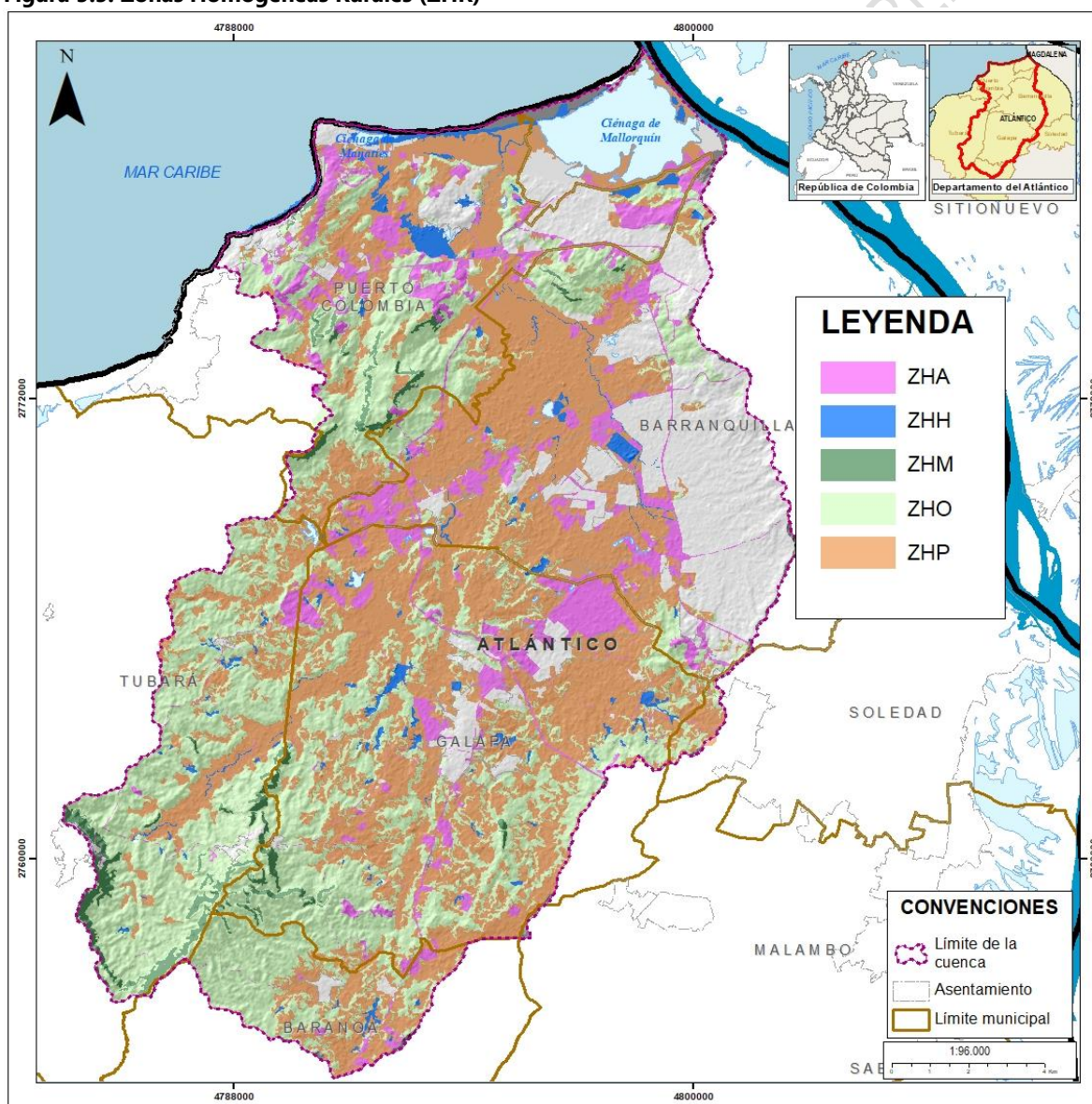
Tabla 5.13. Atributos de las Zonas Homogéneas Rurales (ZHR)

ZHR	TIPO DE COBERTURA	ÁREA (%)
ZHA	Coberturas en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales, extracción minera, instalaciones recreativas, obras hidráulicas, y red vial, ferroviaria y terrenos asociados.	10,52

ZHR	TIPO DE COBERTURA	ÁREA (%)
ZHH	Cuerpos de agua.	5,37
ZHM	Coberturas asociadas a territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales, ubicadas en pendientes topográficas superiores a 25%.	2,18
ZHO	Coberturas asociadas a territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales, ubicadas en pendientes topográficas entre 7% y 25%.	39,51
ZHP	Coberturas asociadas a territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales, ubicadas en pendientes topográficas entre 0% y 7%.	42,41
TOTAL		100

Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 5.5. Zonas Homogéneas Rurales (ZHR)



Fuente: El Consorcio, 2025

5.3.2. Índice de Pérdida o Daños

El índice de pérdida o daño de la cuenca hidrográfica oscila entre 0 hasta 1; se observan niveles de pérdidas o daños más significativos en las zonas asociadas a tejidos urbanos continuos; seguido de zonas con coberturas asociadas a territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales, ubicadas en pendientes topográficas superiores al 25% (ver Tabla 5.14)

Tabla 5.14. Índice de Pérdida o Daño por zonas homogénea

ZH	IVE	CM_USO	V_USO	IP
ZHA	103389251,29	32,51	3092228687,37	0,34
ZHH	131653440,89	36,76	2362319761,14	0,27
ZHM	31402766,44	15,80	638612812,28	0,47
ZHO	58969768,69	101,08	5468217826,46	0,31
ZHP	62144531,58	108,49	6746685700,45	0,19
ZHU 1	68549569,90	725,17	61913378649,03	0,84
ZHU 2	152233441,56	115,15	16352105715,46	0,36

Fuente: El Consorcio, 2025

La espacialización del índice de pérdidas o daños en la cuenca hidrográfica se muestra en la Figura 5.6. En la figura se evidencia que la mayor proporción del territorio (71,92%) se clasifica en la categoría de índice de pérdida bajo y se distribuye de manera homogénea entre las diferentes entidades municipales de la cuenca.

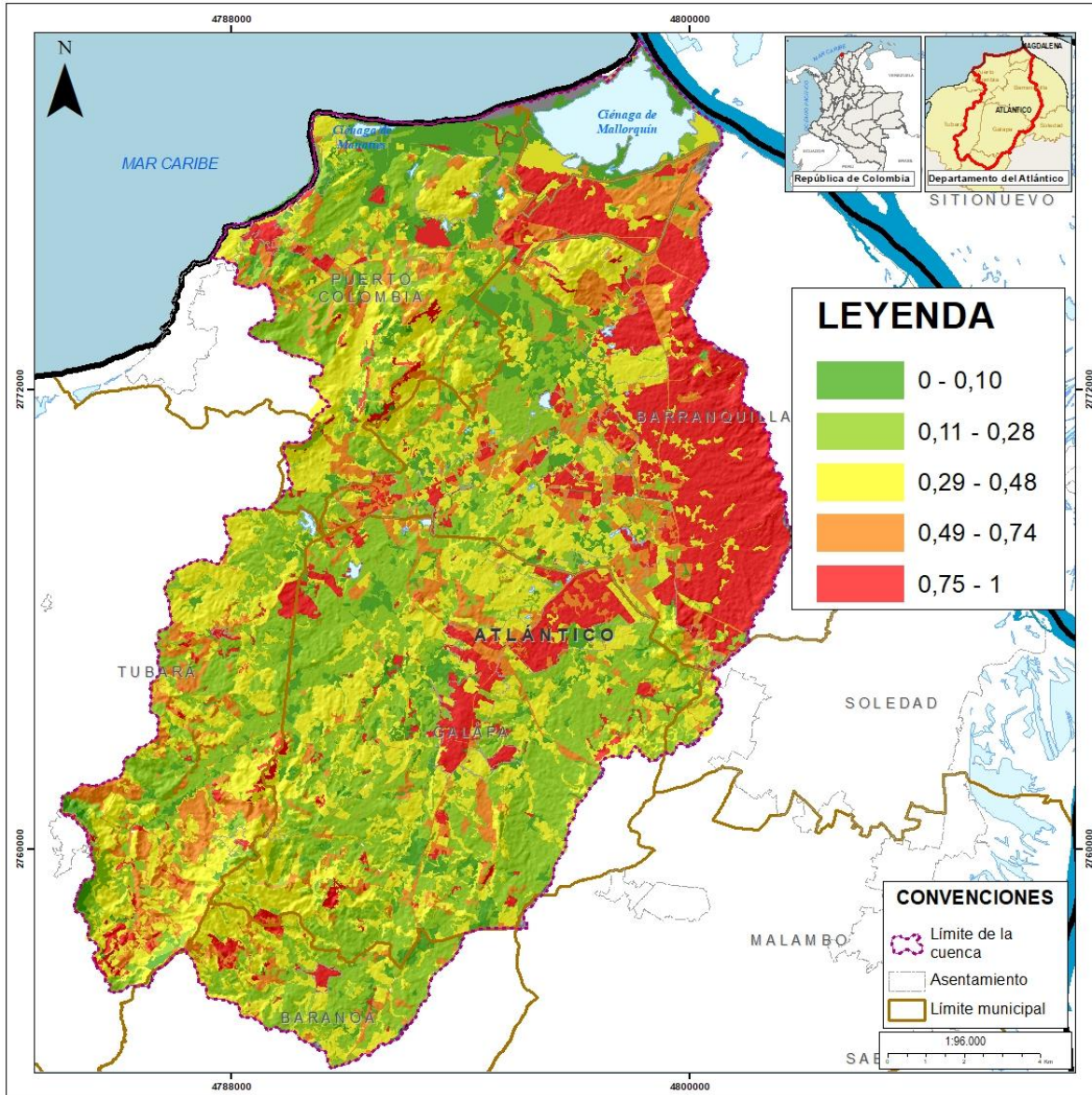
Tabla 5.15. Clasificación del índice de pérdida

ÍNDICE DE PÉRDIDA	CLASIFICACIÓN	ÁREA (%)
Mayor de 0,75	Alta	15,46
0,50 - 0,75	Media	12,63
Menor de 0,50	Baja	71,92

Fuente: El Consorcio, 2024.

El índice de pérdida alto representa el 15,46% de la superficie y se presenta primordialmente en el sector noreste del territorio, en jurisdicción de los municipios de Barranquilla y Puerto Colombia; debido a los altos niveles de ocupación de esas zonas.

Figura 5.6. Índice de pérdidas o Daños (IP)



Fuente: El Consorcio, 2025

5.3.3. Índice de Fragilidad

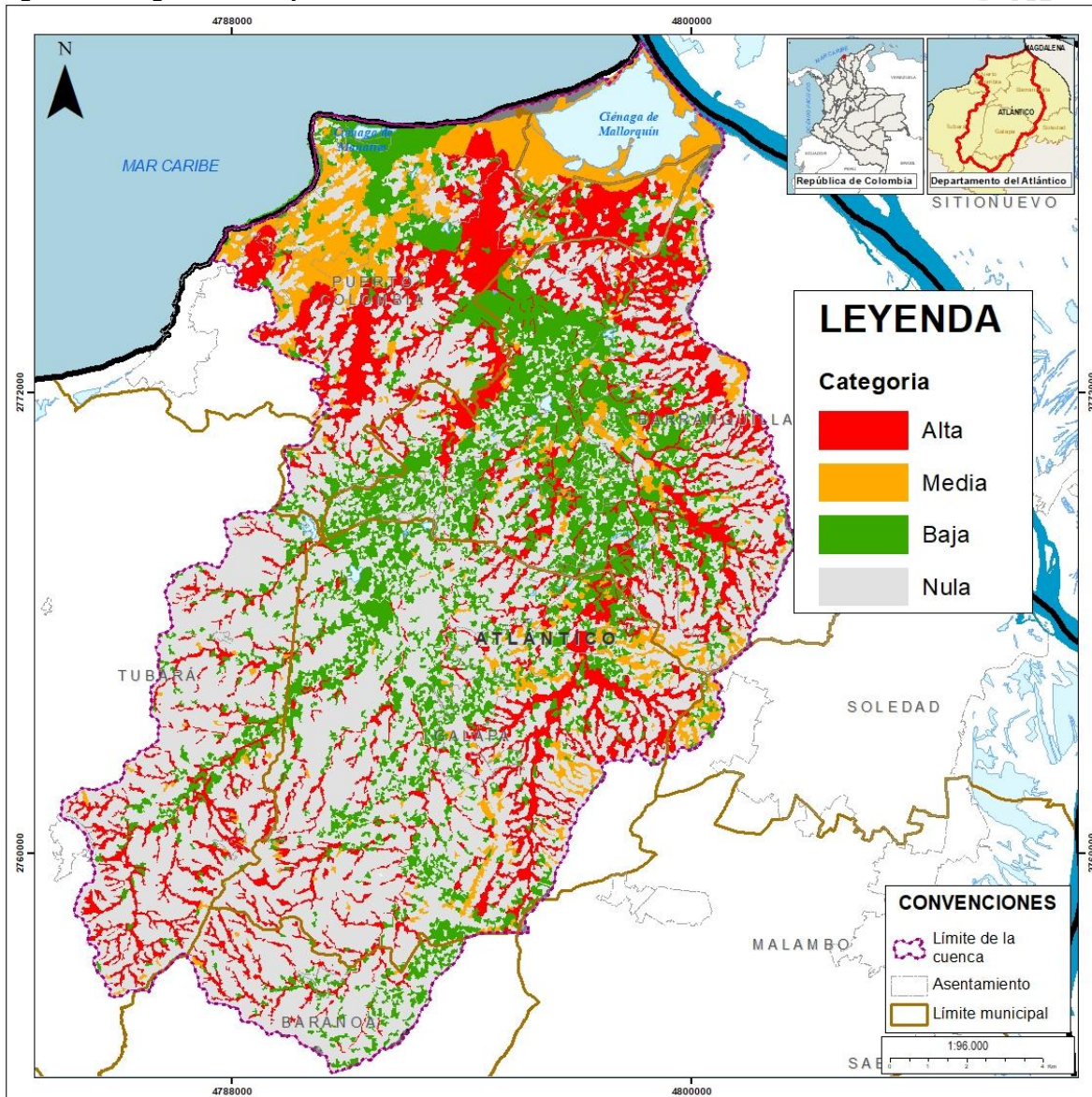
5.3.3.1. Fragilidad Física

La fragilidad física planteada en el protocolo se evalúa para los elementos expuestos de infraestructura estratégica (colegios, centros de salud, lugares de interés cultural, centros de acopio, centros de prestación y generación de servicios vitales, vías, elementos lineales para la prestación de servicios, entre otros) que pueden verse afectados por la ocurrencia de un fenómeno amenazante.

Al estar intrínsecamente relacionado con la exposición a la amenaza guarda una correlación directa con las categorías de amenaza, de tal forma que coberturas o áreas expuestas a amenazas se plantean más frágiles físicamente así: áreas expuestas a amenazas altas son completamente frágiles (valor 1); áreas expuestas a amenazas medias son moderadamente frágiles (valor 0,5); y áreas expuestas a amenazas bajas presentan fragilidad nula (valor 0).

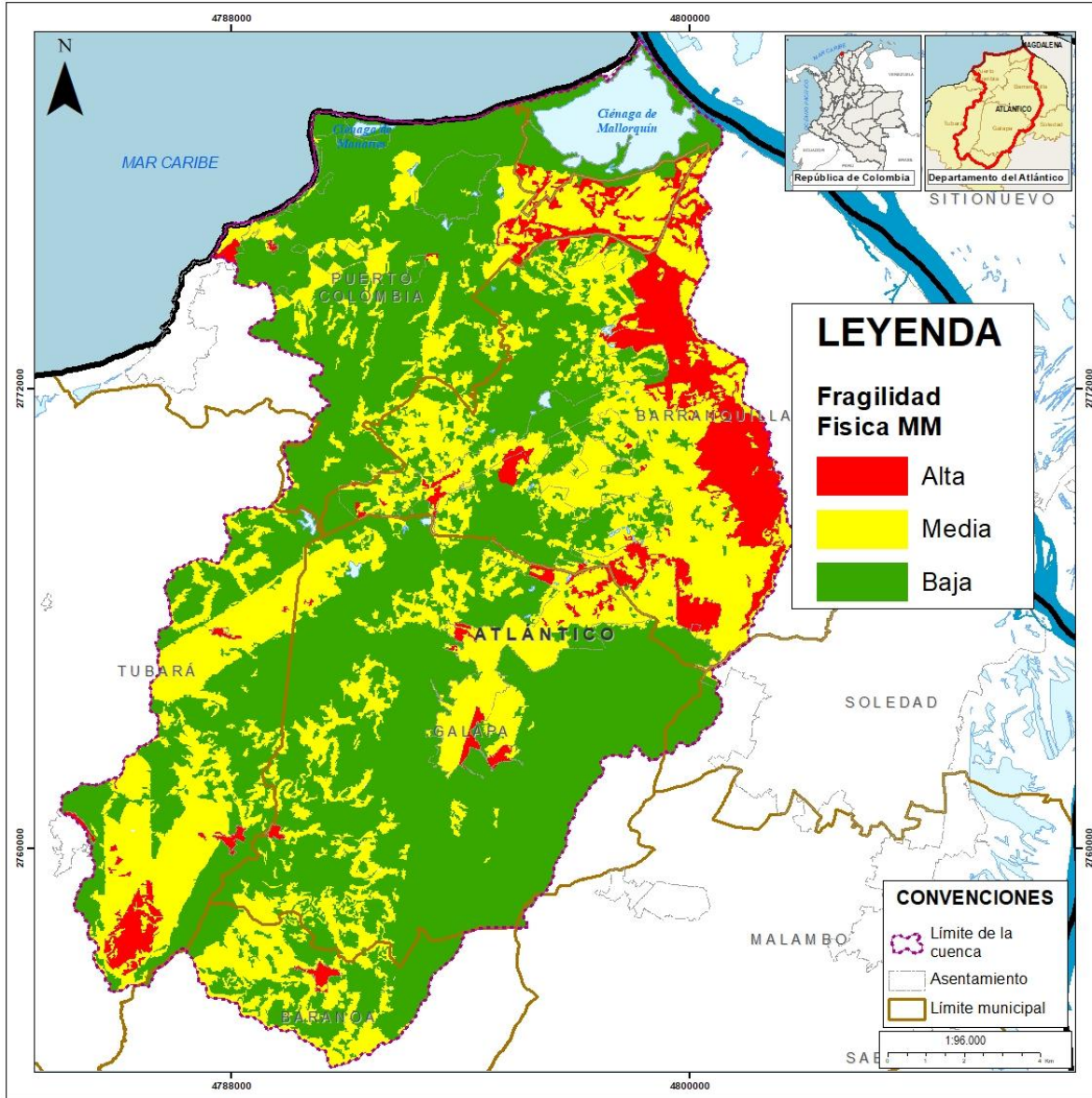
En las siguientes figuras se representa el nivel de fragilidad por tipo de amenaza

Figura 5.7. Fragilidad física por Inundaciones



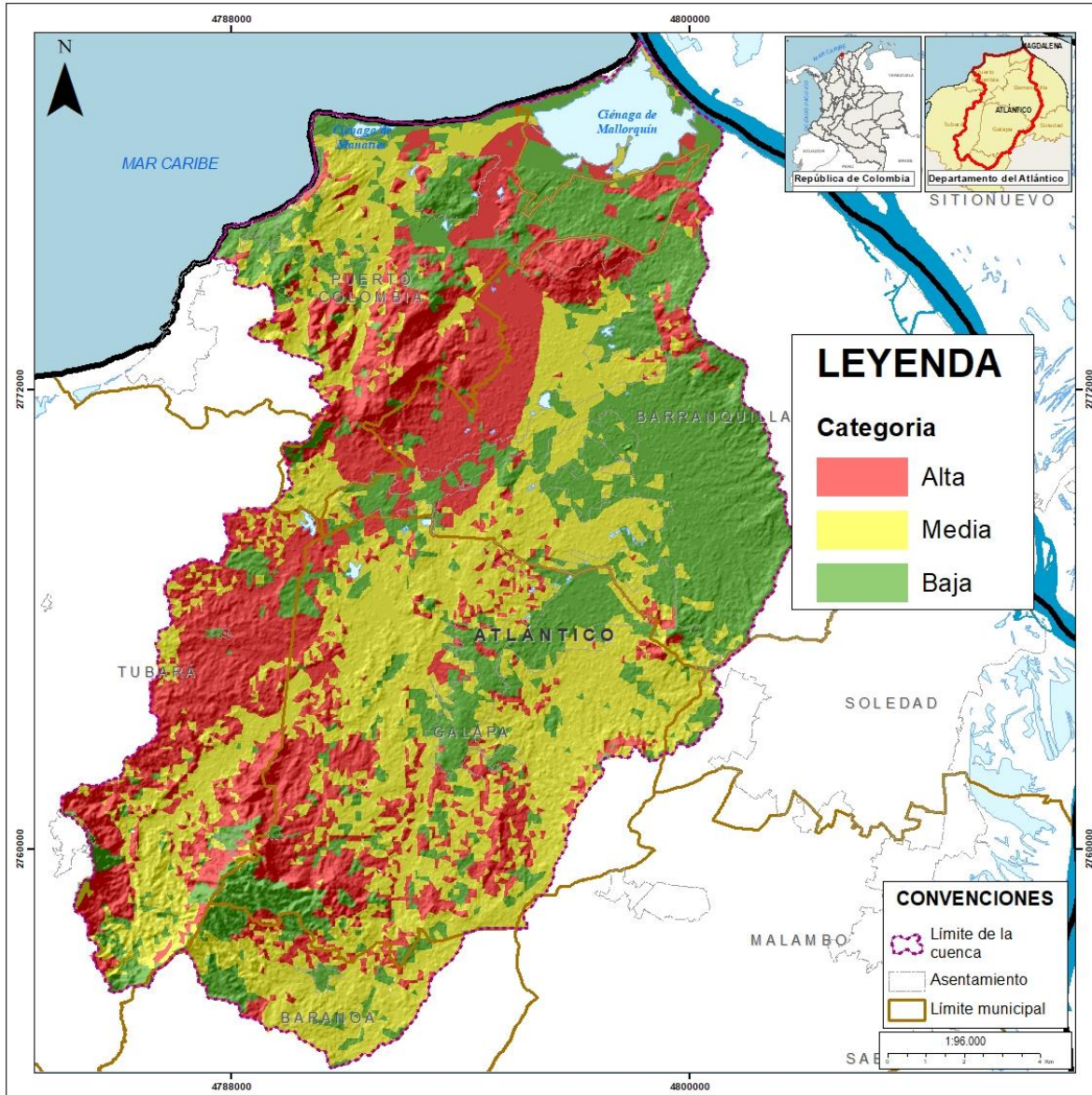
Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 5.8. Fragilidad física por Movimientos en Masa



Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 5.9. Fragilidad física por Incendios de la Cobertura Vegetal



Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 5.10. Fragilidad física por Avenidas Torrenciales



Fuente: El Consorcio, 2025

5.3.3.2. *Fragilidad Sociocultural*

En el análisis de la fragilidad sociocultural integró el análisis de la calidad de vida y condiciones socioeconómicas de las entidades territoriales en jurisdicción de la cuenca objeto de ordenación. En este sentido, los datos de NBI revelan una importante disparidad en las condiciones de pobreza multidimensional entre los municipios, y en muchos casos, entre las zonas urbanas (cabeceras) y rurales de cada municipio. En general, las zonas rurales presentan mayores índices de NBI que las cabeceras urbanas en todos los municipios. La falta de acceso a servicios básicos (agua, alcantarillado, electricidad) y la calidad de la vivienda son factores recurrentes y significativos que contribuyen a la NBI en las zonas rurales. La dependencia económica también se presenta como un factor determinante en la NBI de las zonas rurales, destacando la falta de oportunidades económicas en esas áreas.

En relación a las entidades territoriales, el NBI en el departamento revela realidades contrastantes: Barranquilla mantiene índices bajos y una brecha reducida entre sus áreas, y Puerto Colombia presenta un buen desempeño general pero con una marcada disparidad que urge atención en su zona rural. En una situación más crítica se encuentran Galapa y Baranoa, donde la alta incidencia de NBI está estrechamente ligada a deficiencias en la calidad de la vivienda. Por su parte, Soledad registra la prevalencia más grave de NBI rural de todo el grupo, evidenciando crisis en servicios públicos y dependencia económica. Finalmente, Tubará se destaca como un caso atípico, pues a diferencia de sus vecinos, muestra una homogeneidad inusual entre el campo y la ciudad en casi todos sus indicadores, con la excepción específica de la dependencia económica.

Por otro lado, la calidad de vida de las comunidades asentadas en la cuenca se ve condicionada de manera determinante por el estado de la vivienda y el acceso a servicios públicos. En este ámbito, Barranquilla se posiciona con el mejor desempeño, registrando un déficit cualitativo de vivienda del 20,9%, cifra significativamente inferior tanto a la media del departamento del Atlántico (30,9%) como al promedio nacional (26,8%). En contraste, municipios como Soledad (27,8%), Puerto Colombia (29,8%) y Galapa (30,5%) superan la media nacional, situándose muy cerca del promedio departamental. El escenario más crítico se observa en Tubará y Baranoa, donde el déficit —que mide la precariedad de los materiales de construcción— se dispara drásticamente al 58,8% y 66,4% respectivamente, duplicando las estadísticas nacionales y evidenciando una urgencia estructural en estos territorios.

En los recorridos rurales se evidenció que las viviendas que se encuentran en zonas con condición de amenaza, están construidas con diversos tipos de materiales como bloque, ladrillo, adobe, tapia pisada, zinc, entre otros; situación que deja entrever diferentes niveles de fragilidad socioeconómica.

Figura 5.11. Viviendas en la ronda hídrica del Arroyo León



Fuente: El Consorcio, 2025

Figura 5.12. Barrio Mundo Feliz – Municipio de Galapa



Fuente: El Consorcio, 2025

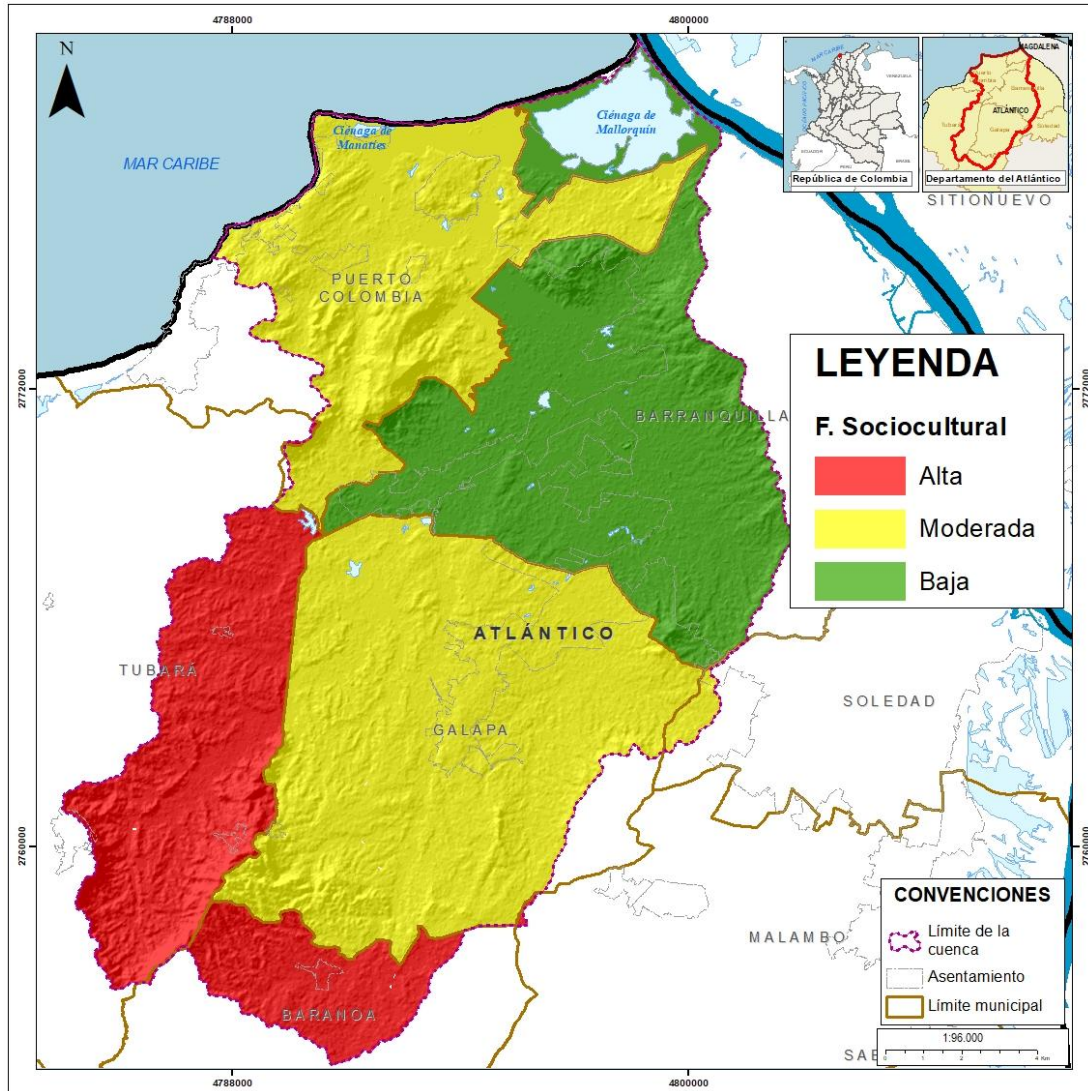
Figura 5.13. Sector de la Cangrejera



Fuente: El Consorcio, 2025

En la Figura 5.14, se presenta espacialmente la categorización del nivel de fragilidad sociocultural en la cuenca hidrográfica.

Figura 5.14. Fragilidad Sociocultural



Fuente: El Consorcio, 2025

5.3.3.3. Fragilidad Ecosistémica

De conformidad con los ecosistemas estratégicos identificados en el volumen 1 del presente documento de diagnóstico, se evaluó cada área protegida según su importancia para la provisión de bienes y servicios ambientales a la comunidad, tal como se observa en la siguiente tabla:

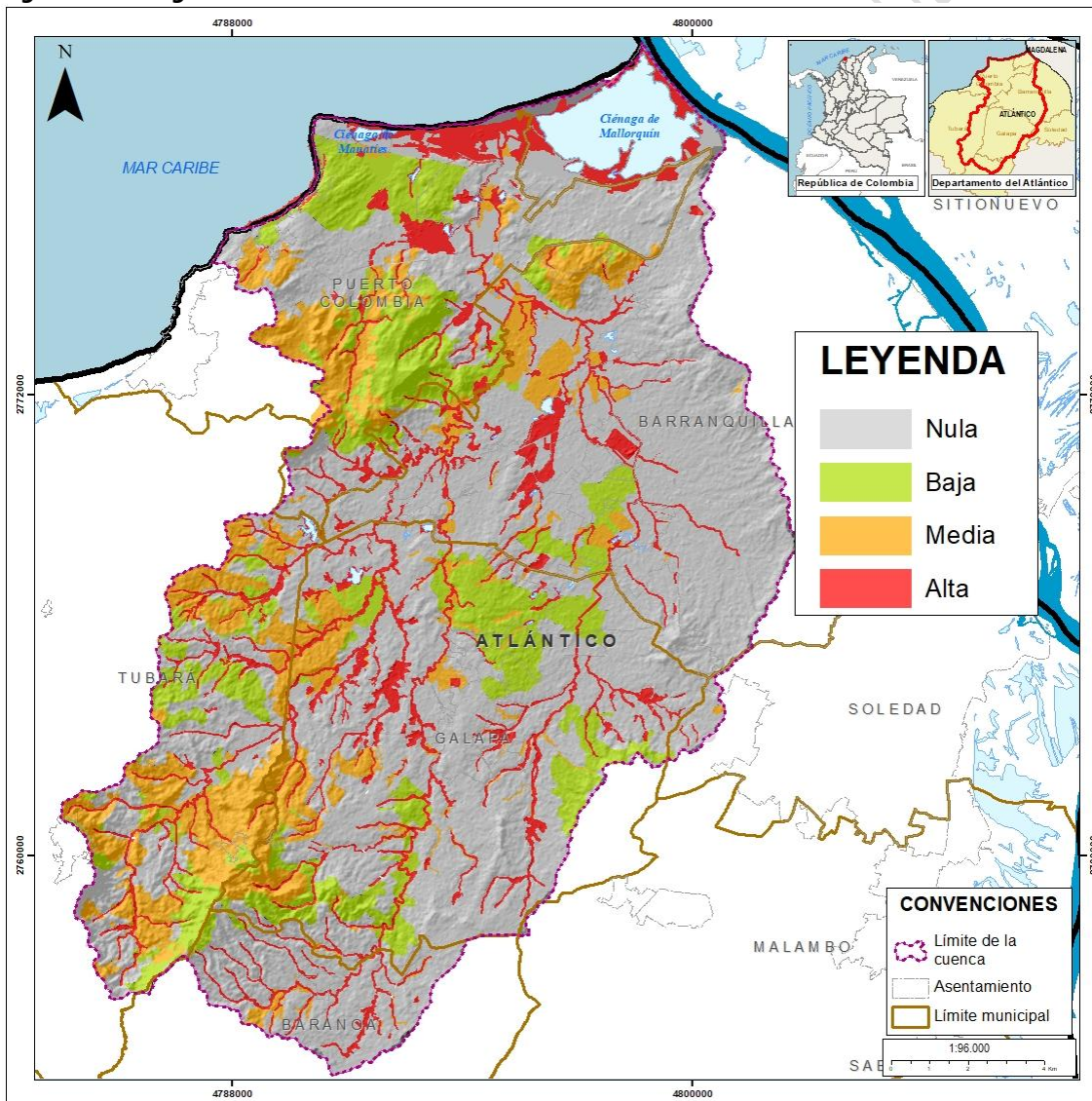
Tabla 5.16. Clasificación de las áreas estratégicas según su fragilidad

Nombre del ecosistema estratégico	Valor	Categoría
Rondas hídricas, humedales, zonas de recarga, RAMSAR, Bosque denso, manglares	1	Alta
Suelos clase VIII, Bosque abierto o fragmentado, bosque seco	0,75	Media
Otras áreas de importancia estratégica	0,3	Baja
Todas las que no se incluyan en las anteriores categorías	0	Nula

Fuente: El Consorcio, 2025

En la Figura 5.15, se presenta la distribución de la fragilidad ecosistémica en el territorio.

Figura 5.15. Fragilidad Ecosistémica

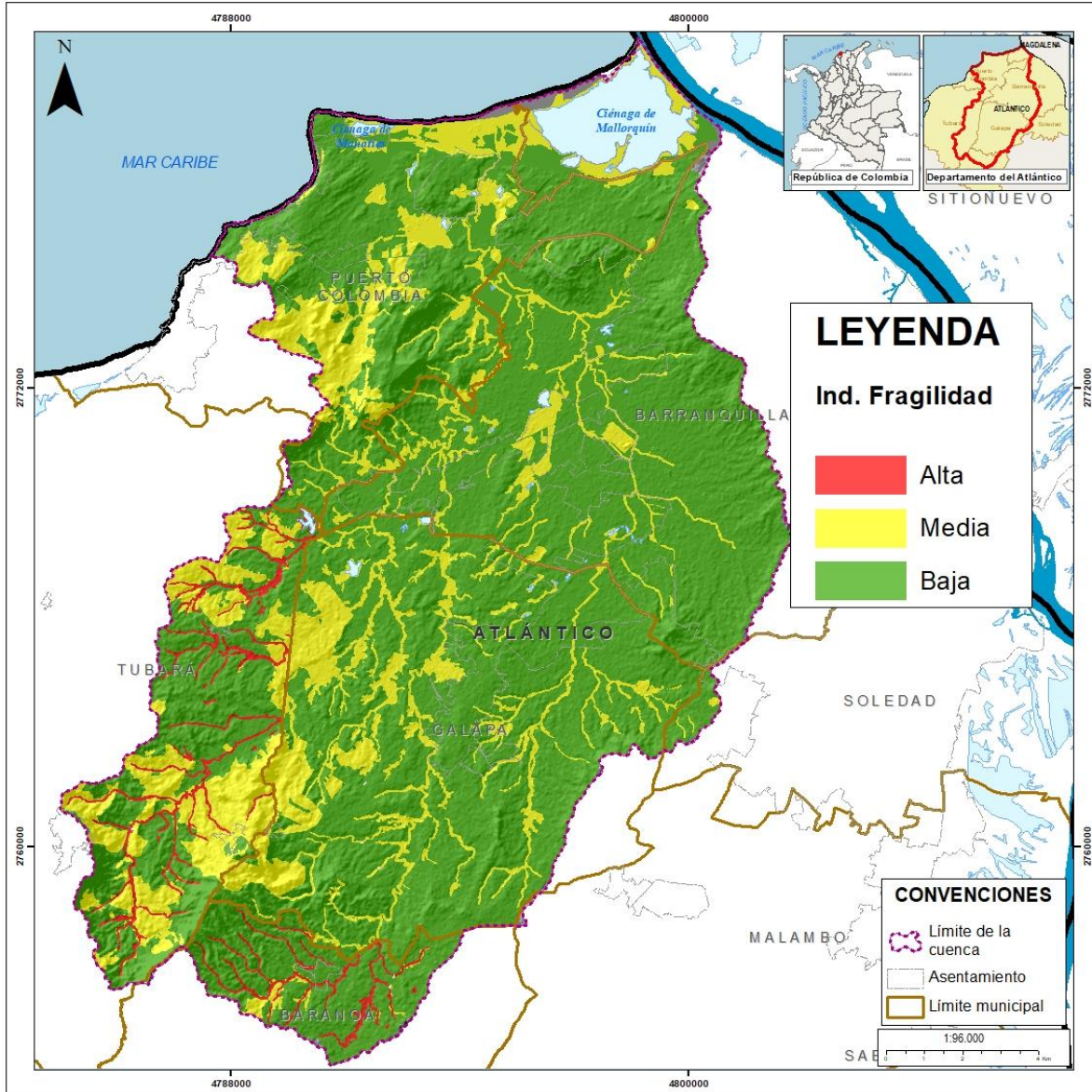


Fuente: El Consorcio, 2025

5.3.3.4. Fragilidad Total

Al correlacionar las variables, se denota que aunque en el territorio se presenta una transformación de las coberturas naturales, el índice de fragilidad es en general medio y bajo, a excepción de los municipios de la cuenca alta, los cuales tienen niveles significativos de fragilidad socioeconómica (Figura 5.16).

Figura 5.16. Fragilidad Total

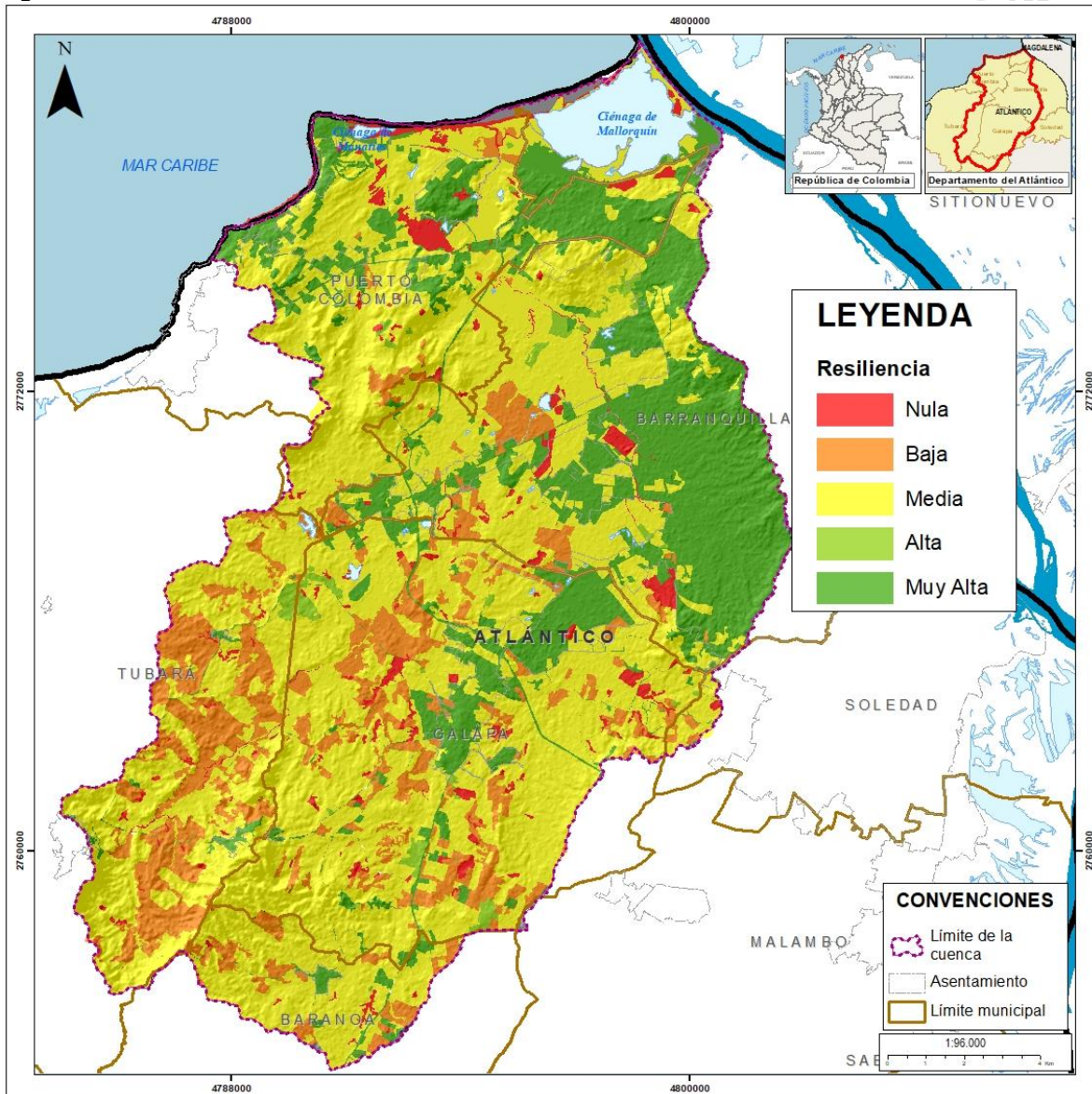


Fuente: El Consorcio, 2025

5.3.4. Índice de Resiliencia

En la cuenca hidrográfica predomina la categoría media, representando el 57,98% del área de la cuenca. Esta categoría abarca coberturas de tipo herbazal, arbustal, bosque denso, bosque fragmentado, bosque de galería y/o ripario, plantación forestal, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, y vegetación secundaria o en transición.

Figura 5.17. Índice de resiliencia económica



Fuente: El Consorcio, 2025

Se observa en la Tabla 5.17, que la falta de resiliencia económica alta y muy alta representa el 23,78% del área de la cuenca, en estas áreas se desarrollan actividades productivas agrícolas, cultivos permanentes herbáceos y arbóreos; y otros cultivos transitorios. Seguido de la categoría de falta de resiliencia baja, con un 12,63% del área de la cuenca, abarcando coberturas de tipo pastos limpios, pastos arbolados y pastos enmalezados

Tabla 5.17. Distribución porcentual de las categorías de falta de resiliencia

Categoría	Área	% Área
Nula	1653,84	5,60
Baja	3730,16	12,63
Moderada	17120,83	57,98
Alta	323,39	1,10
Muy Alta	6699,40	22,69

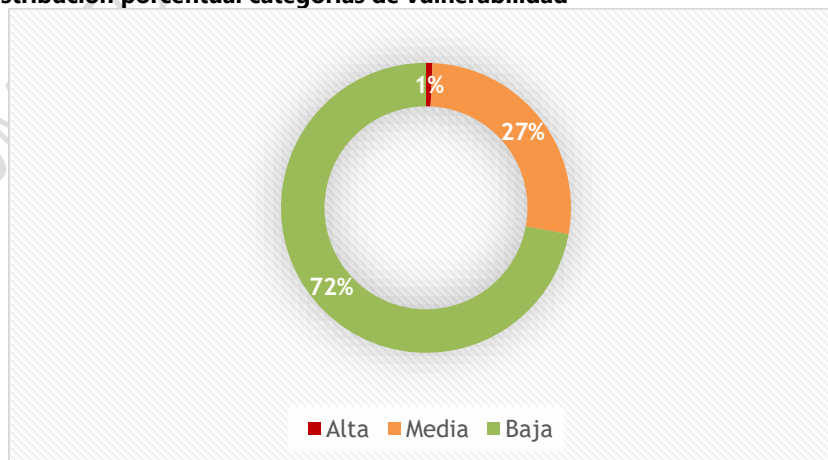
Fuente: El Consorcio, 2025

Por último, no se presenta resiliencia económica en el 5,60% del área de la cuenca a ordenación (1653, 84), principalmente en cuerpos hídricos, zonas arenosas naturales, zonas quemadas, zonas pantanosas, afloramientos rocosos, tierras desnudas y degradadas y zonas de extracción minera.

5.3.5. Índice de Vulnerabilidad

En el territorio objeto de ordenación predomina la categoría de vulnerabilidad media, la cual abarca el 27,20% de la superficie, con presencia en todas las entidades territoriales, principalmente en los municipios de Galapa, Barranquilla y Puerto Colombia. Esta categoría se caracteriza por presentar índices de exposición y fragilidad moderados ante la ocurrencia de fenómenos amenazantes.

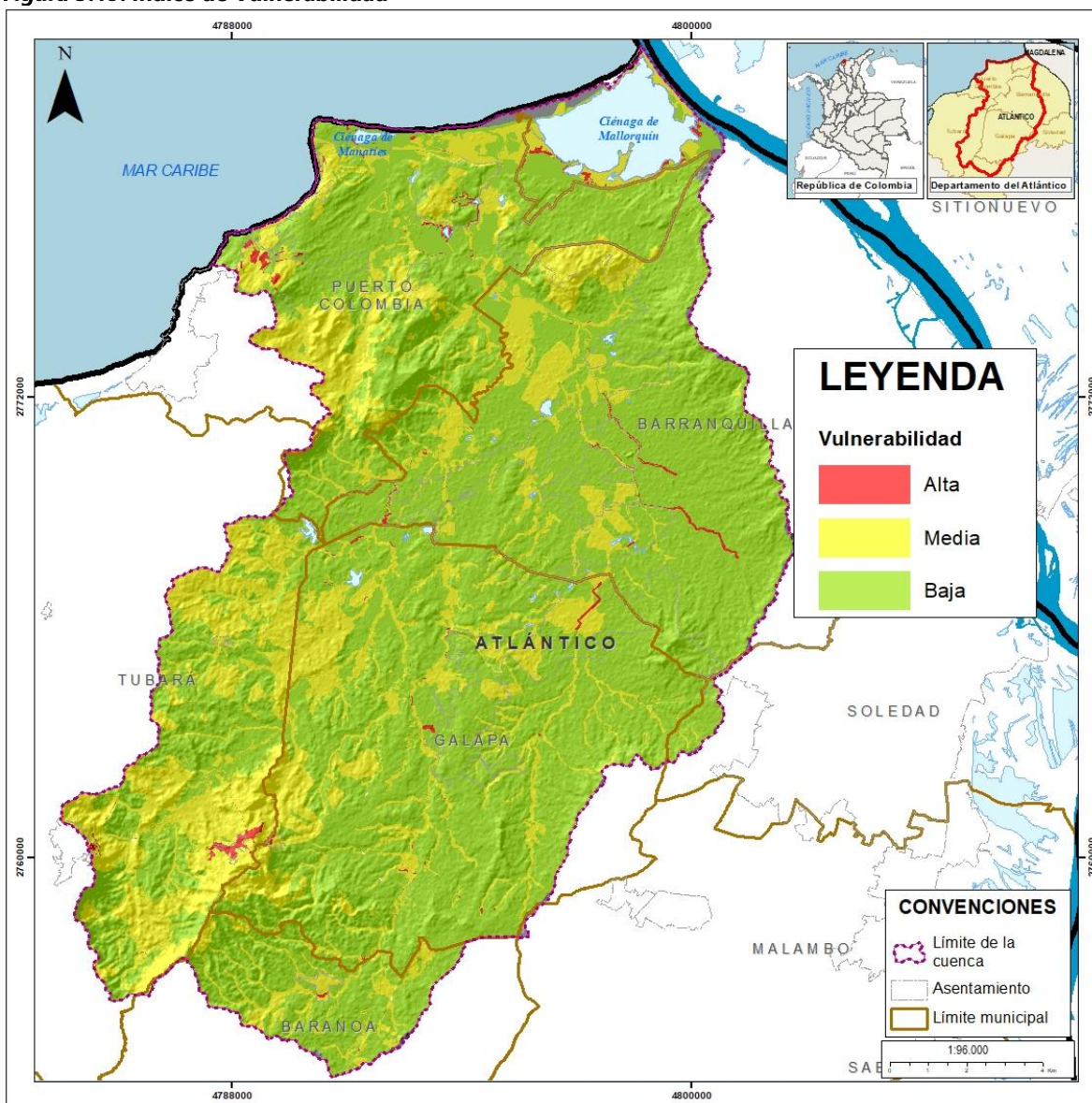
Figura 5.18. Distribución porcentual categorías de vulnerabilidad



Fuente: El Consorcio, 2025

La categoría de vulnerabilidad alta se extiende en el 0,72% del territorio, en sectores con alto índice de pérdida, alta fragilidad y bajo nivel de resiliencia para la reducción de los efectos causados por los eventos hidrometeorológicos. El 72,08% del área de cuenca presenta categoría de vulnerabilidad baja, distribuyéndose de manera homogénea en todo el territorio objeto de ordenación.

Figura 5.19. Índice de Vulnerabilidad



Fuente: El Consorcio, 2025

6. ANÁLISIS DE RIESGO

El análisis de la gestión del riesgo involucra dos enfoques; preventivo -antes del evento- y receptivo -después de que ocurre el evento- (IDB, 2023).

Enfoque preventivo

Minimización de los potenciales impactos generados de los peligros naturales sobre la población. Para ello se debe conocer todo lo implicado a desastres, fortalecer la gobernanza, invertir en resiliencia y mejorar la preparación para la respuesta y la recuperación resiliente.

Enfoque receptivo

Es la conformación de asistencia humanitaria eficaz que garantice un rápido restablecimiento de los servicios básicos esenciales y logrando una recuperación resiliente de los activos físicos, capital natural y actividades económicas afectadas.

En la cuenca hidrográfica, el objetivo del análisis del riesgo es evaluar el comportamiento de los eventos naturales potencialmente dañinos en el territorio, para determinar las acciones requeridas para la reducción del riesgo y el manejo de desastres. Para este proceso, se emplean los insumos obtenidos en los numerales anteriores, los cuales son: (1) resultados de amenaza por cada uno de los fenómenos amenazantes; (2) índice de vulnerabilidad.

6.1. Metodología

El protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas del MINAMBIENTE (2014) propone la siguiente igualdad, para determinar el índice de riesgo.

$$IR = Pf * IV \quad (27)$$

Donde:

IR= Índice de riesgo

Pf= Probabilidad de ocurrencia del evento amenazante

IV= Índice de vulnerabilidad

El riesgo se cataloga dependiendo de las pérdidas esperadas a nivel anual, como se puede observar la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Categorización del riesgo para los diferentes eventos en POMCA

CATEGORÍA	CRITERIO
Alta	Las pérdidas esperadas anuales superan el 50% IR promedio $\geq 0,5$
Media	Las pérdidas esperadas anuales se encuentran entre el 25% y 50% IR promedio entre 0,25 y 0,50

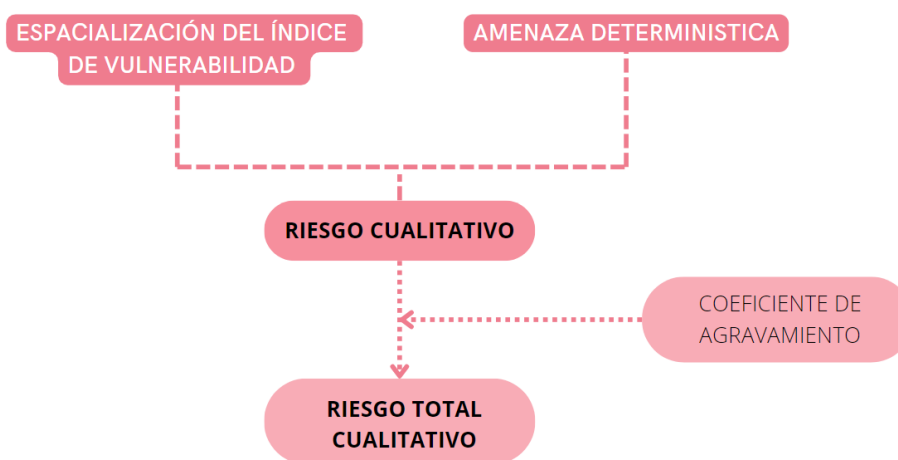
CATEGORÍA	CRITERIO
Baja	Las pérdidas esperadas anuales son inferiores al 25% IR promedio < 0.25

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

El protocolo establece dos métodos para analizar los riesgos que involucran las variables de amenaza y vulnerabilidad; la primera es cuantitativa o probabilística que hace uso de métodos numéricos; y la segunda es la cualitativa o determinística que se basa en la experiencia y observaciones en campo. (MINAMBIENTE, 2014)

El método de análisis de riesgo utilizado para la cuenca hidrográfica es el cualitativo o de amenaza determinística. Este método utiliza la especialización del índice de vulnerabilidad y la amenaza determinística con el uso del SIG por superposición de la capa de amenaza para el evento en evaluación y los niveles de vulnerabilidad dados por el índice de vulnerabilidad para el escenario seleccionado, como se observa en la Figura 6.1.

Figura 6.1. Diagrama del análisis del riesgo



Fuente: Consorcio adaptado de MINAMBIENTE (2014).

El protocolo del MINAMBIENTE (2014) propone la matriz de categorización de niveles de riesgo, como se observa en la Tabla 6.2. Finalmente, como resultado se genera información que describe los aspectos referidos al evento amenazante y las condiciones de vulnerabilidad asociadas a las características de la zona homogénea, junto a las pérdidas en vidas y bienes.

Tabla 6.2. Categorización de niveles de riesgo del IR

NIVELES DE AMENAZA (Pf)	NIVELES DE VULNERABILIDAD (IV)		
	NIVEL 1: ALTA (75% A 100%)	NIVEL 1: MEDIA (30% A 75%)	NIVEL 1: BAJA (<30%)
ALTA	ALTA	ALTA	MEDIA
MEDIA	ALTA	MEDIA	BAJA
BAJA	MEDIA	MEDIA	BAJA

Fuente: MINAMBIENTE (2014).

6.2. Resultados Obtenidos

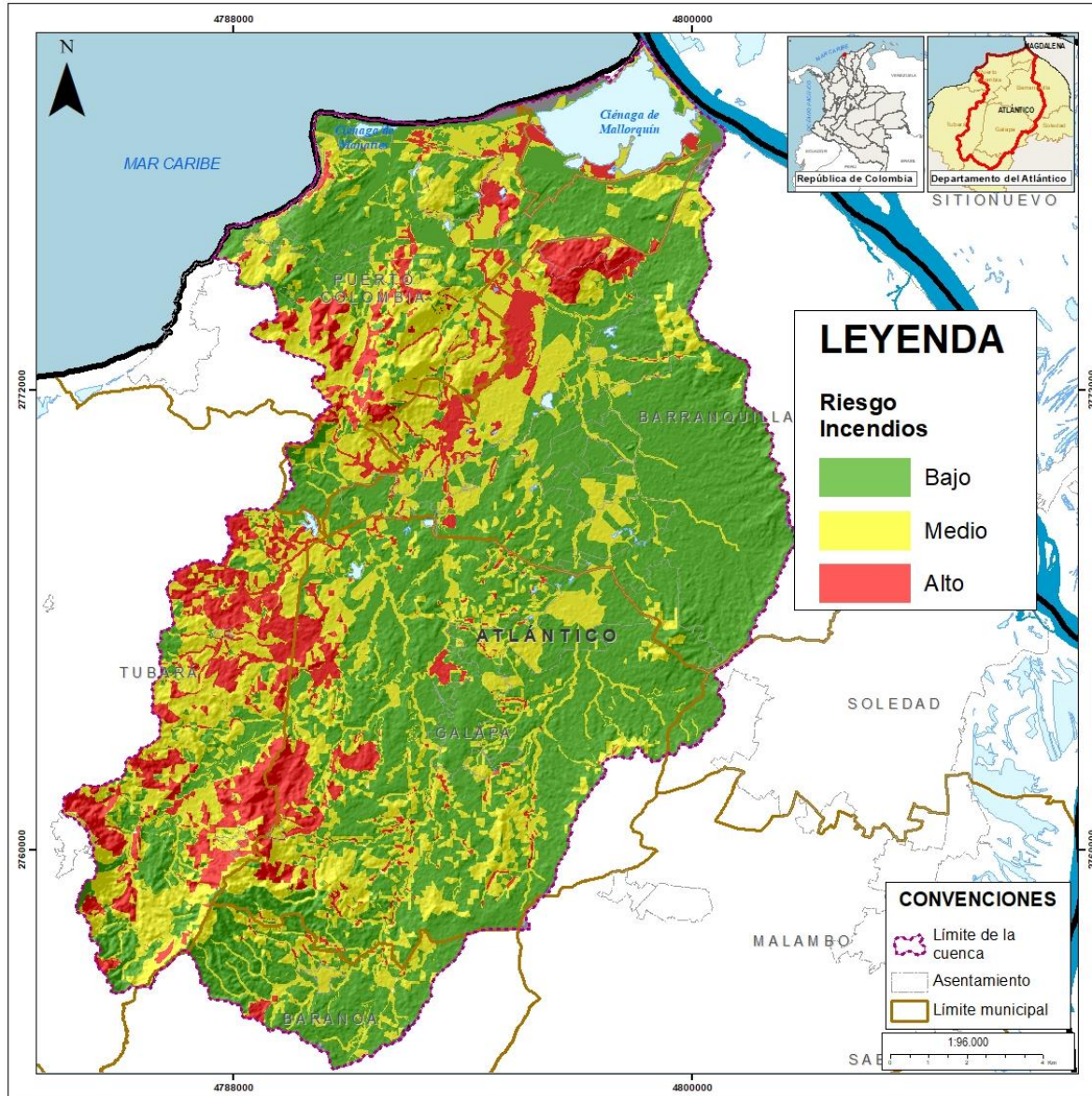
El análisis de las condiciones de amenaza y vulnerabilidad demuestra que las inundaciones e incendios de la cobertura vegetal son los escenarios de riesgo más críticos en el territorio. Esto se debe a la gran extensión de áreas prioritarias clasificadas en categoría alta. La cuenca alta exhibe la presencia de categorías de riesgo alto por inundaciones e incendios, además de unas pequeñas zonas con condiciones de riesgo por movimientos en masa en jurisdicción de los municipios de Tubará y Baranoa.

En la parte media de la cuenca, predomina el riesgo por incendios de la cobertura vegetal dada la existencia de amplias extensiones de herbazales, arbustos y mosaicos de cultivo; el riesgo por inundaciones se presenta en los planos de inundación de los diferentes cuerpos hídricos presentes, primordialmente en las rondas hídricas de los arroyos León, Grande y Granada.

En la parte baja coexisten los escenarios de riesgo por inundación y por incendios de la cobertura vegetal. La categoría alta por inundación se presenta en las zonas de confluencia de los tributarios y en las zonas de amortiguación de las lagunas y ciénagas. Por otro lado, el riesgo por incendios se concentra en el sector noreste del territorio, en áreas donde existe una transformación de las coberturas naturales.

Al analizar el escenario de riesgo por incendios de la cobertura vegetal, se observa que el 12,50% de la superficie se encuentra en categoría alta, el 33,02% en categoría media y el 54,47% en categoría baja.

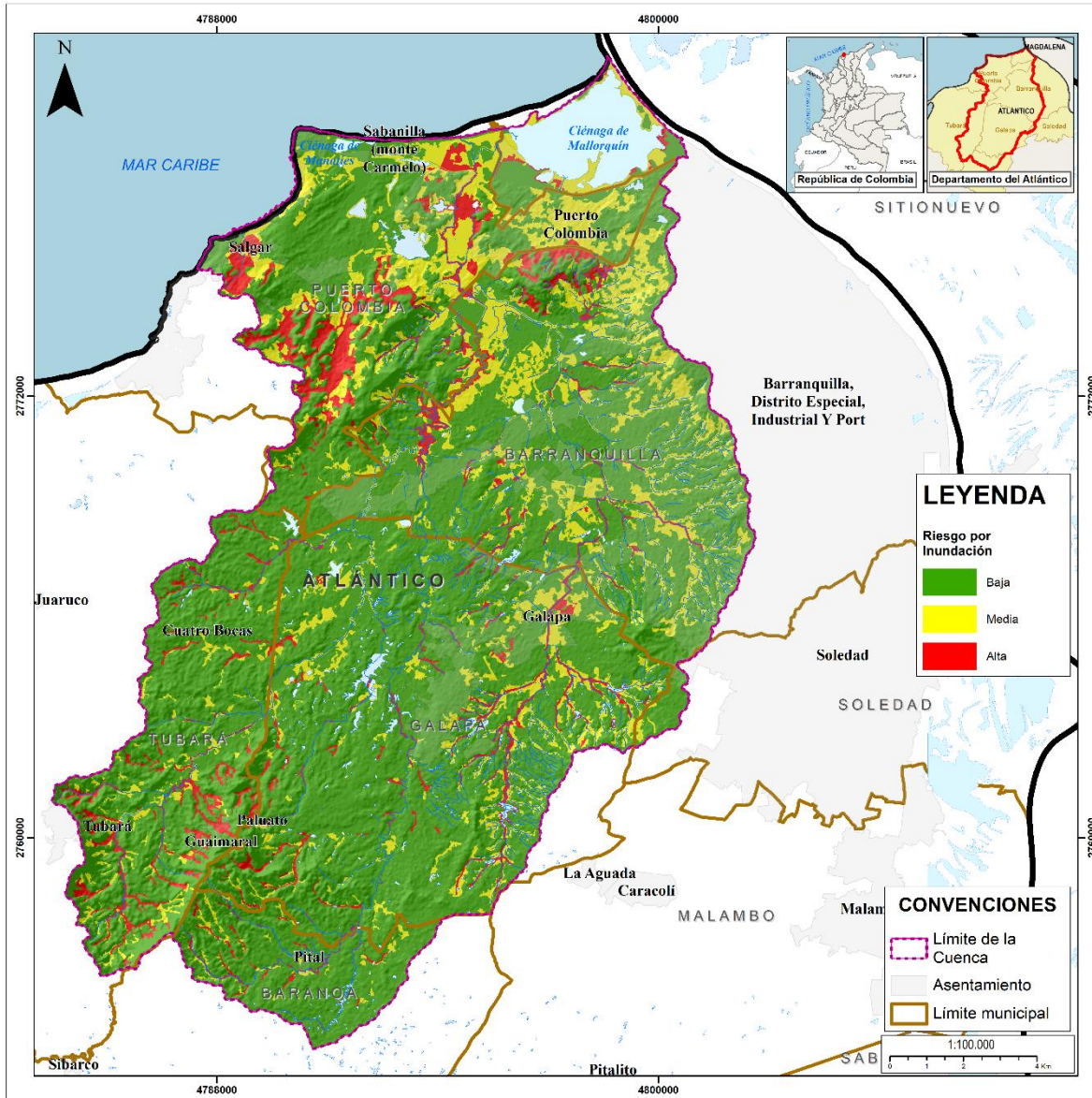
Figura 6.2. Escenario de riesgo por incendios de la cobertura vegetal



Fuente: El Consorcio, 2025

En relación a las inundaciones, el 7,06% de la cuenca exhibe un escenario de riesgo alto, el 17,18% moderado y el 75,76% bajo.

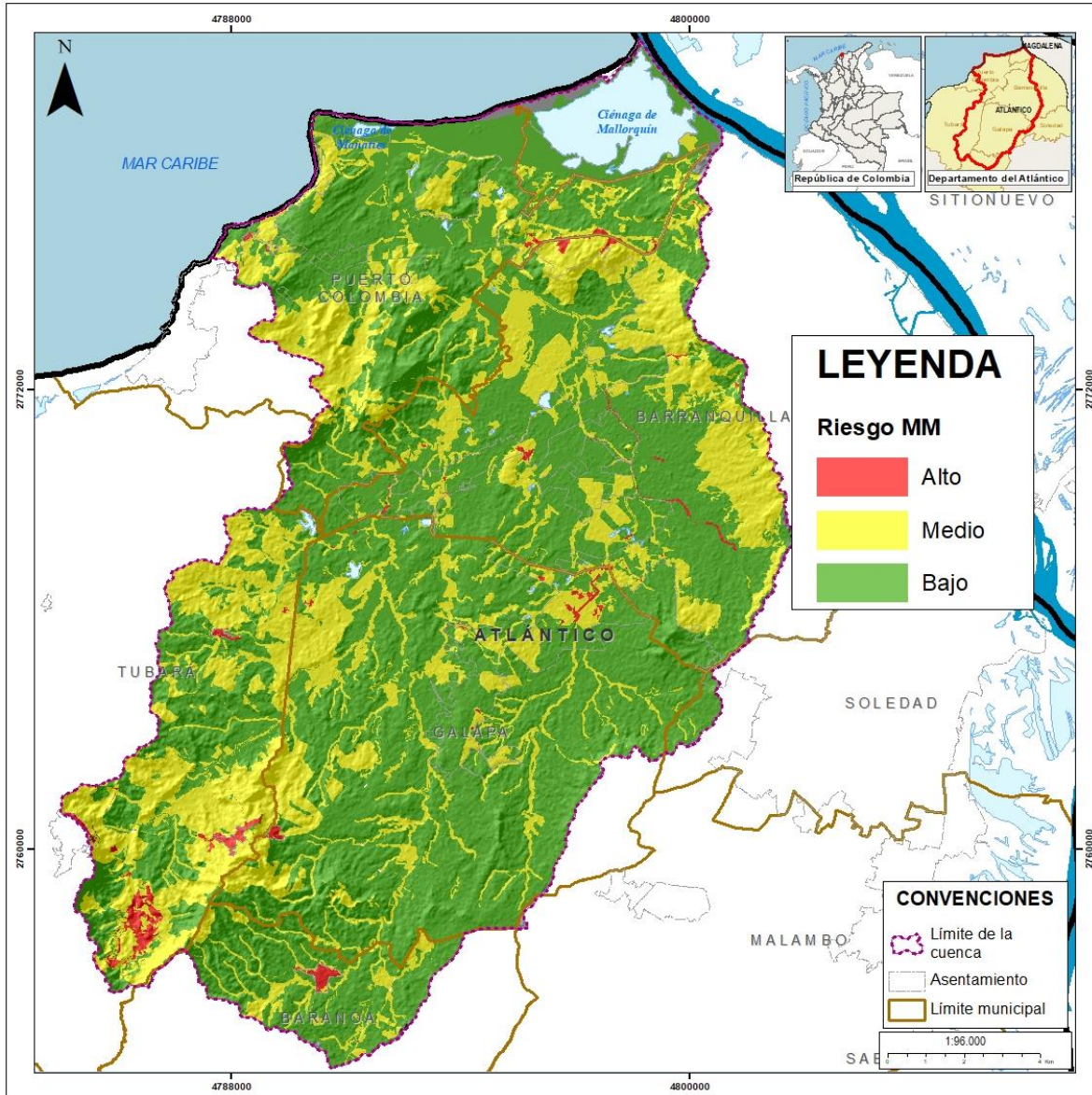
Figura 6.3. Escenario de riesgo por inundaciones



Fuente: El Consorcio, 2025

Por otro lado, el escenario de riesgo alto por movimientos en masa representa el 1,11% del área total de la cuenca, el 31,72% en categoría media y el 67,12% en categoría baja.

Figura 6.4. Escenario de riesgo por movimientos en masa



Fuente: El Consorcio, 2025

El escenario de riesgo por avenidas torrenciales, exhibe dos categorías dentro de la cuenca objeto de ordenación: baja y media, las cuales representan el 92,58% y 7,42% del total de la superficie respectivamente.

Figura 6.5. Escenario de riesgo por avenidas torrenciales



Fuente: El Consorcio, 2025

7. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, C. C. y Ordoñez, M. J. (2018). Evaluación de amenaza y vulnerabilidad por desbordamiento del río Cusiana en la zona urbana de Maní, Casanare. Universidad de la Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1360&context=ing_civil

Aristizábal, Edier; Arango Carmona, María Isabel; García López, Ingrid Katterine. 2020. "Definición y clasificación de las avenidas torrenciales y su impacto en los Andes colombianos." Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 29 (1): 242-258. doi: 10.15446/rcdg.v29n1.72612.

Alcaldía de Barranquilla (2025). Ante temporada de lluvias, Distrito avanza en acciones operativas y pedagógicas en entornos de arroyos. Recuperado el 15 de mayo de 2025 de <https://barranquilla.gov.co/mi-barranquilla/ante-temporada-de-lluvias-distrito-avanza-en-acciones-operativas-y-pedagogicas-en-entornos-de-arroyos>.

Cardona, O. D. (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. Universidad Politécnica de Cataluña. <http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>

Consortio Evaluación de Riesgos Naturales – América Latina – ERN- (2011). Informe Técnico ERN-CAPRA-T1-3: Modelos de evaluación de amenazas y selección. Bogotá, D.C.: ERN

Cousot, P, y M. Meunier (1996) Recognition, Classification and Mechanical Description of Debris Flows. *Earth-Science Reviews* 40 (3-4): 209-227.

IDEAM (s.f.). Documentos sobre inundaciones. Recuperado el 28 de abril de 2025 de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/inundaciones>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. Bogotá, D. C. 276 págs. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-42.-Lineamientos-Conceptuales-y-Metodologicos-para-las-Evaluacion-Regional-del-Agua-2013.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2011). *Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal – Escala 1:100.000/Ajustado*.

http://www.ideam.gov.co/documents/11769/68985506/PROTOCOLO+AJUSTADO_MAPAS+DE+ZRICV+copia.pdf/77d37bb7-3e62-44b1-b8a8-dcd5079b6883

Jaiswal et al. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. ELSEVIER. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE]. (2021). Como Orientar La Gestión Del Riesgo De Desastres Por Incendios Forestales A Nivel Municipal. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Como-orientar-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-por-incendios-forestales-a-nivel-municipal.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE]. (2014). *Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.*

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE]. (2014). *PROTOCOLO PARA LA INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN LOS PLANES DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS.* <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-26.-Protocolo-para-la-incorporacion-de-la-gestion-del-riesgo-en-los-POMCA.pdf>

Moragues, S. (2019). *GEOMORFOLOGÍA PARAGLACIAL ASOCIADA A LA INESTABILIDAD DE LADERAS EN EL BRAZO NORTE DEL LAGO ARGENTINO, PATAGONIA, ARGENTINA.* S. Moragues, M.G. Lenzano, S. Moreiras, L. Lenzano. Universidad de La Rioja. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/124098/CONICET_Digital_Nro.99bf93f5-4c39-4a4c-8f15-4621bfd13bea_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Morales-Hernández, J. (2014). ¿Son aceptables en la costa de Chiapas, México, las tormentas sintéticas del SCS de 24 y 6 horas de duración? *Ingeniería Agrícola y Biosistemas. Vol. 5. #2.* Julio – Diciembre 2013. Págs. 1 – 9.

Nobles, E. (2016). *EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.* Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/6cf300b4-5bab-46b7-b8f0-16a8b8d70ce5/content>

O'Brien, J.S., and Julien, P.Y (1988) Laboratory Analysis of Mudflow Properties. *Journal of Hydraulic Engineering*, 114(8), pp. 877 – 887

O'Brien, J. (2014). *FLO-2D Webinar Hyperconcentrated Sediment Flows - Mud and Debris Flows.* FLO-2D Software, Inc.

Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2012). Índice normalizado de precipitación. Guía del usuario. https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf

Paramo, G (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al Fuego. Editorial Universidad Autónoma de Occidente, p. 73 -123.

Pérez, R. y Rojas, J. (2005). *Estudio de vulnerabilidad ante deslizamientos de tierra en la microcuenca Las Marías. Telica, León.* Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/1077/1/tnp35p438.pdf>

Servicio Geológico Colombiano [SGC]. (2021). *Guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales.* <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/view/75/68/540>

Servicio Geológico Colombiano [SGC]. (2021). *Modelo nacional de amenaza sísmica para Colombia.* <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/view/38/25/329>

Servicio Geológico Colombiano [SGC]. (2017). *Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia.* <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/view/36/31/381>

Servicio Geológico Colombiano [SGC]. (2015). Anexo F. Amenaza por el detonante sismo. <https://recordcenter.sgc.gov.co/B21/AmeMM347EspeldaNuevo/Documento/Pdf/AnexoF.pdf>

Takahashi, T. 1981. "Debris Flow." Annual Review of Fluid Mechanics 13: 57-77. doi: 10.1146/annurev.fl.13.010181.000421.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD]. (2022). Riesgo por Avenidas Torrenciales (Caracterización general). <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/36815/Riesgo%20por%20avenidas%20torrenciales.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Universidad Autónoma de Occidente. (2011). *Incendios de la cobertura vegetal en Colombia.* Universidad Autónoma de Occidente <https://gfmc.online/wp-content/uploads/Incendios-de-la-Cobertura-Vegetal-en-Colombia-Tomo-I-2011.pdf>

Vargas, G. (2000). *Criterios para la clasificación y descripción de movimientos en masa.* Boletín de Geología, Vol 22 No 37. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/3965/4307>

Varnes, D. J., (1978). Slope Movement Types and Processes. En Special Report 1976: Land-slides Analysis and control (R. L. Schuster and R. J. Krizec, eds). TRB-NRC Wash-ington D. C.

Velasco et al., (2005). Sequía, un problema de perspectiva y gestión. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252005000300002

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD