FORMULACIÓN

POMCA

COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica



# FASE DE DIAGNÓSTICO
# DOCUMENTO GENERAL
# VOL.III. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL RIESGO

MINAMBIENTE

MINHACIENDA

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

POMCA MAGDALENA AMBIENTAL

CORPAMAG

Fondo Adaptación

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO ..... i
LISTA DE FIGURAS ..... iv
LISTA DE TABLAS ..... ix
VOLUMEN 3 ..... 1
CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL RIESGO ..... 1
INTRODUCCIÓN ..... 1
1. METODOLOGÍA GENERAL DEL COMPONENTE. ..... 3
2. GENERALIDADES ..... 5
2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y LÍMITES ..... 6
2.2. GEOMORFOESTRUCTURA ..... 7
2.2.1. Provincias geomorfológicas ..... 7
2.2.2. Regiones geomorfológicas ..... 8
3. CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE AMENAZAS Y EVENTOS AMENAZANTES. ..... 10
3.1. FUENTES DE INFORMACIÓN ..... 10
3.1.1. Documentación ..... 10
3.1.2. Bases de Datos ..... 11
3.1.3. Georreferenciación ..... 12
3.1.4. Actores Estratégicos ..... 12
3.1.5. Recorridos de Campo ..... 12
3.2. CATÁLOGO HISTÓRICO DE EVENTOS AMENAZANTES ..... 13
3.3. CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE EVENTOS AMENAZANTES ..... 17
3.3.1. Movimientos en masa ..... 17
3.3.2. Inundaciones ..... 18
3.3.3. Incendios Forestales ..... 20
3.3.4. Avenidas Torrenciales ..... 22
3.3.5. Otros eventos Amenazantes ..... 23
4. IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FENÓMENOS AMENAZANTES Y EVALUACIÓN DE LA AMENAZA ..... 31
4.1. EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD ..... 31
4.1.1. Susceptibilidad a Movimientos en masa ..... 32
4.1.2. Susceptibilidad a Inundaciones ..... 61
4.1.3. Susceptibilidad a Incendios Forestales ..... 74
4.1.4. Susceptibilidad a Avenidas Torrenciales ..... 88
4.1.5. Susceptibilidad a Otros eventos ..... 104
4.2. DEFINICIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS ..... 105
4.2.1. Áreas Críticas por Inundaciones ..... 105
4.2.2. Áreas Críticas por Incendios forestales ..... 107
4.2.3. Áreas críticas por Otros eventos ..... 109
4.3. EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA ..... 109
4.3.1. Amenaza por movimientos en masa ..... 109

4.3.2. Amenaza por Inundaciones ..... 120
4.3.3. Amenaza por Incendios Forestales ..... 132
4.3.4. Amenaza por Avenidas Torrenciales ..... 144
4.3.5. Amenaza por otros eventos ..... 150
4.4. CONCLUSIONES ..... 184
5. VULNERABILIDAD ..... 186
5.1. RESUMEN ..... 186
5.2. INTRODUCCIÓN ..... 186
5.2.1. Alcance ..... 186
5.2.2. Objetivos ..... 186
5.2.3. Marco conceptual general ..... 187
5.3. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD POR MODELO DE ÍNDICES E INDICADORES ..... 188
5.3.2. Análisis de la exposición ..... 191
5.3.3. Análisis de fragilidad ..... 195
5.3.4. Análisis de Resiliencia ..... 200
5.3.5. Análisis de la Vulnerabilidad ..... 201
5.4. VULNERABILIDAD EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA ..... 202
5.4.1. Resultados del análisis de la exposición ..... 203
5.4.2. Resultados del análisis de la Fragilidad ..... 213
5.4.3. Resultado del análisis de la resiliencia ..... 217
5.4.4. Resultado del análisis de la Vulnerabilidad ..... 219
5.5. Necesidades de Información ..... 221
5.6. Recomendaciones Finales ..... 221
5.7. Conclusiones ..... 222
6. ANÁLISIS DE RIESGO ..... 223
6.1. RESUMEN ..... 223
6.2. INTRODUCCIÓN ..... 223
6.2.1. Alcance ..... 224
6.2.2. Objetivos ..... 224
6.2.3. Antecedentes ..... 224
6.3. Metodología para el Análisis de Riesgo ..... 226
6.4. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE RIESGO ..... 229
6.4.1. Resultados del análisis de riesgos por movimientos en masa ..... 230
6.4.2. Resultados de análisis de riesgo por inundaciones. ..... 232
6.4.3. Resultados del análisis de riesgos por Incendios Forestales. ..... 239
6.4.4. Resultados del análisis de riesgo por avenidas torrenciales ..... 245
6.5. Necesidades de Información ..... 246
6.6. Recomendaciones Finales ..... 247
6.7. Conclusiones ..... 249
7. ANÁLISIS SITUACIONAL ..... 251
7.1. POTENCIALIDADES ..... 251
7.2. LIMITANTES Y CONDICIONAMIENTOS ..... 252

7.3. SÍNTESIS DE POTENCIALIDADES, LIMITANTES Y CONDICIONAMIENTOS PARA LA CUENCA 252
7.4. ANÁLISIS DE TERIITORIOS FUNCIONALES ..... 255
8. SÍNTESIS AMBIENTAL ..... 259
8.1. IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS Y CONFLICTOS ..... 259
8.1.1. Análisis situacional inicial (Fase de Aprestamiento) ..... 259
8.1.2. Rutas veredales (Fase de Diagnóstico) ..... 260
8.1.3. Mesas Zonales (Fase de Diagnóstico) ..... 262
8.1.4. Aportes del consejo de cuenca en la priorización de problemas y conflictos ..... 263
8.2. DTERMINACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS ..... 267
8.2.1. Áreas críticas en las rutas veredales ..... 267
8.2.2. Áreas críticas en las mesas zonales de trabajo ..... 269
8.2.3. Áreas críticas desde los aspectos técnicos ..... 273
8.3. LÍNEA BASE DE INDICADORES ..... 276
BIBLIOGRAFÍA ..... 280
ANEXOS ..... 282

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Localización geográfica de la Cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 5
Figura 2.2. Geomorfoestructura de la Cuenca Complejo de Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 8
Figura 3.1. Ruta de la tierra con acompañamiento de actores sociales del Centro poblado de Palmira, para verificar grado de sedimentación en el sector Puente La Barra. ..... 13
Figura 3.2. Ubicación de eventos amenazantes que conformen el cátalo para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 16
Figura 3.3. Eventos amenazantes más frecuentes en la cuenca hidrográfica ..... 17
Figura 3.4. Localización eventos movimientos en masa ..... 18
Figura 3.5. Localización eventos de inundaciones ..... 19
Figura 3.6. Frecuencia mensual de inundaciones ..... 20
Figura 3.7. Localización eventos incendios forestales ..... 21
Figura 3.8. Localización eventos avenidas torrenciales ..... 22
Figura 3.9. Erosión Costera sector Palmira, sector Espolón Popeye. ..... 24
Figura 3.10. Panorámica de un sector de la Ciénaga Grande que muestra la reducción del espejo de agua, tomada en 2015. ..... 25
Figura 3.11. Desecamiento de la Ciénaga grande de Santa Marta para expansión de fincas agrícolas y ganaderas. Sector remolinos. ..... 26
Figura 3.12. Construcción de terraplenes y desvíos de agua dentro de la Ciénaga. ..... 26
Figura 3.13. Afectación de la movilidad por sequía por la taruya en ciénaga de Concordia, Magdalena. ..... 27
Figura 3.14. Ubicación de tres epicentros en el municipio de Ciénaga. ..... 28
Figura 3.15. Vendaval afectó redes eléctricas en Tasajera y Palmira. Mayo 27 de 2016 ..... 29
Figura 3.16. Esquema de una Marejada Ciclónica ..... 29
Figura 3.17. Barrio Nancy Polo Rovira en Ciénaga, afectado por marejada ..... 30
Figura 4.1. Esquema para la evaluación de susceptibilidad a movimientos en masa ..... 35
Figura 4.2. Modelo digital del terreno utilizado en el are de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 36
Figura 4.3. Mapa de eventos históricos, activos y recientes para la cuenca en evaluación. ..... 38
Figura 4.4. Variable Roca -Suelo ..... 41
Figura 4.5. Variable Espesor ..... 43
Figura 4.6. Variable Densidad de fracturamiento ..... 46
Figura 4.7. Variable Vegetación ..... 48
Figura 4.8. Variable Geomorfología ..... 50
Figura 4.9. Pendientes ..... 52
Figura 4.10. Orientación de las laderas ..... 54
Figura 4.11. Curvatura de las laderas ..... 56
Figura 4.12. Densidad de drenaje ..... 58

Figura 4.13. Susceptibilidad a movimientos en masa para la Cuenca CHCGSM ..... 60
Figura 4.14. Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones fluviales lentas. ..... 62
Figura 4.15. Sección de interpretación geomorfológica sobre la imagen satelital correspondiente a la cuenca CHCGSM. ..... 63
Figura 4.16. Salida Cartográfica empleada durante las mesas de trabajo para la localización de los eventos amenazantes ..... 65
Figura 4.17. Formato ruta veredal ..... 66
Figura 4.18. Registros eventos inundación ..... 67
Figura 4.19. Áreas susceptibles a inundarse ..... 68
Figura 4.20. Inundaciones ..... 69
Figura 4.21. Imagen satelital que nuestra la morfología de la cuenca ..... 70
Figura 4.22. Salida gráfica de la capa de pendientes del terreno según SGC, 2016. ..... 71
Figura 4.23. Susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 72
Figura 4.24. Validación categorías de susceptibilidad a inundaciones ..... 73
Figura 4.25. Metodología susceptibilidad de la cobertura vegetal. ..... 75
Figura 4.26. Categoría de susceptibilidad por tipo de combustible. ..... 78
Figura 4.27. Susceptibilidad por Tipo de Combustible ..... 79
Figura 4.28. Duración de los combustibles de la cuenca ..... 81
Figura 4.29. Susceptibilidad por duración tipo de Combustible ..... 82
Figura 4.30. Carga total del combustible ..... 84
Figura 4.31. Susceptibilidad por Carga Total del Combustible ..... 85
Figura 4.32. Susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal ..... 87
Figura 4.33. Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por avenidas torrenciales 89
Figura 4.34. Análisis de imágenes satelitales para la determinación de áreas ocurrentes a eventos por avenidas torrenciales ..... 90
Figura 4.35. Formato establecido en la obtención de información aportada por las comunidades para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por avenidas torrenciales para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 91
Figura 4.36. Calificación de subunidades geomorfológicas integrada con el reporte de eventos históricos. ..... 94
Figura 4.37. Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales. ..... 100
Figura 4.38. Susceptibilidad a avenidas torrenciales para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 102
Figura 4.39. Inundaciones en Aracataca, producto del desbordamiento del Río Fundación. ..... 103
Figura 4.40. Panel de expertos para la gestión del riesgo realizado en el municipio de Pivijay, Magdalena. ..... 104
Figura 4.41. Inundación en el corregimiento de Tasajera, sector obra mega colegio, octubre de 2016 ..... 105
Figura 4.42. Área crítica por inundación en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 106
Figura 4.43. Incendio forestal en la Ciénaga Grande de Santa Marta, mayo de 2014 ..... 107

Figura 4.44. Áreas críticas por incendios forestales en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 108
Figura 4.45. Esquema para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa para la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 111
Figura 4.46. Unidades Geológica Superficiales para el cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 112
Figura 4.47. Profundidad de nivel freático con promedios históricos para la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 115
Figura 4.48. Precipitación media máxima diaria en la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 116
Figura 4.49. Escenario de amenaza por movimientos en masa ..... 119
Figura 4.50. Diagrama de flujo para la aplicación de un modelo de amenaza por inundación ..... 122
Fuente: El Consorcio. Adaptado de ERN (2011Diagrama de flujo para la aplicación de un modelo de amenaza por inundación. ..... 122
Figura 4.51. Distribución en escala de tiempo, de lluvia según los tipos de tormenta del Servicio de Conservación de suelos ..... 123
Figura 4.52. Creación del modelo del terreno ..... 125
Figura 4.53. Creación de la geometría de simulación ..... 126
Figura 4.54. Asignación de las condiciones de frontera ..... 127
Figura 4.55. Definición de la simulación ..... 127
Figura 4.56. Lectura de los resultados ..... 128
Figura 4.57. Zonificación de amenaza por inundaciones ..... 129
Figura 4.58. Metodología zonificación amenaza por incendios forestales ..... 133
Figura 4.59. Amenaza por precipitación ..... 137
Figura 4.60. Amenaza por temperatura ..... 138
Figura 4.61. Amenaza por pendientes ..... 139
Figura 4.62. Amenaza por accesibilidad ..... 140
Figura 4.63. Amenaza por frecuencia eventos históricos ..... 141
Figura 4.64. Mapa de Amenaza por Incendios Forestales para la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 142
Figura 4.65. Diagrama de flujo para la evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales en áreas críticas. ..... 144
Figura 4.66. Indicadores sobre la cronología de flujos densos asociados a procesos torrenciales. 146
Figura 4.67. Geología en el área correspondiente a las áreas críticas de la cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta para la evaluación de amenaza por avenidas torrenciales. ..... 147
Figura 4.68. Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales ..... 149
Figura 4.69. Sequia en la Ciénaga Grande de Santa Marta. El loteo y el represamiento de las aguas por parte de particulares es evidente en esta imagen de la Ciénaga Grande septiembre de 2015. ..... 151
Figura 4.70. Comportamiento de la sequía ..... 152
Figura 4.71. Influencia de las estaciones meteorológicas ..... 156
Figura 4.72. Intensidad de los eventos de Sequía ..... 158
Figura 4.73. Intensidad máxima de los eventos de sequía ..... 159

Figura 4.74. Intensidad promedio de la sequía (SPI trimestral) en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 160
Figura 4.75. Magnitud máxima de la sequía (SPI trimestral) ..... 161
Figura 4.76. Comportamiento mensual de la sequía en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 163
Figura 4.77. Zonificación amenaza por sequía en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 165
Figura 4.78. Estado de la Cienga Grande de Santa Marta, Sector Remolinos. Consecuencia del desecamiento para actividades agricolas y de ganaderia bufalina. ..... 166
Figura 4.79. Corregimiento de Palmira, acumulación de residuos sólidos en zonas de asentamientos humanos. ..... 169
Figura 4.80. Encabezado de la resolución 0161 de19 de febrero de 2014 de la ANLA. ..... 171
Figura 4.81. Erosion costera en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 172
Figura 4.82. Confluencia de las placas tectónicas en la esquina Noroeste de Suramérica. ..... 174
Figura 4.83. Mapa Nacional de Amenaza Sísmica. ..... 176
Figura 4.84. Detalle del Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 177
Figura 4.85. Municipio Cerro de San Antonio, afectado por vendaval en agosto de 2015. ..... 180
Figura 4.86. Marejadas en playas de Ciénaga ..... 182
Figura 4.87. Kilómetros 19 a 21 en la vía Barranquilla-Ciénaga seriamente amenazados por las altas mareas. Octubre de 2012. ..... 183
Figura 5.1. Mapa de procesos para el Análisis de Vulnerabilidad en los POMCAS. ..... 190
Figura 5.2. Mapa conceptual para el análisis del modelo de exposición en los POMCAS ..... 191
Figura 5.3. Asentamiento palafítico en la Ciénaga Grande de Santa marta. ..... 196
Figura 5.4. Forma constructiva de algunas viviendas en Salamina, sin estructuras de cimentación ni vigas de amarre. ..... 197
Figura 5.5. Corregimiento de Palmira, condiciones de marginalidad que determinan la calidad de vida de sus habitantes ..... 198
Figura 5.6. Ecosistema de Manglar en la Ciénaga grande de Santa Marta. ..... 199
Figura 5.7. Santa Rita, la mayor parte de la comunidad se desplazó abandonando el pueblo. ..... 200
Figura 5.8. Mapa de procesos para la obtención del Índice de Vulnerabilidad (IV) en los POMCAS. ..... 201
Figura 5.9. Zonas homogéneas en centros poblados (ZHCP) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 206
Figura 5.10. Zonas homogéneas rurales (ZHR). ..... 211
Figura 5.11. Índice de pérdida o exposición (IP) ..... 212
Figura 5.12. Fragilidad física (Ff) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 214
Figura 5.13. Fragilidad Ecosistémica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 216
Figura 5.14. Índice de fragilidad (IF) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 217

Figura 5.15. Indice de Falta de Resiliencia Económica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 218
Figura 5.16. Mapa de vulnerabilidad para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 220
Figura 6.1. Procesos para gestión del riesgo en cada una de las fases de un POMCA ..... 225
Figura 6.2. Mapa conceptual para el análisis del Riesgo probabilístico en los POMCAS ..... 228
Figura 6.3. Distribución porcentual del escenario de riesgo por movimientos en masa..... 230
Figura 6.4. Riesgo por movimientos en masa ..... 231
Figura 6.5. Extensión de la cobertura (ha) en categoria de riesgo bajo por movimientos en masa ..... 232
Figura 6.6. Mapas de vulnerabilidad comparados: izquierda áreas de vulnerabilidad normales; derecha áreas de vulnerabilidad con la aplicación del coeficiente de agravamiento. ..... 233
Figura 6.7. Mapa de Riesgo por inundaciones Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta sin coeficiente de agravamiento. ..... 234
Figura 6.8. Mapa de Riesgo por inundaciones Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta con coeficiente de agravamiento. ..... 235
Figura 6.9. Escenarios de riesgo priorizados por inundaciones ..... 238
Figura 6.10. Riesgo por incendios forestales en Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 240
Figura 6.11. Mapa de Riesgo por Incendios Forestales en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 241
Figura 6.12. Valores de reposición por categorías de amenaza ..... 243
Figura 6.13. Escenarios priorizados por incendios forestales ..... 244
Figura 6.14. Riesgo por avenidas torrenciales ..... 245
Figura 7.1. Relaciones urbano-rurales en el área de la Cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta – sector norte..... 256
Figura 7.2. Relaciones urbano-rurales en el área de la Cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta – sector sur ..... 257
Figura 8.1. Síntesis de problemas y fortalezas identificadas en la ruta veredal ..... 260
Figura 8.2. Mapa de áreas críticas con aporte de actores de la cuenca ..... 270
Figura 8.3. Leyenda mapa de áreas críticas ..... 271
Figura 8.4. Áreas críticas en la cuenca determinadas desde los aspectos técnicos ..... 274

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Clases, intervalos en porcentaje y grados e interpretación, utilizados por el SGC para clasificar las pendientes del terreno. ..... 6
Tabla 3.1. Documentación empleada en el catálogo histórico de eventos amenazantes ..... 10
Tabla 3.2. Jerarquización Eventos amenazantes (1) ..... 14
Tabla 3.3. Jerarquización Eventos amenazantes (2) ..... 14
Tabla 3.4. Reporte de otros Eventos Amenazantes ..... 23
Tabla 4.1. Variables utilizadas en el modelo de susceptibilidad ..... 39
Tabla 4.2. Ponderación de la variable Roca – Suelo ..... 40
Tabla 4.3. Ponderación de la variable Roca – Suelo ..... 40
Tabla 4.4. Ponderación de la variable espesor ..... 42
Tabla 4.5. Espesores de los depósitos neógenos y cuaternarios ..... 42
Tabla 4.6. Ponderación de la variable Origen ..... 44
Tabla 4.7. Origen y composición de los depósitos de suelos ..... 44
Tabla 4.8. Ponderación de la variable densidad de fracturamiento ..... 45
Tabla 4.9. Ponderación de la variable vegetación ..... 47
Tabla 4.10. Ponderación de la variable Geomorfología ..... 49
Tabla 4.11. Categorías de la variable Pendiente ..... 51
Tabla 4.12. Categorías de la variable Orientación de las laderas ..... 53
Tabla 4.13. Categorías de la variable curvatura de las laderas ..... 55
Tabla 4.14. Categorías de la variable densidad de drenaje ..... 57
Tabla 4.15. Densidad y longitud de drenaje por subcuenca ..... 57
Tabla 4.16. Susceptibilidad a inundación ..... 64
Tabla 4.17. Categoría de amenaza – Tipo de combustible ..... 76
Tabla 4.18. Categoría de amenaza – Duración del tipo de combustible ..... 76
Tabla 4.19. Categoría de amenaza – Carga total del combustible ..... 76
Tabla 4.20. Relación de la información de entrada y los productos intermedios con el mapa de susceptibilidad del tipo de combustible. ..... 77
Tabla 4.21. Relación de la información de entrada y los productos intermedios con el mapa de susceptibilidad por duración del tipo de combustible. ..... 80
Tabla 4.22. Relación de la información de entrada y los productos intermedios con el mapa de susceptibilidad de carga total del combustible ..... 83
Tabla 4.23. Categoría de susceptibilidad por incendios forestales ..... 86
Tabla 4.24. Caracterización geomorfológica relacionada con procesos morfodinámicos ..... 95
Tabla 4.25. Relaciones para categorizar el índice morfométrico para cada cuenca de segundo nivel subsiguiente ..... 96
Tabla 4.26. Índices morfométricos de torrencialidad obtenidos para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 97
Tabla 4.27. Clasificación del Índice de Variabilidad ..... 99
Tabla 4.28. Clasificación del Índice de vulnerabilidad frente a Eventos Torrenciales (IVET) ..... 99

Tabla 4.29. Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) para el área de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 99
Tabla 4.30. Clasificación de la susceptibilidad de amenaza por avenidas torrenciales ..... 101
Tabla 4.31. Características de las Unidades Geológicas Superficiales ..... 112
Tabla 4.32. Precipitación máxima diaria por periodo de retorno para la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 117
Tabla 4.33. Aceleración horizontal por municipios en el área de la cuenca. ..... 117
Tabla 4.34. Categorías amenaza por inundación ..... 124
Tabla 4.35. Áreas que categorizan la amenaza por inundación en la Cuenca CHCGSM ..... 130
Tabla 4.36. Categoría de amenaza – Temperatura ..... 133
Tabla 4.37. Categoría de amenaza – Precipitación ..... 134
Tabla 4.38. Categoría de amenaza – Pendiente ..... 134
Tabla 4.39. Categoría de amenaza – Accesibilidad ..... 135
Tabla 4.40. Categorización de amenaza por avenidas torrenciales ..... 145
Tabla 4.41. Caracterización geomorfológica relacionada con procesos morfodinámicos ..... 148
Tabla 4.42. Porcentajes de amenaza en el área total de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 150
Tabla 4.43. Categorización de eventos de sequía de acuerdo con el Índice SPI ..... 154
Tabla 4.44. Estaciones meteorológicas para la evaluación de la sequía ..... 155
Tabla 4.45. Amenaza por sequía meteorológica ..... 159
Tabla 4.46. Relación intensidad y magnitud máxima de los eventos de sequía por estación ..... 162
Tabla 4.47. Municipios costeros del Departamento del Magdalena ..... 168
Tabla 4.48. Áreas reportadas como críticas dentro de la cuenca ..... 170
Tabla 4.49. Intensidad sísmica en escala Mercalli ..... 178
Tabla 4.50. Escala de Magnitud Sísmica de Richter ..... 179
Tabla 5.1. Categorías de densidad poblacional par POMCAS. ..... 192
Tabla 5.2. Atributos mínimos del POMCA para definición de cada polígono como Zona homogénea en centros poblados. ..... 192
Tabla 5.3. Atributos mínimos del POMCA para definición de cada polígono como Zona homogénea rural (ZHR). ..... 192
Tabla 5.4. indicadores para el modelo de exposición para centros poblados. ..... 194
Tabla 5.5. Indicadores para calcular el modelo de exposición para zonas rurales ..... 195
Tabla 5.6. Valores de Fragilidad física con respecto al nivel de amenaza ..... 196
Tabla 5.7. Valores de Fragilidad Sociocultural ..... 197
Tabla 5.8. Categorías del ICV para la evaluación de los tejidos urbano y urbano discontinuo. ..... 197
Tabla 5.9. Categorías para la evaluación de la fragilidad cultural. ..... 198
Tabla 5.10. Categorías para la evaluación de la fragilidad de ecosistemas estratégicos. ..... 199
Tabla 5.11. Categorías para el índice de fragilidad calculado. ..... 200
Tabla 5.12. Categorias para el Indice de Falta de Resiliencia Económica. ..... 201
Tabla 5.13. Categorización del índice de vulnerabilidad (IV) ..... 202
Tabla 5.14. Información intermedia para el cálculo del IP en Zonas homogéneas en centros poblados (ZHCP) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 203
Tabla 5.15. Índice de pérdida para las Zonas homogéneas en centros poblados (ZHCP) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 205

Tabla 5.16. Información intermedia para el cálculo del IP en las Zonas homogéneas rurales (ZHR). ..... 207
Tabla 5.17. Índice de pérdida para las Zonas homogéneas rurales (ZHR) ..... 209
Tabla 5.18. Índice de pérdida o exposición (IP) ..... 212
Tabla 5.19. Categorías de Fragilidad Física de los elementos expuestos, con respecto al nivel de amenaza ..... 213
Tabla 5.20. Fragilidad física por inundaciones ..... 213
Tabla 5.21. Fragilidad física por incendios forestales ..... 213
Tabla 5.22. Fragilidad física (Ff) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 214
Tabla 5.23. Categorías para la evaluación de la fragilidad sociocultural (Fsc) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta por municipio. ..... 215
Tabla 5.24. Categorías para la evaluación de la fragilidad de ecosistemas estratégicos (Fe) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 215
Tabla 5.25. Fragilidad Ecosistémica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 215
Tabla 5.26. Índice de Fragilidad en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 217
Tabla 5.27. Indice de Falta de Resiliencia Económica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta. ..... 218
Tabla 5.28. Categorización del índice de vulnerabilidad (IV) ..... 219
Tabla 6.1. Categorías de probabilidad de ocurrencia de un evento amenazante ..... 229
Tabla 6.2. Matriz de categorización para Niveles de índice Riesgo (IR) en el análisis probabilístico. ..... 229
Tabla 6.3. Porcentaje y categorización de áreas de amenaza en la cuenca ..... 229
Tabla 6.4. Tipos de fragilidad en la cuenca ..... 229
Tabla 6.5. Áreas de categorías de Fragilidad comparadas por tipo de amenaza ..... 230
Tabla 6.6. Índices finales por categoría y porcentaje de área para el cálculo de la vulnerabilidad 230
Tabla 6.7. Áreas en Riesgo por inundaciones Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta sin aplicar el coeficiente de agravamiento. ..... 233
Tabla 6.8. Áreas en Riesgo por inundaciones Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta aplicando el coeficiente de agravamiento. ..... 234
Tabla 6.9. Porcentajes de área del territorio que presentan algún nivel de riesgo por inundación ..... 236
Tabla 6.10. Índice de pérdida de las coberturas vegetales más representativas en el escenario de riesgo por inundaciones ..... 237
Tabla 6.11. Estimación daños en los elementos expuestos lineales -Riesgo por Inundación ..... 239
Tabla 6.12. Estimación daños en los elementos expuestos puntuales -Riesgo por Inundación ..... 239
Tabla 6.13. Categorías de amenaza obtenidas para los parámetros analizados por Incendios forestales ..... 239
Tabla 6.14. Porcentajes de área del territorio que presentan algún nivel de riesgo por incendios forestales ..... 240
Tabla 6.15. Valores de reposición por tipo de cobertura ..... 242

Tabla 6.16. Valor de reposición en las coberturas vegetales más representativas en el escenario de riesgo bajo por avenidas torrenciales ..... 246
Tabla 7.1. Síntesis de potencialidades, limitantes y condicionamientos para la cuenca ..... 253
Tabla 8.1. Síntesis Análisis Situacional Inicial ..... 259
Tabla 8.2. Problemas y conflictos priorizados ..... 263
Tabla 8.3. Matriz de priorización de problemas y conflictos ..... 264
Tabla 8.4. matriz de priorización propuesta desde los aspectos técnicos ..... 264
Tabla 8.5. identificación de áreas críticas ..... 268
Tabla 8.1. Descripción de detonantes, categoría áreas muy críticas de la cuenca. ..... 272

# VOLUMEN 3

# CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL RIESGO

## INTRODUCCIÓN

La Fase de Diagnostico, involucra la caracterización de los diferentes aspectos que conforman la cuenca y la interrelación entre estos, por lo tanto es indispensable la caracterización del medio físico-biótico, de las condiciones sociales, culturales y económicas, del modelo político administrativo, de las funcionalidades de la cuenca y de las condiciones de riesgo; respecto de este último aspecto, corresponde, de acuerdo con el Anexo Alcances Técnicos, realizar la identificación y análisis de las condiciones de amenaza y vulnerabilidad que puedan limitar o condicionar el uso del territorio y el aprovechamiento de los recursos naturales; para ello, contar con la participación de los actores claves identificados dentro de la cuenca, es uno de los recursos de mayor importancia, puesto que ellos aportan en la identificación de las áreas críticas donde se da la ocurrencia de fenómenos amenazantes, y a la priorización de los problemas y conflictos ambientales derivados de la ocurrencia de estos fenómenos.

La caracterización de las condiciones de riesgo, se desarrolla bajo tres derroteros establecidos que corresponden a: 1. Caracterización histórica de amenazas y eventos amenazantes, 2. identificación, clasificación y caracterización de fenómenos amenazantes y evaluación de la amenaza y 3. Análisis de vulnerabilidad y riesgos.

En el Anexo Alcances Técnicos, se encuentra definido que los eventos a evaluar son 1. Movimientos en masa, 2. Inundación, 3. Avenidas Torrenciales, y 4. Incendios forestales; sin embargo, de acuerdo con los resultados del análisis del componente físico en lo que tiene que ver con geología y geomorfología de la Cuenca Hidrográfica del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se hizo evidente que dentro del área de esta cuenca no se presentan actualmente eventos de movimientos en masa ni de avenidas torrenciales, dada la configuración de su territorio. No obstante, se ha considerado incluir otros eventos naturales que eventualmente se han presentado generando repercusiones negativas sobre vidas humanas, infraestructura y desarrollo socio económico los cuales corresponden a erosión costera, sequias, sismos, y vendavales.

El objetivo general de la Caracterización de las Condiciones del Riesgo, es el de Identificar y analizar la susceptibilidad de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta a la generación de diferentes amenazas naturales, su vulnerabilidad y escenarios de riesgo, de acuerdo con el comportamiento espacio – temporal de los eventos amenazantes y sus afectaciones a las estructuras socioeconómicas y eco sistémicas.

Como objetivos específicos se plantea: Inventariar y caracterizar los eventos históricos amenazantes ocurridos en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Identificar la susceptibilidad de la cuenca objeto de ordenación, a la generación u ocurrencia de amenazas naturales, tales como: Inundaciones e Incendios Forestales.
Evaluar y zonificar las amenazas naturales en las áreas identificadas como de susceptibilidad crítica (Alta y Media).

Identificar y caracterizar los elementos expuestos que son vulnerables ante los diferentes eventos amenazantes analizados en las áreas identificadas como de amenaza alta.
Determinar el grado de afectación que puede ocasionar un determinado evento amenazante sobre los elementos vulnerables que conforman los ecosistemas, centros poblados, superficies agrícolas y población.

Definir y priorizar los escenarios de riesgos, con base al análisis de las vulnerabilidades y eventos amenazantes de la cuenca objeto de ordenación.

# 1. METODOLOGÍA GENERAL DEL COMPONENTE.

La caracterización de las condiciones de riesgo, implica una serie de actividades específicas para cada uno de los tres derroteros establecidos, las cuales se explican a continuación como metodología general empleada para su desarrollo, sin embargo, en los ítems específicos para cada uno de ellos, la metodología de su análisis se expone de manera detallada.

El primer derrotero es la Caracterización histórica de amenazas y eventos amenazantes, en el cual se realizó la compilación y análisis de la información correspondiente a eventos históricos ocurridos en la cuenca, a partir de información colectada en campo, con los habitantes de la cuenca, la encontrada en diferentes archivos de periódicos regionales, informes de entidades locales y registros de algunos estudios técnicos. Luego esta información se validó, contrastando los datos de un mismo evento en diferentes fuentes y con ello se construyó el inventario, que se sistematizó con los parámetros definidos, para su posterior análisis en el Sistema de Información Geográfica SIG.

La construcción del inventario, permitió elaborar las correspondientes salidas cartográficas para cada uno de los tipos de eventos a analizar y sobre ellas se pudo nuevamente validar con la comunidad la información obteniendo algunos ajustes y complementos los cuales fueron incorporados en la salida cartográfica final, la cuales se elaboraron siguiendo los estándares definidos en el documento de Protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas[1].

El segundo derrotero es la Identificación, clasificación y caracterización de fenómenos amenazantes y evaluación de la amenaza, que corresponde con la Evaluación y Zonificación de la Susceptibilidad y Amenaza para cada uno de los tipos de eventos amenazantes a analizar: Inundaciones, Incendios Forestales y Otros eventos como erosión costera, sequias, sismos, y vendavales, de los cuales la comunidad solicitó se hiciera referencia en este documento.

Las actividades desarrolladas en la construcción de este derrotero, se encaminaron a definir la Zonificación de la Susceptibilidad, la Zonificación de la Amenaza y la Elaboración de los productos que corresponden a este documento técnico en el cual se presentan los antecedentes, objetivos y alcances de la caracterización; la metodología especifica empleada en el desarrollo del análisis de cada uno de los tipos de eventos analizados; se indican las variables temáticas, se describen los resultados obtenidos y se dan recomendaciones tendientes a definir condicionamientos y exigencias de las zonas definidas como propensas a la ocurrencia de eventos amenazantes. También se presentan los anexos que incluyen los formatos de campo, el inventario de eventos históricos y activos, registro fotográfico, salidas cartográficas y mapas finales.

[1] Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Ministerio De Hacienda, Fondo De Adaptación. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá D.C., 2014

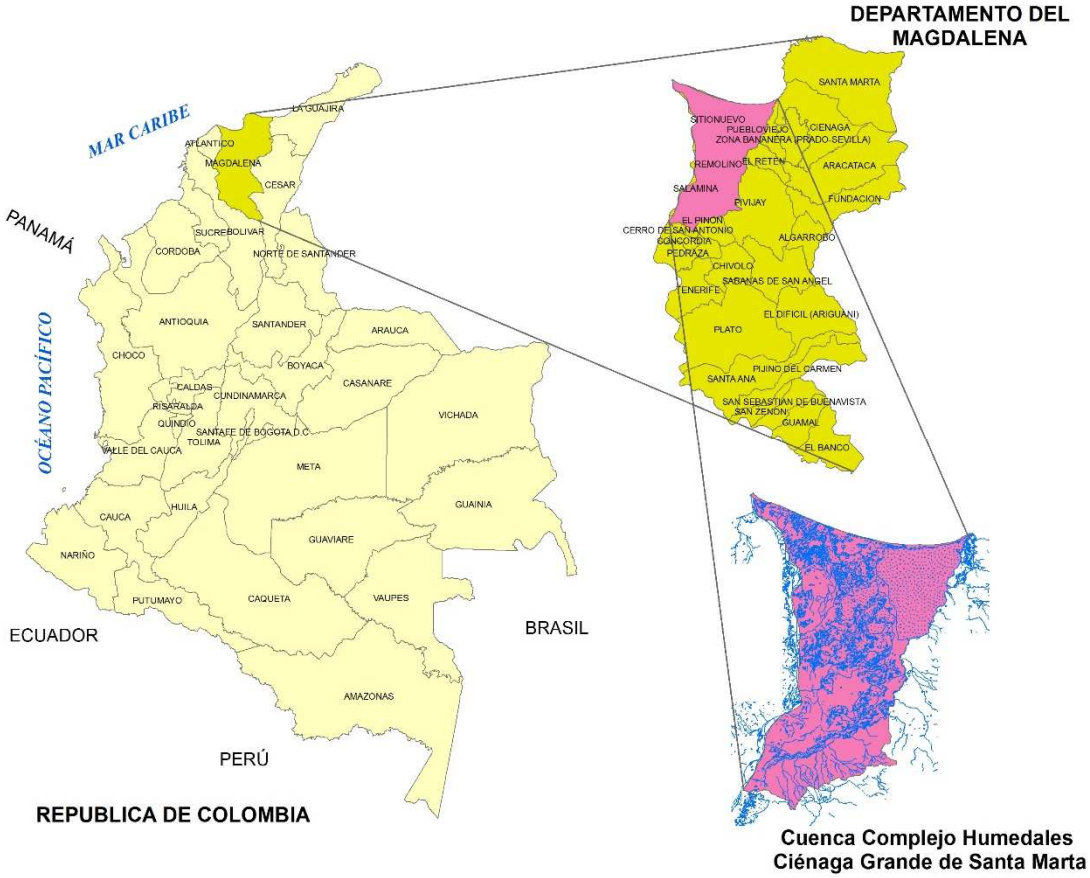
Y el tercer derrotero, complemento para llegar a la estimación del riesgo, es el Análisis de vulnerabilidad, cuyo análisis tiene por objeto conocer, estudiar y anticipar la propensión de un sistema o sociedad de ser dañada o afectada como consecuencia de la ocurrencia de un evento amenazante, se sintetiza en el establecimiento de índices de vulnerabilidad e indicadores de riesgo que definen zonas para evaluación de amenazas. Estas zonas se establecen específicamente para cada uno de los tipos de eventos amenazantes analizados y teniendo en cuenta las zonas identificadas como de amenaza, relacionadas con las frecuencias de los fenómenos más que su intensidad, y con los aspectos que caracterizan las condiciones predominantes en términos de áreas propensas, fragilidad socioeconómica y falta de resiliencia social.

La metodología empleada para analizar la vulnerabilidad a cada uno de los tipos de eventos amenazantes, es descrita detalladamente en el ítem respectivo.

## 2. GENERALIDADES

La Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta[2], está localizada dentro del departamento de Magdalena y colinda con el departamento del Atlántico y el río Magdalena al occidente; al norte con el mar Caribe, al sur y al oriente con municipios del mismo departamento del Magdalena. Esta cuenca pertenece a la macro Cuenca Magdalena Cauca, posee una extensión total aproximada de 278.423,43 hectáreas. La Figura 2.1 muestra la ubicación espacial de la Cuenca en el contexto Nacional, Regional y Local.

Figura 2.1. **Localización geográfica de la Cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**




[2] Léase en adelante CH-CHCGSM

### *2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y LÍMITES*

La Cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta se encuentra enmarcada entre las coordenadas geográficas:

| | |
|---|---|
| X min: - 74,871 | X max: -74,263 |
| Y min: 10,277 | Y max: 11,104 |

Los límites hidrográficos de la cuenca son:

- Norte:
  Océano Atlántico

- Sur:
  Cuenca Directos al Bajo Magdalena entre El Plato y Calamar (md) – SZH

- Occidente:
  Con el río Magdalena de por medio, las cuencas Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)-SZH

- Oriente
  Cuenca Rio Frio - Rio Sevilla – NSS, Cuenca Rio Aracataca – NSS, Cuenca Rio Fundación - NSS

La clasificación por pendientes presenta siete clases identificadas con números, los valores se incrementan gradualmente en 5° para las cuatro primeras clases, 10° para la clase cinco y 15° para la clase seis, los restantes 45° para la última clase (ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1. **Clases, intervalos en porcentaje y grados e interpretación, utilizados por el SGC para clasificar las pendientes del terreno.**

| Clase | Intervalo | | Interpretación |
|---|---|---|---|
| | % | ° | |
| | >= 8.74887 | 0 - 5 | Plana a suave |
| | 8.74887 - 17.63270 | 5 - 10 | Inclinada |
| 3 | 17.63270 - 26.79492 | 10 - 15 | Muy inclinada |
| 4 | 26.79492 - 36.39702 | 15 - 20 | Abrupta |
| 5 | 36.39702 - 57.73503 | 20 - 30 | Muy abrupta |
| | 57.73503 - 100 | 30 - 45 | Escarpada |
| | > 100 | > 45 | Muy Escarpada |

La Cuenca Hidrográfica del Complejo de Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, se ubica en el sector norte del Departamento del Magdalena, en el denominado Valle Inferior del río Magdalena. Regionalmente, este Valle, se localiza en la esquina noroccidental de Sur América. Geológicamente está limitado al Este por la Falla de Santa Marta- Bucaramanga que la separa de las rocas cristalinas de los macizos de Santa Marta y Santander; al Sur, por las estribaciones de la Cordillera Central y la falla de Palestina (cubierta por sedimentos cuaternarios); hacia el Norte y Oeste, por la cuenca del Caribe Colombiano.

El margen continental del Caribe Colombiano hace parte del frente de deformación originado por la subducción de la Placa Caribe bajo la Placa Suramericana. Las características tectónicas, dominadas por la interacción de estas placas, determinan los patrones estructurales que se presentan en las provincias geológicas del Norte Colombiano. Esta evolución, resulta en bloques que se presentan como regiones tectónica y estratigráficamente diferenciadas entre sí.[3]

A continuación, se presenta la caracterización geomorfológica de acuerdo con la jerarquización planteada en la metodología, el nivel al que se llegó corresponde a unidades y subunidades geomorfológicas, que hacen parte de una región geomorfológica específica, esta a su vez hace parte de una provincia geomorfológica y ésta, de una geomorfoestructura, motivo por el que se realiza la caracterización desde lo general hasta lo detallado.

## *2.2. GEOMORFOESTRUCTURA*

Como se mencionó anteriormente, las geomorfoestructuras son extensas áreas que se caracterizan por las estructuras geológicas con procesos de deformación o basculamiento (Carvajal, 2011). En la cuenca del Complejo de Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta se identificó una geomorfoestructura: la megacuenca de sedimentación, configurada tanto por los sedimentos provenientes de la erosión de la Sierra Nevada de Santa Marta, la sedimentación del río Magdalena y de la sedimentación marina y costera. En la Figura 2.2 se presenta la ubicación de la geomorfoestructura en el área de estudio.

### 2.2.1. Provincias geomorfológicas

Las provincias geomorfológicas representan un conjunto de geoformas definidas por un macro-relieve y una génesis geológica similar, en este sentido la Cuenca Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta pertenece a una provincia geomorfológica: valle interandino del Magdalena.

[3] Reyes, H. Montenegro, B. Et al. Tectonoestratigrafía y Evolución geológica del Valle Inferior del Magdalena. Boletín de geología, Vol. 26, No. 42, Ene-jun de 2004. Revistas-UIS

Figura 2.2. **Geomorfoestructura de la Cuenca Complejo de Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**




### 2.2.2. Regiones geomorfológicas

Para la Cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta se identificaron las siguientes regiones geomorfológicas:

#### 2.2.2.1. *Ambiente denudacional*

Corresponde a geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes, se encuentran afectadas frecuentemente por procesos erosivos principalmente por escurrimiento superficial y subsuperficial.

El 3,71% del área total de la cuenca presentan geoformas con características denudacionales, al sur de la cuenca desde Cerro de San Antonio, Cantallagar, Vázquez hasta el sur de Pivijay y Media Luna, las geoformas configuran elevaciones topográficas (lomas) hasta de 50 m.s.n.m., que hacen las veces de divisorias de agua con la cuenca de la quebrada Zapayán y la Ciénaga Cerro de San Antonio, están compuestas por arcillolitas alteradas, areniscas y lodolitas de las formaciones Rancho y Zambrano. El drenaje es dendrítico, presentando cauces permanentes tributarios de los arroyos Pachecho y Palma de Vino, pero en su mayoría se tienen drenajes intermitentes que se activan en momentos y períodos de lluvia. La disección del drenaje funciona retocando y suavizando la topografía.

#### 2.2.2.2. *Ambiente marino*

Son las geoformas construidas por la interacción de los procesos marinos de oleaje y la acción de las mareas sobre los elementos continentales tales como la estructura y la litología, al igual que, los aportes fluviales deltaicos y las formaciones arrecifales. En la cuenca, representa el 40,10% del área total de la cuenca, la topografía es plana a suavemente ondulada, las zonas que no hacen parte de las lagunas costeras se encuentran muy afectadas por salares, para el caso de los planos de marea

los terrenos son anegadizos motivo por el que el uso productivo es restringido, las playas y barras se ven afectadas por erosión costera e inundaciones ocasionadas por oleaje.

La Isla Salamanca y los centros poblados El Presidio, Buenavista y Nueva Venecia están ubicados en este ambiente; las ciénagas configuran un ecosistema estratégico por su oferta ambiental, oferta que ha disminuido por la contaminación y la salinización de estos cuerpos de agua.

2.2.2.3. *Ambiente eólico*

Son las geoformas originadas por la acción del viento e involucra procesos de transporte, fragmentación y depósito de partículas de diversos tamaños. Para la cuenca tan solo el 0,68% del área total pertenece a este ambiente, corresponde a franjas de arenas finas con salares que configuran llanuras y mantos en la barrera Isla Salamanca, afectadas por inundaciones ocasionadas por las mareas.

2.2.2.4. *Ambiente fluvial y lagunar*

Está dominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre, con geoformas resultantes de la sedimentación de ríos, quebradas, lagos y lagunas.

El ambiente fluvial y lagunar está asociado con el delta actual y antiguo del río Magdalena, por lo tanto, se incluyen niveles de terraza aluviales, planos deltaicos, llanuras aluviales, planos de inundación, orillares, albardones, entre otros. Representa el 55,51% del área total de la cuenca con alturas que van desde los -2 hasta los 4 m.s.n.m., se tienen sedimentos arenosos finos y medios, limos y arcillas, la zona baja (presenta amenazas por inundaciones, aunque se tiene superficies plano-cóncavas encharcables por lluvia y agua de escorrentía, la salinización es un fenómeno frecuente en estos modelados, lo que limita aún más el uso de estas áreas. Por intervención antrópica: captación de agua y modificación de los cauces naturales, el ingreso de agua dulce a las lagunas costeras ha disminuido y desaparecido en algunos sectores acentuando los problemas de salinización de las ciénagas.

# 3. CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE AMENAZAS Y EVENTOS AMENAZANTES.

Como parte de las actividades desarrolladas en el marco del proyecto de incorporación del componente de gestión del riesgo en el proceso de formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se realizó la recopilación, análisis y georreferenciación de información secundaria, con el propósito de estimar de manera general, la intensidad, duración y frecuencia de cada uno de los fenómenos amenazantes. Esta información, es fundamental en el proceso metodológico, debido a que se constituye en el primer insumo para la calibración y validación de los resultados obtenidos en la zonificación de amenazas naturales.

## *3.1. FUENTES DE INFORMACIÓN*

Las principales fuentes incluidas en la caracterización histórica de eventos amenazantes, fueron clasificadas en cuatro grupos de acuerdo con el tipo de información aportante. Estos grupos son: Documentación, Bases de Datos, Actores estratégicos y Recorridos de campo.

### 3.1.1. Documentación

En primera instancia, se consultaron los planes, informes técnicos y visitas de emergencia de cada una de las entidades territoriales que hacen parte de la cuenca objeto de ordenación, entre los que se destacan los Planes Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres y los Planes de Ordenamiento Territorial[4]. También se analizaron los datos, estadísticas y registros consignados en los planes de acción desarrollados por la Gobernación del Magdalena, Corporación Autónoma Regional del Magdalena y Parques Nacionales Naturales. La Tabla 3.1 contiene un resumen de la documentación consultada.

**Tabla 3.1. Documentación empleada en el catálogo histórico de eventos amenazantes**

| Documento | Año | Autor |
|---|---|---|
| Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pivijay | 2000 | Asocienaga Dirección P.B.O.T |
| Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Salamina | 1999 | Oficina de Planeación Municipal Salamina |
| Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de El Piñón | 1999 | Alcaldía Municipal |
| Esquema de Ordenamiento Territorial, municipio de Pueblo Viejo | 2005 | Alcaldía Municipal, Unión Temporal OT-Caribe |
| Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Sitio Nuevo | 2000 | Asocienaga, Alcaldía Municipal |
| Esquema de Ordenamiento Territorial, Municipio Cerro de San Antonio | 1999 | Alcaldía Municipal |
| Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Salamina | 2012 | Consejo Municipal para la gestión de riesgo de desastres |
| Plan Municipal de Gestión de Riesgo y Desastres Sitio Nuevo | 2012 | Alcaldía Municipal |
| Plan Municipal de Gestión de Riesgo y Desastres Pueblo Viejo | 2012 | Consejo Municipal para la gestión del Riesgo de Desastres |

[4] Hace alusión a todos los tipos de planes previstos en el artículo 9 de la Ley 388 de 1997, es decir al conjunto de Planes de Ordenamiento Territorial – POT, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial – PBOT y Esquemas de Ordenamiento Territorial - EOT

| Documento | Año | Autor |
|---|---|---|
| Plan Municipal de Gestión de Riesgo y Desastres Pivijay | 2012 | Consejo Municipal para la gestión del Riesgo de Desastres |
| Plan Municipal de Gestión de Riesgo y Desastres Municipio del Piñón | 2013 | Consejo Municipal para la gestión del Riesgo de Desastres |
| Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres Municipio de Cerro de San Antonio | | Alcaldía Municipio de Cerro San Antonio |
| Reconstrucción de los efectos ambientales generados por la ola invernal 2010-2011 en el Departamento del Magdalena | 2010 | CORPAMAG |
| Plan de Contingencia para enfrentar la temporada seca en el periodo 2014-2015 | 2014 | CORPAMAG |
| Plan Departamental de Gestión del riesgo de Magdalena | 2012 | Gobernación del Magdalena, UNGRD, PNUD |
| Programa Nacional de Investigación para la prevención, mitigación y control de la erosión costera en Colombia PNIEC. | 2009 | INVEMAR |
| Plan de Manejo Santuario de Flora y Fauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta | | Parques Nacionales Naturales |
| Protocolo de respuesta por Tsunami | 2013 | Alcaldía municipal de Sitio Nuevo |

Los instrumentos de planificación mencionados, presentan de manera general el contexto amenazante de la cuenca en ordenación, destacando áreas con mayor susceptibilidad a la ocurrencia de inundaciones e incendios forestales; zonificación que se encuentra soportada en los reportes de los organismos de atención de emergencias y en un análisis de las condiciones biofísicas del territorio. Por otro lado, CORPAMAG dentro del documento Reconstrucción de los efectos ambientales generados por la ola invernal 2010-2011 en el Departamento del Magdalena; espacializa las zonas más críticas que fueron inundadas y analiza las posibles causas, a partir de los registros hidrológicos del IDEAM y del CREPAD Magdalena.

La información consignada en los anteriores documentos, aporta características geográficas y temporales de los eventos, tales como: Municipio, Evento, Fecha de Ocurrencia y Causas; aportando atributos relevantes dentro de la caracterización histórica de los fenómenos amenazantes ocurridos en la cuenca objeto de ordenación.

### 3.1.2. Bases de Datos

Se consultó la información disponible en las páginas web y banco de documentación de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y del Servicio Geológico Colombiano (SGC), en cuyas 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 aclarar, que el SGC, a través del Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA), establece la ubicación precisa de los fenómenos monitoreados, a comparación de la UNGRD, quien determina de manera general la localización de los reportes.

Adicionalmente, se accedió al Sistema de Inventario de Desastres (Desinventar), para extraer información acerca de los eventos amenazantes ocurridos en los municipios con jurisdicción en la cuenca objeto de ordenación. Los datos que allí se registran, son un compilado de diferentes fuentes, dentro de las que se encuentran: diarios oficiales, Consejos Departamentales y Municipales para la gestión del riesgo de desastres (Anteriormente denominados CREPAD y CLOPAD).

### 3.1.3. Georreferenciación

Con apoyo de los sensores remotos, se localizaron puntos donde se evidencia la presencia u ocurrencia de un movimiento en masa; algunos de los cuales, lograron ser verificados en campo durante el recorrido de rutas veredales. La información recopilada, fue empleada como una variable de agrupación en la selección de la muestra y análisis estadístico para la determinación de la susceptibilidad a movimientos en masa de la cuenca objeto de ordenación.

### 3.1.4. Actores Estratégicos

A través de los espacios de participación, los actores estratégicos aportaron información relevante para la caracterización histórica de los eventos amenazantes de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ver Anexo 1). Es así, como mediante una estrategia de investigación-acción-participativa conocida como “Cartografía Social”, se identificaron fenómenos naturales ocurridos, con algún tipo de repercusión en las comunidades; reportes, que fueron coincidentes con lo registrado en las bases de datos, complementando los datos y observaciones descritas.

Adicionalmente, en la fase de Diagnóstico, se llevó a cabo una ruta veredal, con el propósito de corroborar el estado de los eventos amenazantes reportados e identificar aquellos fenómenos con procesos de activación recientes. Este recorrido, se efectuó con el acompañamiento de los actores estratégicos (Comunidad, Organismos de atención y manejo de desastres), debido a que son éstos, los que conviven continuamente con las condiciones de riesgo, permitiendo una caracterización más acertada de las amenazas naturales que ocurren en la zona.

Como resultado del proceso de acercamiento social, se ingresaron 131 eventos al catálogo, que hacen referencia explícita a inundaciones, incendios forestales y sequía, con afectaciones significativas para los pobladores, especialmente en las viviendas, cultivos y vías.

### 3.1.5. Recorridos de Campo

El inventario de los eventos amenazantes activos, identificados en el área objeto de ordenación, se llevó a cabo mediante el diligenciamiento del formato de campo (Ver Anexo 2), establecido acorde con la escala de trabajo, los cuales permiten describir las principales características de los fenómenos naturales evaluados. Dicha información, fue incorporada al catálogo y se estructuró sobre la cartografía en plataforma SIG para el POMCA.

La ruta veredal de gestión del riesgo, se concibe como un espacio de interacción que permite el reconocimiento o verificación en campo de los principales problemas y fortalezas, que deben ser diagnosticadas de manera participativa con las comunidades, por los profesionales del componente de gestión del riesgo. En este sentido, en el área de jurisdicción de la Cuenca Hidrográfica del Complejo de Humedales se realizaron dos recorridos de campo de manera paralela, con el propósito de identificar y verificar las condiciones de susceptibilidad y/o vulnerabilidad del territorio ante la ocurrencia de un evento amenazante.

En el anexo 3, se presenta el registro fotográfico del recorrido de campo, que se llevó a cabo en la cuenca hidrográfica objeto de ordenación.

**Figura 3.1. Ruta de la tierra con acompañamiento de actores sociales del Centro poblado de Palmira, para verificar grado de sedimentación en el sector Puente La Barra.**



### *3.2. CATÁLOGO HISTÓRICO DE EVENTOS AMENAZANTES*

La estructura y organización del catálogo histórico de eventos amenazantes para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, se elaboró de acuerdo con los ítems establecidos en el documento que indica los alcances técnicos para este POMCA, adicionalmente, se incorporaron otros ítems o atributos, que permitieron ampliar la caracterización de cada una de las amenazas naturales encontradas. Los ítems que componen este catálogo, que se presenta en el anexo 4 del presente Volumen, son los siguientes:

- *Id Evento:* Código de identificación del evento
- *Departamento:* Departamento dónde se localiza el evento
- *Municipio:* Municipio dónde se localiza el evento
- *Código:* Número de identificación del municipio dónde se localiza el evento
- *Vereda:* Nombre de la vereda donde se localiza el evento
- *Sitio:* Localización precisa del evento amenazante, expresada a nivel de predio
- *Coordenada Este:* Coordenada Este del punto, debe ser calculada en el sistema de referencia oficial Magna Sirgas.
- *Coordenada Norte:* Coordenada norte del punto, debe ser calculada en el sistema de referencia oficial Magna Sirgas.

- *Tipo de evento:* Indica el tipo de fenómeno natural reportado (Ej. Movimiento en Masa, Incendio Forestal, Inundación, Avenida Torrencial, sismo)
- *Ocurrencia:* Expresa el día, mes y año en el cual se presentó el evento amenazante
- *Causa:* Define las razones por las cuales se originó el evento amenazante
- *Detonante:* Elemento que dio origen al evento amenazante
- *Fuente:* Origen de la información del evento.
- *Estado:* Condición en la que se encuentra el evento amenazante
- *Verificado:* Indica si la fuente de información pudo ser verificada (Si/No)
- *Jerarquía:* Ordena el evento amenazante respecto a los otros, dependiendo del tipo de evento y sus afectaciones. Esta jerarquización se realizó tomando en consideración las siguientes tablas:

**Tabla 3.2. Jerarquización Eventos amenazantes (1)**

| | | Elementos Expuestos | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Ninguno** | **Elementos Bióticos** | **Infraestructura** |
| **RECURRENCIA (Proporción eventos en la cuenca)** | **>30% eventos** | Media | Muy Alta | Alta |
| | **20-30% eventos** | Baja | Alta | Media |
| | **10-20% eventos** | Muy Baja | Media | Baja |
| | **0-10% eventos** | Muy Baja | Baja | Baja |

**Tabla 3.3. Jerarquización Eventos amenazantes (2)**

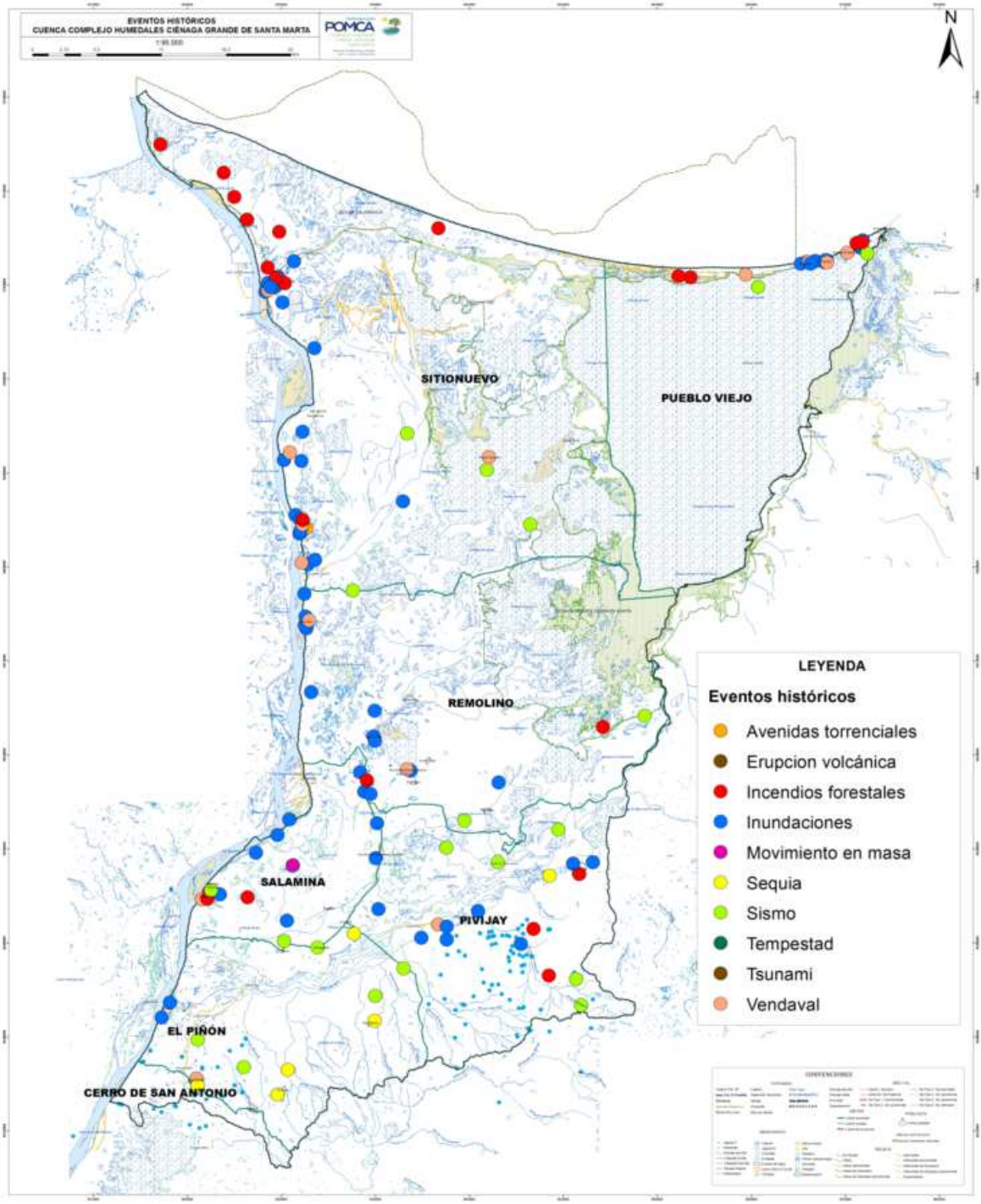
| | | AFECTACIÓN | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Muy baja** | **Baja** | **Media** | **Alta** | **Muy Alta** |
| **OCURRENCIA** | **< 15 años** | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| | **15-50 años** | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | **>50 años** | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 |

- *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.
- *Vidas:* Número de muertes por causa del evento amenazante
- *Heridos:* Número de heridos a causa del evento amenazante
- *Desaparecidos:* Número de desaparecidos por causa del evento amenazante
- *Damnificados:* Número de personas afectadas por causa del evento amenazante
- *Viviendas destruidas:* Número de viviendas destruidas, como consecuencia de la ocurrencia del evento.
- *Viviendas averiadas:* Número de viviendas averiadas, como consecuencia de la ocurrencia del evento.

- *Vías:* kilómetros de vías averiadas o destruidas, como consecuencia de la ocurrencia del evento.
- *Servicios:* Fallas en la prestación de los servicios públicos domiciliarios, como consecuencia de la ocurrencia del evento amenazante.
- *Puentes Vehiculares y/o Peatonales: Número de pasos vehiculares o peatonales que han sido afectados por causa del evento amenazante.*
- *Cultivos y/o Bosques:* 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. Educativo:* Número de instituciones educativas afectadas
- *C. Salud:* Número de hospitales y/o centros de salud afectados
- *C. Comunitarios:* 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. En este ítem se incluyen los aportes de los actores estratégicos.

El inventario histórico de eventos amenazantes se alimentó con información recopilada de las fuentes de información ya mencionadas, obteniendo como resultado un catálogo conformado por 131 eventos que cubren una ventana de tiempo de 1942 a 2016. La figura presenta la ubicación de los eventos conforman el catalogo histórico de eventos amenazantes para la cuenca objeto de estudio.

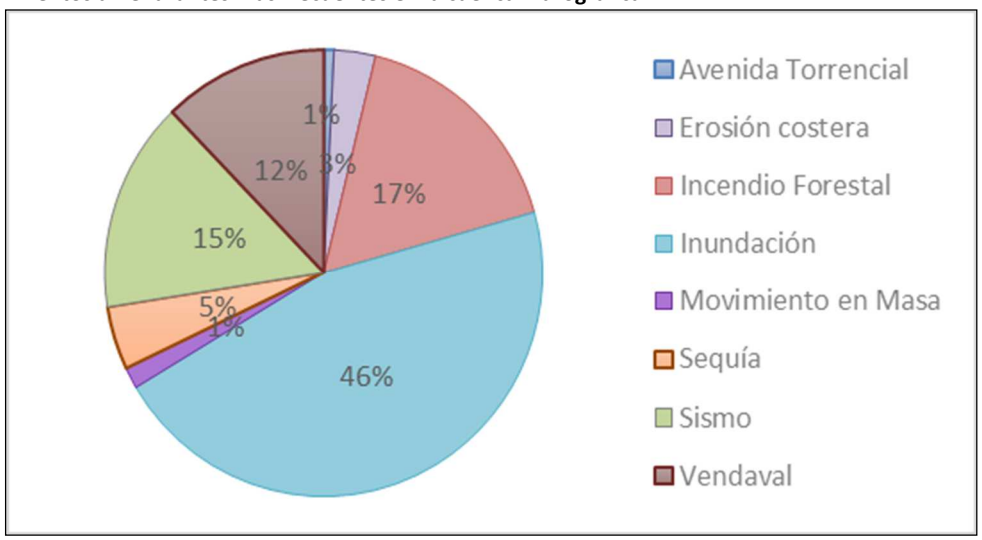
**Figura 3.2. Ubicación de eventos amenazantes que conformen el cátalo para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**



### *3.3. CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE EVENTOS AMENAZANTES*

El análisis histórico de los eventos amenazantes registrados en la Cuenca Hidrográfica del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta denota la ocurrencia de 131 desastres naturales, siendo las inundaciones, los fenómenos más recurrentes en el periodo comprendido entre el 21 de noviembre de 1938 y el 08 de abril de 2016. También, se aprecia mayor número de eventos dentro del municipio de Sitio Nuevo, representando el 32,06% del total de fenómenos amenazantes registrados en la cuenca hidrográfica.

**Figura 3.3. Eventos amenazantes más frecuentes en la cuenca hidrográfica**



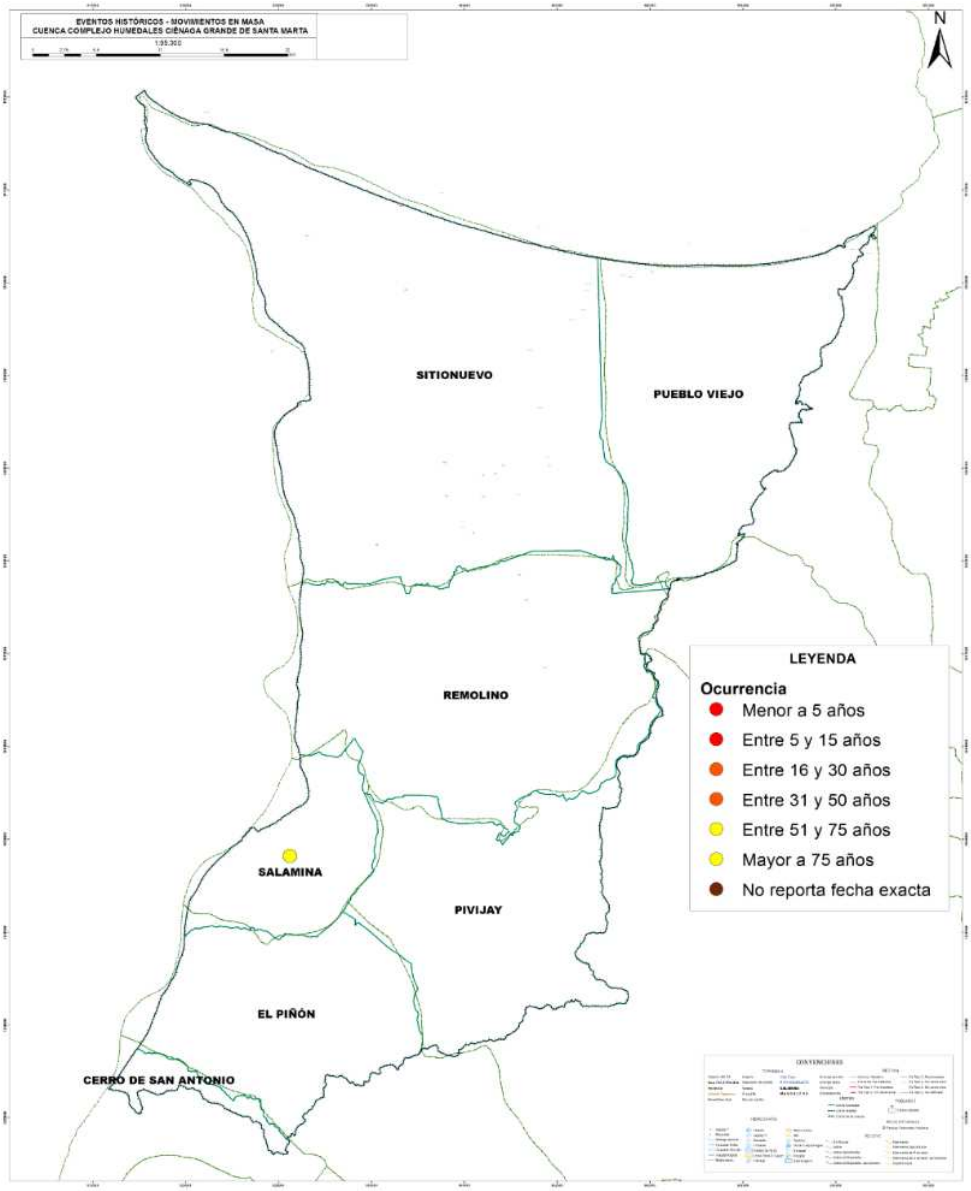

En el anexo 5, se presenta la espacialización de los diferentes eventos incluidos en el catálogo por tipo de evento.

#### 3.3.1. Movimientos en masa

La Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, reporta la ocurrencia de tan sólo dos movimientos en masa, localizados en el mismo sector, cercanías al Caño Don Diego, generando afectaciones sobre el centro poblado. Estos eventos se registraron a mediados del siglo XX (1950 y 1952), durante la temporada invernal; siendo las lluvias intensas, el factor detonante predominante.

Actualmente, este tipo de eventos no se presentan en dentro del área de la cuenca. Durante el recorrido de campo realizado en el mes de junio de 2016 por el equipo consultor no se identificaron movimientos en masa activos o recientes dentro del área de estudio. Asimismo, los actores estratégicos participantes en el panel de riesgo, no reportaron ningún evento asociado a esta tipología y no conciben este fenómeno amenazante como significativo para la cuenca objeto de ordenación dada las condiciones fisiográficas de este territorio, el cual es predominantemente plano.

**Figura 3.4. Localización eventos movimientos en masa**

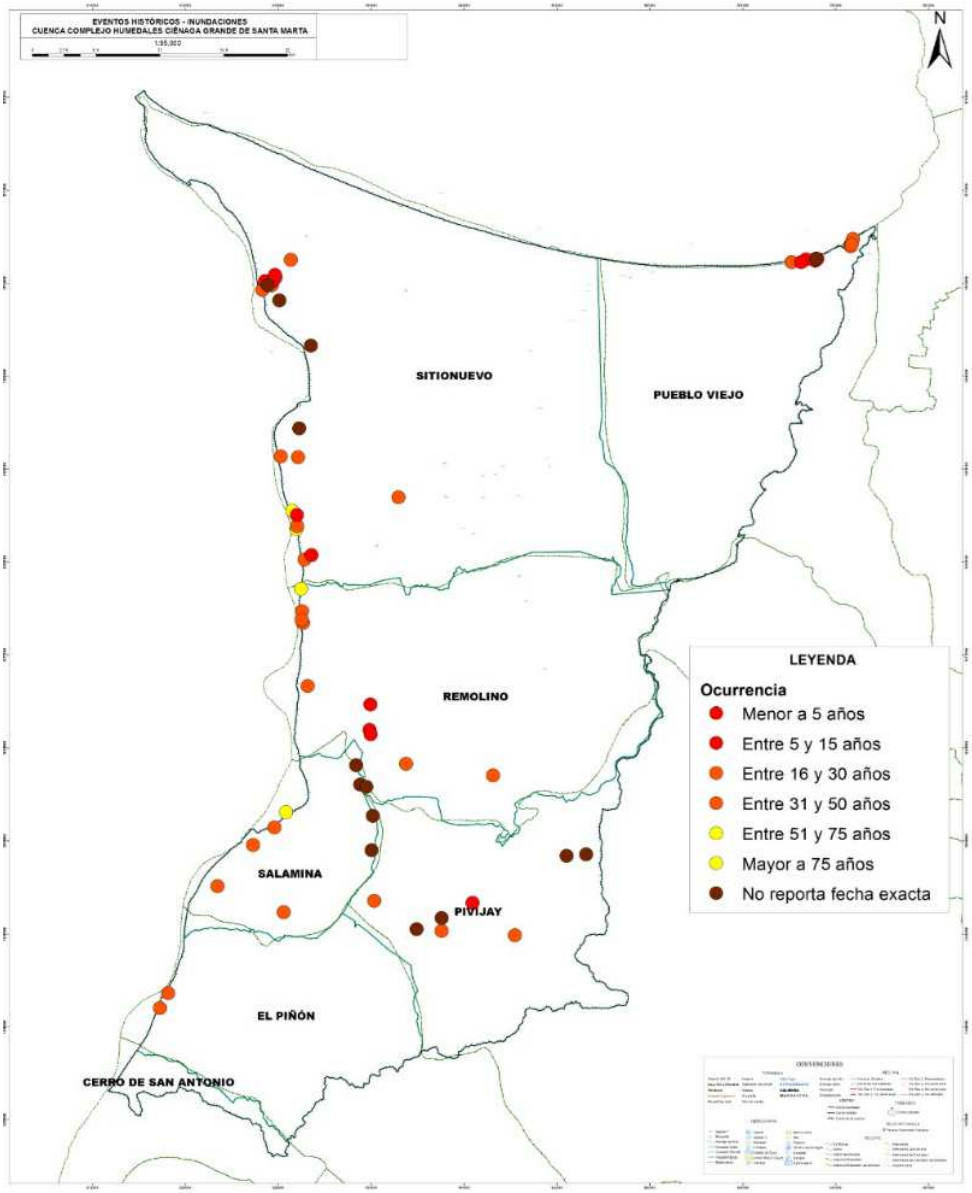



### 3.3.2. Inundaciones

Para la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, la mayor preocupación se centra en las inundaciones asociadas al desbordamiento del río Magdalena, que a su vez provoca el desbordamiento de ciénagas y caños. Asimismo, debido a la alta sedimentación del sistema de ciénagas y caños, se pierde la capacidad de almacenamiento de estos cuerpos hídricos, aumentando con mayor rapidez sus volúmenes de agua en épocas de mayores precipitaciones lo genera amenazas para las comunidades por cuanto esto afecta sus actividades productivas (PDGRD, 2012).

El catálogo de eventos históricos amenazantes revela la ocurrencia de 60 registros de inundación dentro de la jurisdicción de la cuenca, siendo los municipios de Sitio Nuevo y Pueblo Viejo los más afectados por este fenómeno, con el 36,67% y 16,67% respectivamente del total de registros. Estos eventos están asociados principalmente al desbordamiento del río Magdalena, de los caños Clarín Schiller, Condazo, Hondo, Renegado y de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

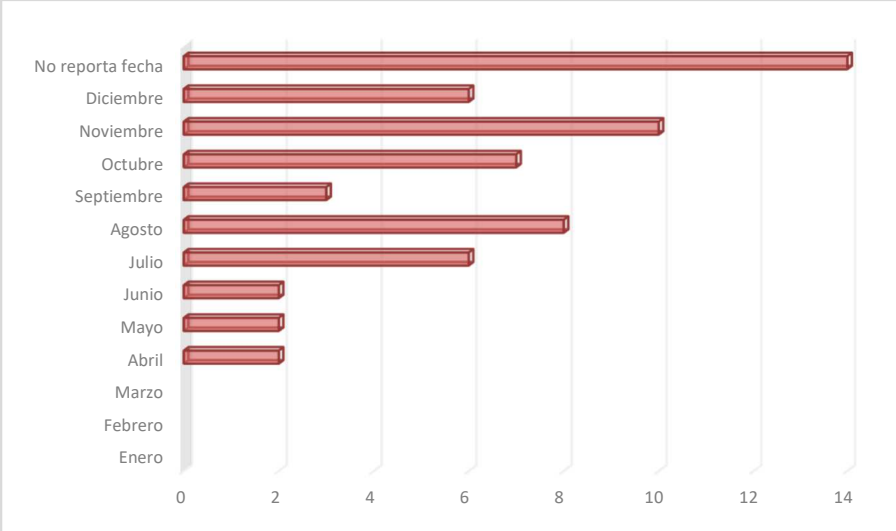
**Figura 3.5. Localización eventos de inundaciones**



Adicionalmente, los eventos consolidados revelan que las inundaciones son recurrentes presentándose en los diferentes periodos de análisis, siendo el evento más antiguo el acontecido el 21 de noviembre de 1938, en donde el desbordamiento del río Magdalena causó afectaciones en las veredas Camino a la Playa y Sedrol de los municipios de Remolino y Sitio Nuevo.

Las inundaciones son más frecuentes durante el mes de noviembre (Ver Figura 3.6), correspondientes con los picos de precipitación reportados por el IDEAM para la región, lo cual fue corroborado por las comunidades dentro de los acercamientos participativos realizados en la etapa de diagnóstico.

**Figura 3.6. Frecuencia mensual de inundaciones**

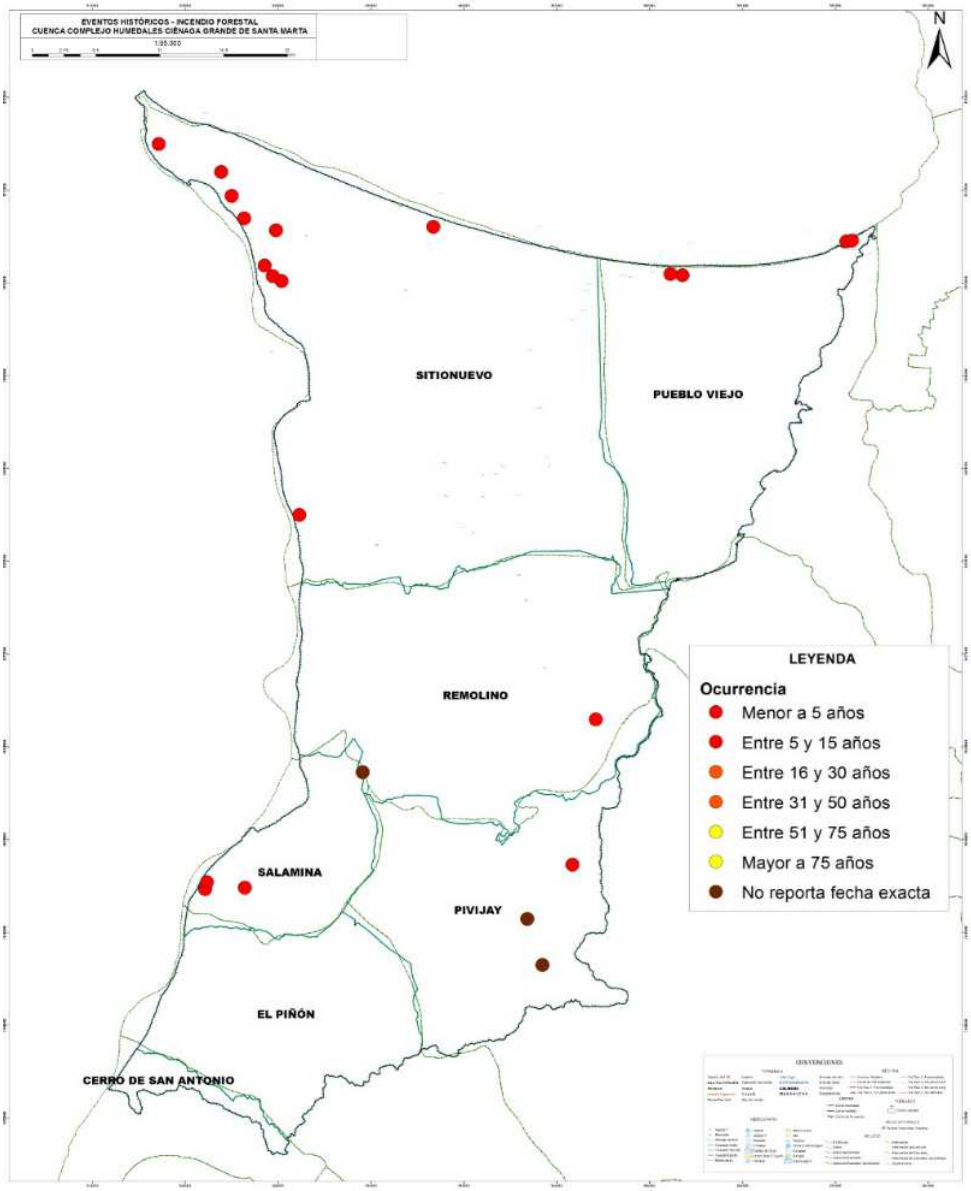



### 3.3.3. Incendios Forestales

En el territorio de esta cuenca hidrográfica, el uso del fuego está asociado a las prácticas agrícolas, tales como, preparación y limpieza de los terrenos, convirtiéndose en uno de los factores detonantes de los incendios de la cobertura vegetal. Esta amenaza se presenta principalmente en temporadas de clima seco, durante los primeros meses del año; debido a las condiciones climáticas extremas y al tipo de vegetación presente en el territorio.

Durante el periodo de análisis (1938-2016), se han presentado 22 incendios forestales, el 86% de éstos han ocurrido en los últimos 15 años, principalmente en los sectores de Palermo, El Salado, Media Luna, Chinoblas, Caño Clarín Nuevo, Trinidad, Villabel y en las inmediaciones del Parque Isla Salamanca y en el Santuario de Fauna y Flora de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Estos sectores, fueron catalogados por los habitantes de la cuenca durante la ruta veredal; como las áreas más susceptibles ante la ocurrencia de incendios forestales.

**Figura 3.7. Localización eventos incendios forestales**

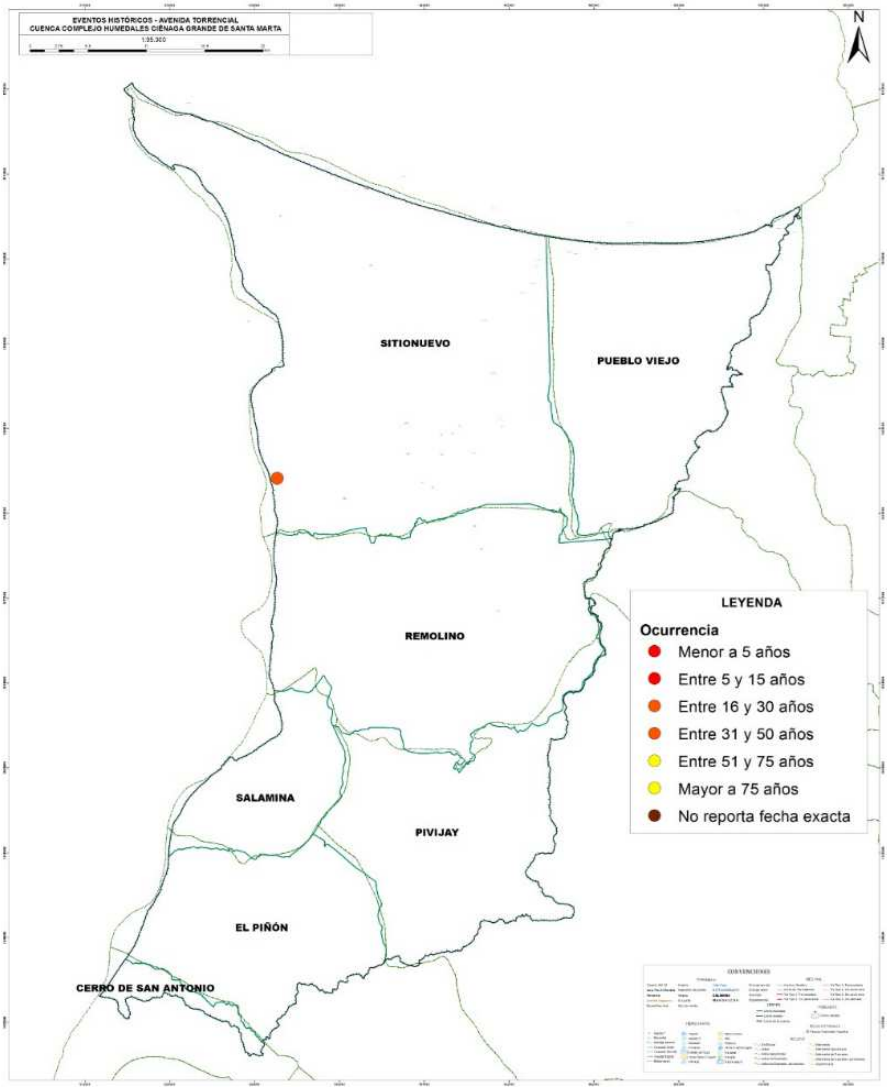



Las causas de los eventos de incendios no se establecieron en la mayoría de los casos. Sin embargo, sus afectaciones tienen tendencias muy claras de acuerdo con las temporadas secas pese a encontrarse en zonas de alta afluencia hídrica. Es importante precisar, que los incendios forestales remodelan el funcionamiento ecológico del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Los municipios de Cerro de San Antonio y El Piñón no presentan eventos registrados de esta índole.

### 3.3.4. Avenidas Torrenciales

Las avenidas Torrenciales se originan por la presencia de altas y continúas precipitaciones, principalmente en las partes alta y media de las cuencas; en donde, la reducida cobertura vegetal y la baja capacidad de infiltración de los suelos, generan altos volúmenes de escurrimiento superficial o caudales capaces de arrastrar enormes cantidades de materiales a gran velocidad, que arrasan todo lo que encuentran a su paso (PDGRD, 2012).

**Figura 3.8. Localización eventos avenidas torrenciales**




En la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se registró una avenida torrencial en cercanías al casco urbano del municipio de Sitio Nuevo (enero de 1972), debido a la alta torrencialidad del río Magdalena. Este evento, destruyó alrededor de 100 viviendas y causó cuantiosas pérdidas a agricultores y ganaderos.

Sin embargo, durante el recorrido de campo no se reconoció ningún evento torrencial, y dentro de los acercamientos participativos realizados en la etapa de diagnóstico; la comunidad, manifestó que este fenómeno amenazante no es significativo dentro de la cuenca objeto de ordenación. También cabe anotar, que dadas las condiciones fisiográficas de esta cuenca las avenidas torrenciales, al igual de los fenómenos de remoción en masa no son eventos que ocurran dentro de su territorio, el cual es predominantemente plano.

### 3.3.5. Otros eventos Amenazantes

Las características climáticas y geográficas de la cuenca en ordenación, pone en manifiesto la susceptibilidad del territorio a la presencia de otros fenómenos naturales como: Erosión Costera, Sequía, Sismo y Vendaval. Este escenario, es ratificado por los registros históricos, tal como se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 3.4. Reporte de otros Eventos Amenazantes**

| Municipio | Erosión costera | Sequía | Sismo | Vendaval | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Cerro de San Antonio | 0 | 1 | 0 | 0 | **1** |
| El Piñón | 0 | 4 | 2 | 1 | **7** |
| Pivijay | 0 | 1 | 9 | 1 | **11** |
| Pueblo Viejo | 3 | 0 | 2 | 5 | **10** |
| Remolino | 0 | 0 | 2 | 3 | **5** |
| Salamina | 0 | 0 | 2 | 1 | **3** |
| Sitio Nuevo | 1 | 0 | 3 | 5 | **9** |
| **Total** | **4** | **6** | **20** | **16** | **46** |

Como se aprecia en la anterior tabla, los municipios con mayor número de eventos amenazantes son Pivijay y Pueblo Viejo con 11 y 10 registros respectivamente, siendo los sismos y vendavales los fenómenos amenazantes más representativos en la zona. En relación con la sequía, es importante precisar que no existen registros anteriores al año 1993, debido a que esta amenaza, se empezó a considerar desde la implementación del Sistema de Información Nacional Ambiental.

#### 3.3.5.1. *Erosión Costera*

Se define como la invasión de la tierra por el mar, después de promediar un periodo suficientemente largo para eliminar los impactos del clima, las tormentas y la dinámica local de sedimentos (EUROSION, 2012).5 Para el caso de Colombia, no se tiene establecida una escala sistemática de trabajo para realizar los estudios de este fenómeno; sin embargo, se han adelantado por parte de Invemar ejercicios de monitoreo trimensual y multianual desde hace algunos años, y a partir de fotografías áreas de diferentes épocas, algunos investigadores han hecho el ejercicio de georreferenciar y comparar las líneas de costa de varios sectores del Caribe.

La erosión costera conlleva tres tipos de impactos o riesgos: La pérdida de superficie, con un valor económico, social o ecológico; la destrucción de las defensas costeras naturales por los temporales

[5] Posada B., Henao W. Diagnóstico de la Erosión en la zona costera del Caribe Colombiano. Invemar. Santa marta, Colombia 2007.

hecho que favorece la inundación y el deterioro de las obras de protección, que también favorece el riesgo de inundación.

Algunos de los factores naturales que causan la erosión en la franja de costa de la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta son: El tipo de sustrato que conforma el litoral, la acción del oleaje, el aumento de tormentas tropicales, el aumento relativo del nivel del mar y la bioerosión. Mientras que algunos de las factores antrópicos son: la extracción de arenas y guijos (china) en las playas o en el lecho de los ríos, la tala indiscriminada del mangle, la construcción de obras fijas en las zonas intermareales y en playas y dunas, el crecimiento urbano en zonas de acantilados, el crecimiento urbano en la orilla de los ríos o del mar, la construcción de represas en la parte alta de los ríos, la desviación de ríos y construcción de canales alternos para navegación y el daño a corales y pastos marinos.

Se han reportado sitios de erosión costera en Pueblo Viejo y Sitio Nuevo, este es un fenómeno latente, que se ha venido dando a través del tiempo a lo largo de la línea de costa; y es considerado por los habitantes de la cuenca como una amenaza natural constante, pues afecta algunas de sus actividades económicas, principalmente las asociadas al turismo y pone en riesgo la infraestructura próxima a las zonas de playa.

**Figura 3.9. Erosión Costera sector Palmira, sector Espolón Popeye.**



3.3.5.2. *Sequía*

La sequía hace referencia a un largo periodo de tiempo, que se extiende por meses o incluso años, en los que las aguas superficiales o subterráneas se reducen considerablemente, debido a bajos o nulos niveles de precipitación en una zona.

Este fenómeno se presenta en todo el departamento de Magdalena y consecuentemente en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta; generando daños y/o efectos dentro de los que se puede mencionar: desabastecimiento de agua para consumo humano, racionamiento de energía, disminución de bienes y servicios ecológicos, reducción de la seguridad alimentaria y generación incendios forestales. El análisis histórico de la amenaza por sequía, revela el reporte de 10 eventos correspondientes a los periodos comprendidos entre 1982-1983, 1985-1986, 1991-1992; 2015-2016; etapas que son coincidentes con la presencia de un fenómeno climático en el país denominado "Fenómeno del Niño".

**Figura 3.10. Panorámica de un sector de la Ciénaga Grande que muestra la reducción del espejo de agua, tomada en 2015.**



Fuente: http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/los-nuevos-lios-de-cienaga-grande-articulo-627775

Adicionalmente, existen otros factores que generan graves procesos de sequía o desecamiento que enfrenta esta cuenca, asociados con la mano criminal del hombre que amenaza a todo un ecosistema, pues la industria agrícola y ganadera de búfalos que se desarrolla dentro de la cuenca y en sus alrededores, hace uso intensivo del recurso hídrico de los humedales pertenecientes al complejo de la Ciénaga Grande de Santa Marta, instalando grandes motores para sacar el agua y construyendo diques sin ningún tipo de estudio técnico, ni ambiental, ni autorización por parte de los entes reguladores, para desviar los cauces de los ríos y quebradas que alimentan este complejo.

Como consecuencia se está produciendo el desecamiento de la ciénaga, muerte de aves, peces y otras especies animales. El sector de Remolinos, es uno de los más afectados por la construcción de terraplenes carreteables de varios y kilómetros de longitud dentro de fincas que se están conformando ilegalmente dentro de terrenos de jurisdicción de Parques Naturales Nacionales, separando a los humedales de extensas zonas de expansión de cultivos y ganadería que se

desarrollan de forma irregular terrenos que son zona de reserva absoluta por encontrase dentro de un área especial protegida a nivel internacional, ya que la Ciénaga Grande de Santa Marta fue declarada Reserva de la Biosfera por la Unesco y sitio Ramsar (por sus humedales).

**Figura 3.11. Desecamiento de la Ciénaga grande de Santa Marta para expansión de fincas agrícolas y ganaderas. Sector remolinos.**



**Figura 3.12. Construcción de terraplenes y desvíos de agua dentro de la Ciénaga.**



Fuente: http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/cienaga-grande-de-santa-marta-en-graves-problemas-por-construccion-de-diques-en-la-zona-de-remolino-magdalena/15379479- 11 de marzo de 2015.

Durante el primer semestre del año 2015 municipios del área de influencia de la Cuenca hidrográfica Complejo de Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta como, Concordia, Sitio Nuevo, Remolino, Pivijay, Salamina, El Piñón, Cerro de San Antonio, Pedraza y Zapayán, vivieron el drama por la falta de lluvias, generando afectación en la economía de la región y angustias entre los campesinos; en

este primer semestre del año la disminución de las aguas superó el 60%, lo cual es provoco que los acueductos dejaran de suministrar el vital líquido a las comunidades.

Esta sequía produjo hambre, ya que redujo en un 90% la productividad agrícola, piscícola y agropecuaria, con la perdida de cultivos y un incremento en la mortalidad de las especies bovinas, caprinas y porcinas, la pobreza de esta región se recrudeció.

Otro factor que se ve afectado con la sequía, es la movilidad, pues los habitantes dentro de la cuenca y su área de influencia utilizan los caños y cuerpos de agua de las ciénagas para ir de un lado a otro, situación que no puede darse cuando los cuerpos de agua se han secado al disminuir los caudales de los afluentes que los alimentan.

**Figura 3.13. Afectación de la movilidad por sequía por la taruya en ciénaga de Concordia, Magdalena.**



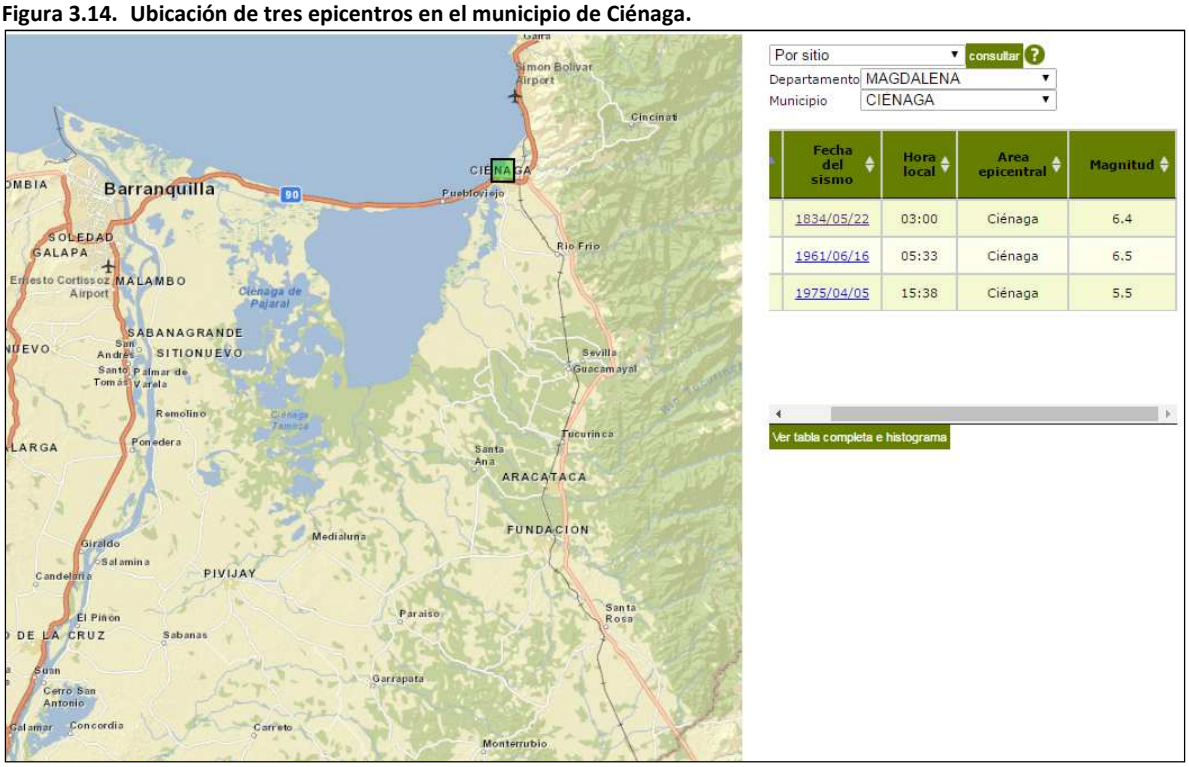
Fuente: http://www.elheraldo.co/magdalena/magdalena-el-mas-azotado-por-la-temporada-de-sequia-219590.

### 3.3.5.3. *Sismos*

Un sismo, es la liberación de la energía acumulada durante la fricción entre las placas y fallas. Como se mencionó en el capítulo de geología, la zona de estudio, se encuentra dentro de una región catalogada como de baja a intermedia sismicidad, sin embargo, la historia registra un terremoto que casi desapareció a Santa Marta en 1834 y que dejo a la ciudad en aspecto ruinoso durante varias décadas, este sismo se atribuye a la proximidad de la zona de estudio con el sector de movimiento de las placas Caribe y Nazca, en la llamada zona de subducción.

A pesar que, en la zona existen pocos instrumentos para monitoreo de la sismicidad, la red instalada por el SGC, ha reportado 20 sismos con epicentro dentro del área de estudio. Es probable que estos sismos estén asociados al movimiento de las placas, como se mencionó antes, o como lo proponen otros estudios, se asocie a la liberación de energía que puede darse en la Falla de Oca, cuyo trazo se localiza en margen norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, por fuera del área de la Cuenca.

**Figura 3.14. Ubicación de tres epicentros en el municipio de Ciénaga.**




Fuente: http://sish.sgc.gov.co/visor/visor.html?oper=EPICENTROS

### 3.3.5.4. *Vendavales*

Toda perturbación atmosférica que genera vientos fuertes y destructivos, principalmente sin lluvia, o con poca lluvia. Se pueden encontrar documentados como, vientos huracanados, torbellinos, borrasca, ciclón, viento fuerte, ventisca, tromba, ráfaga, racha, tornado.[6]

Dentro del inventario de eventos amenazantes se encuentran registrados en total 16 vendavales dentro del área de la cuenca. Estos eventos han causado daños en las redes eléctricas, por caída de torres, postes y árboles, además de levantamiento de techos y daños a viviendas.

[6] http://www.infojardin.net/glosario/vela/vendaval-vendavales.htm

**Figura 3.15. Vendaval afectó redes eléctricas en Tasajera y Palmira. Mayo 27 de 2016**



Fuente: http://www.elinformador.com.co/index.php/el-magdalena/82-cienaga/126838

### 3.3.5.5. *Marejadas*

Fenómeno natural conocido como Marejada Ciclónica es una inundación costera asociada con un sistema atmosférico de baja presión (normalmente, con un ciclón tropical). La marejada ciclónica es principalmente producto de los vientos en altura que empujan la superficie oceánica, el viento hace que el agua se eleve por encima del nivel del mar normal. La baja presión en el centro del sistema atmosférico también tiene un pequeño efecto secundario, ya que puede alterar la batimetría de la masa de agua. [7]

**Figura 3.16. Esquema de una Marejada Ciclónica**




Impacto de una marejada ciclónica.

[7] https://es.wikipedia.org/wiki/Marejada_ciclónica

El efecto combinado de la baja presión y el viento persistente sobre una masa de agua poco profunda es la causa más común de los problemas de la marejada ciclónica. La marejada ciclónica es particularmente dañina cuando coincide con la pleamar, ya que los efectos de la marejada se combinan con los de la marea. Esto aumenta la dificultad de predecir la magnitud de la marejada ciclónica, dado que requiere predicciones meteorológicas muy precisas en pocas horas.

Los eventos más extremos de marejada ciclónica ocurren como resultado de sistemas atmosféricos extremos, como los ciclones tropicales, pero también puede ser producto de tormentas menos potentes.

Dentro del inventario de eventos amenazantes, no se encuentran reportados eventos de marejada, sin embargo, existen reportes de periódicos que dan cuanta que recientemente este fenómeno ha afectado al municipio de Ciénaga.

**Figura 3.17. Barrio Nancy Polo Rovira en Ciénaga, afectado por marejada**



Fuente: http://www.delfinstereo.com/web/mar-de-leva-por-paso-de-tormenta-tropical-genera-emergencia-en-los-barrios-costeros-de-cienaga

# 4. IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FENÓMENOS AMENAZANTES Y EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

El alcance de la gestión del riesgo en los POMCA, busca proyectar la protección, conservación, uso y aprovechamiento de los recursos naturales; la ocupación del territorio en forma segura y el evitar nuevas condiciones de riesgo en la cuenca. Llegar a la Zonificación ambiental, a partir del consenso participativo; poder definir acciones y medidas para el manejo y administración de los recursos naturales, así como para el conocimiento, reducción y manejo del riesgo en la cuenca son elementos fundamentales en los procesos de ordenamiento y planificación del desarrollo para un territorio.

La caracterización de las condiciones del riesgo, implica un primer paso, ya descrito en el numeral anterior, esta caracterización histórica de amenazas y eventos amenazantes confluye en la identificación, clasificación y caracterización de fenómenos amenazantes y evaluación de la amenaza, la cual comprende tres ítems específicos: el Primero que corresponde con la Evaluación y zonificación de la susceptibilidad, para cada uno de los tipos de eventos amenazantes analizados en toda la cuenca; el segundo con la síntesis de los resultados obtenidos del análisis de susceptibilidad, define las zonas críticas para cada uno de los tipos de eventos amenazantes, y el tercero con la Evaluación y zonificación de la amenaza, únicamente para las áreas definidas como críticas, estos ítems se refieren en escala 1:25.000.

A continuación, se presenta la Evaluación y Zonificación de la Susceptibilidad para Inundaciones e Incendios Forestales. Los registros categorizados como “Otros Eventos” que corresponden a Erosión costera, sequia, sismo y vendaval se presentan en una breve descripción dentro de la evaluación y zonificación de la amenaza, ya que no se tienen en cuenta dentro del análisis de susceptibilidad.

## *4.1. EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD*

La susceptibilidad en los estudios de análisis y evaluación de amenazas constituye la base inicial, el primer paso para el análisis y zonificación de amenazas. Se entiende como la predisposición de un territorio a presentar determinados fenómenos amenazantes. De acuerdo con la naturaleza de los eventos amenazantes, cada uno de ellos tiene una fuente y una forma como se materializa en un espacio geográfico.

Por lo tanto, se plantea que no se puede configurar un evento de origen natural si no existen determinadas condiciones ya sean geológicas, geográficas, meteorológicas, atmosféricas, ambientales y sociales para que se puedan materializar. Los mapas de susceptibilidad para cada evento deben delimitar áreas de acuerdo con unas características específicas que dan lugar a uno de los tipos de eventos determinados.[8]

[8]Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas POMCAS. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá. 2014.

La evaluación y zonificación de la susceptibilidad para cada uno de los tipos de amenazas analizados o eventos determinados dentro de la cuenca, permite establecer parámetros similares para su caracterización; partiendo de la información base ya definida, se toman para su desarrollo los métodos propuestos en el Protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, definidos para cada uno de los tipos de eventos amenazantes. Sin embargo, aunque los fenómenos de Movimientos en Masa y Avenidas Torrenciales, no se reportan dentro del área de la cuenca, en este ítem, se hace una breve referencia a la definición de cada uno de ellos, ya que pueden estar presentes en cuencas aledañas y en caso de ocurrencia podrían tener influencia en el territorio de estudio.

De esta manera, los eventos presentes en la cuenca para los cuales se desarrolla el Análisis de Susceptibilidad corresponden a Incendios forestales e Inundaciones; para el primero, se parte del análisis de coberturas; y para Inundaciones, se fundamenta en el análisis geomorfológico. Respecto a la estimación de susceptibilidad por los "Otros Eventos" amenazantes reportados en la cuenca, se hace una breve referencia, partiendo del análisis de información secundaria.

### 4.1.1. Susceptibilidad a Movimientos en masa

4.1.1.1. *Resumen*

En el presente subcapítulo se describe el marco teórico de manera explicativa con los conceptos básicos correspondientes a la susceptibilidad de amenaza por movimientos en masa, donde se detalla la metodología utilizada propuesta en el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, realizando una categorización de las variables temáticas y las derivadas del modelo digital del terreno.

Partiendo de la definición del límite de la cuenca hidrográfica del Complejo Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los afluentes hídricos que drenan en ella y la morfología del terreno definieron una susceptibilidad baja a la ocurrencia de movimientos en masa, ya que no se presentan las características necesarias para la generación de este tipo de eventos, lo cual se detalla en el análisis realizado para la evaluación de la cuenca y se presenta a continuación.

Cabe resaltar que el análisis de amenaza por movimientos en masa se desarrolla siguiendo el protocolo para la incorporación del riesgo en los POMCA.

4.1.1.2. *Marco teórico*

El término movimientos en masa hace referencia a todos aquellos desplazamientos ladera abajo, de una masa de roca, de detritos o de tierra por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Bajo esta definición, se pueden consideran una gran variedad de movimientos en masa, algunos, como la reptación de los suelos, son lentos, pequeños e imperceptibles, en tanto que otros, involucran grandes volúmenes de material y alcanzan altas velocidades con un gran poder destructivo (GEMMA, 2007).

Los movimientos en masa son el producto del debilitamiento progresivo de las propiedades mecánicas de los materiales de las vertientes por procesos naturales tales como meteorización,

levantamientos tectónicos y actividades humanas (Costa & Baker, 1981; Soeteres & van Westen, 1996). Sin embargo, la precipitación y los eventos sísmicos, son considerados como estímulos externos que puede generar la movilización de los materiales que conforman la ladera (Wang & Sassa, 2006).

La clasificación de los movimientos se basa fundamentalmente en el mecanismo de rotura y propagación del movimiento, diferenciando cinco tipos básicos de movimientos:

- **Deslizamientos:** En este tipo de movimiento de ladera el desplazamiento del terreno se produce sobre una o varias superficies de rotura bien definidas. La masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad, prácticamente sin deformación interna, en su recorrido (González de Vallejo, 2002). En función de la geometría de la superficie de rotura, se pueden clasificar en:

  - *Deslizamiento traslacional*: Un deslizamiento traslacional es aquél que se produce cuando la superficie de rotura es un plano con una inclinación más o menos constante; se caracterizan por no ser muy profundos, aunque pueden alcanzar grandes extensiones. Pueden darse en suelos y rocas; las masas que deslizan en ocasiones son bloques rectangulares previamente independizados por discontinuidades o por grietas de tracción (González de Vallejo, 2002).

  - *Deslizamiento rotacional*: Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, con una superficie de rotura cóncava; los cuales, suelen diferenciarse por una inclinación contrapendiente de la cabecera (Antoine, 2002). Una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, dividiéndose en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a «escalones» con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriadas (González de Vallejo, 2002).

- **Flujos:** En esta categoría, se agrupan los diferentes movimientos de ladera que presentan deformación interna y continua del material y ausencia de una superficie neta de desplazamiento (Varnes, 1978). Las diferencias radican en el material implicado, su contenido de agua y la velocidad de desarrollo, de lenta (reptación) a súbita (Flujos de rocas), presentándose movimientos de suelo (Flujos o coladas de tierra o barro), de derrubios (flujos de derrubios) o de bloques rocosos (Flujos de fragmentos rocosos).

- **Desprendimientos:** Corresponde al rápido movimiento de una masa de cualquier tamaño de roca o de suelo en forma de bloques aislados o material masivo. Los desplazamientos se producen principalmente en sentido vertical por caída libre, son típicos en macizos rocosos y generalmente están controlados por las discontinuidades. Este tipo de movimientos requiere una topografía como escarpes o pendientes fuertes y se caracterizan por la acumulación de bloques de tamaño variable en el pie de ladera (González de Vallejo, 2002).

- **Derivas o extensiones laterales:** Este término hace referencia al movimiento de bloques rocosos o masas de suelo sobre un material blando y deformable. Como consecuencia de esta diferencia de competencia entre el material supra yacente y el infrayacente, se produce la fragmentación de las capas superiores y los desplazamientos diferenciales. Los bloques se desplazan lateral y lentamente a favor de pendientes muy bajas. No son movimientos frecuentes y suelen ser bastante extensos (González de Vallejo, 2002).

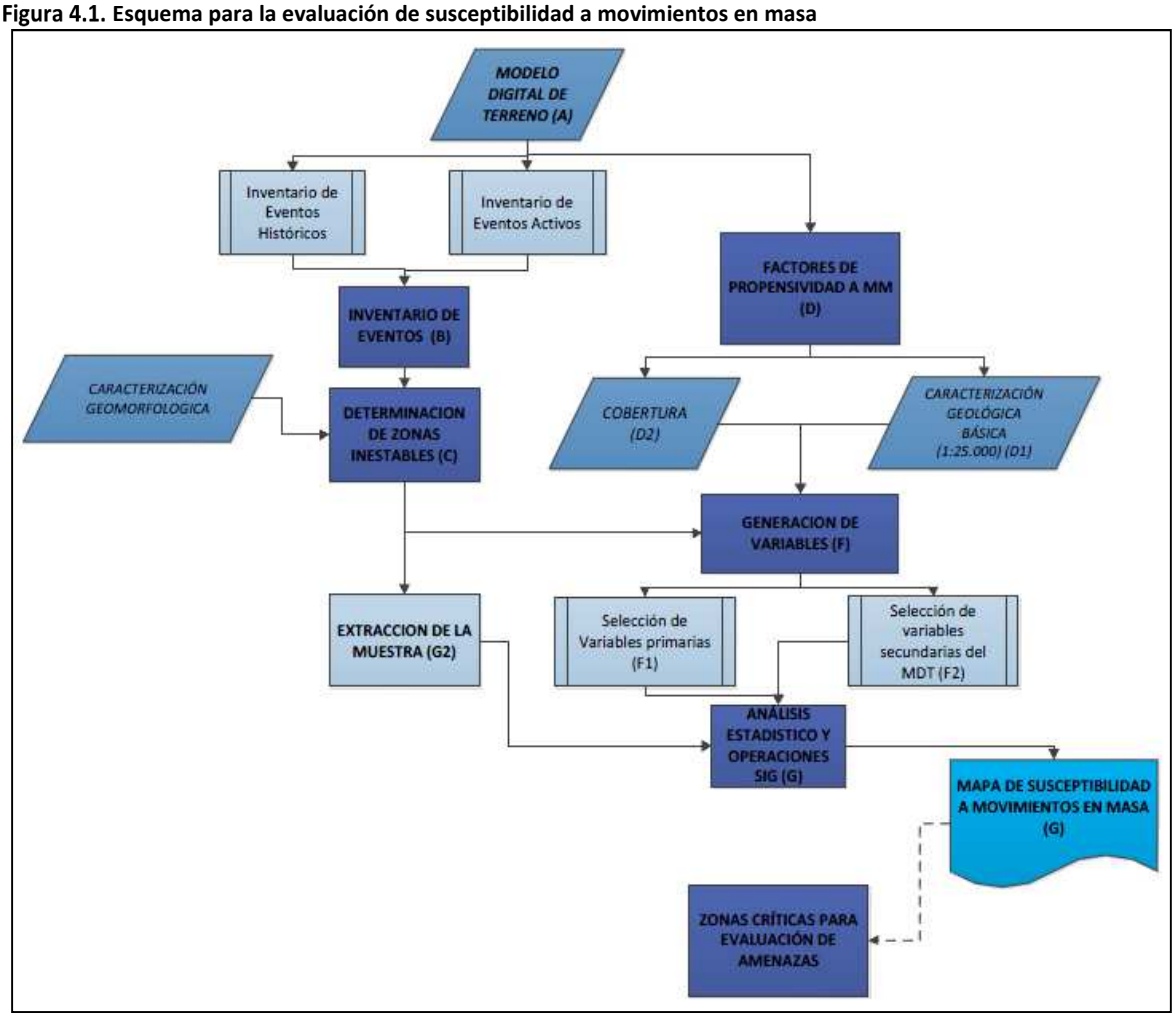
- **Avalanchas:** Las avalanchas son generalmente el resultado de deslizamientos o desprendimientos de gran magnitud que, por lo elevado de la pendiente y la falta de estructura y cohesión de los materiales, descienden a gran velocidad ladera abajo en zonas abruptas, pudiendo superar los 100 km/hora. En algunos casos, pueden ir acompañadas de hielo y nieve (González de Vallejo, 2002).

En este capítulo se describe la metodología adoptada y se presentan las variables que se utilizan para elaborar el modelo de susceptibilidad, cabe recalcar, que para la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta no se realizó el análisis estadístico debido a las condiciones morfológicas y físicas de la cuenca, y al no contar con un inventario de eventos representativo ya que en el área de investigación no se reporta ocurrencia por eventos de este tipo.

4.1.1.3. *Metodología para la evaluación y zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa*

El proceso metodológico empleado para la evaluación de la susceptibilidad de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta a los Movimientos en Masa (MM), está fundamentado en una técnica multivariante de análisis discriminante, tal como se describe en el documento “Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas”, elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, en colaboración con el Fondo Adaptación. En la Figura 4.1, se presenta de manera general, los procesos para la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa.

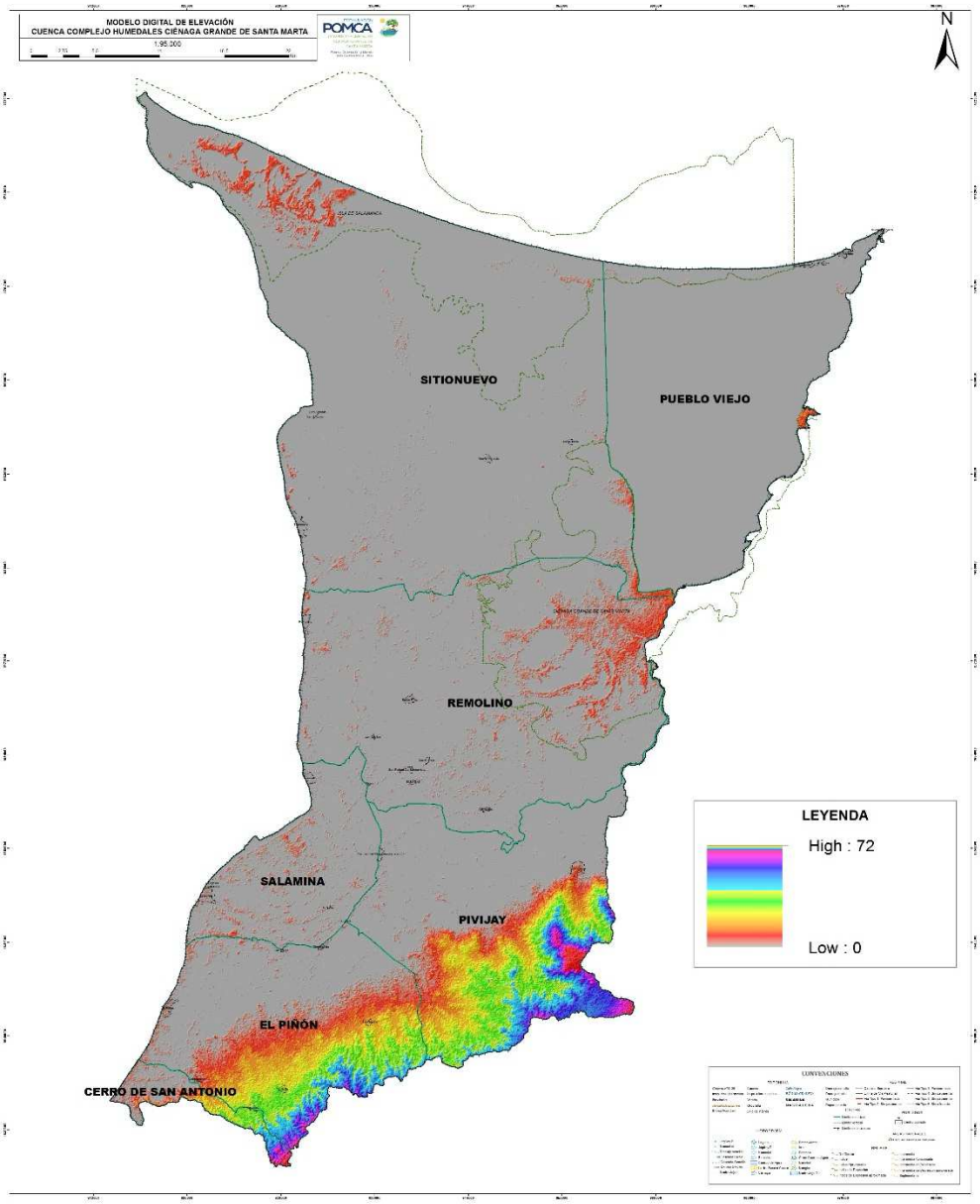
**Figura 4.1. Esquema para la evaluación de susceptibilidad a movimientos en masa**




Fuente: MADS y Fondo Adaptación, 2014

Como se aprecia en el esquema anterior, el primer paso para la aplicación del modelo de susceptibilidad, está relacionado con la generación del Modelo digital del Terreno (MDT) a escala 1:25.000, lo propio para el POMCA es que se hubiese contado con el DEM que el IGAC construyó para generar la cartografía oficial; dado que no fue posible tal información, se hizo necesario la construcción de un DEM para el proyecto, sobre la base de la información entregada por la Corporación, la provista por el Fondo de Adaptación por intermedio de la Interventoría o la obtenida por el Consorcio, con estos productos se prosiguió a valorar su pertinencia para la construcción del DEM con una resolución de 10m. Para mayor información sobre la obtención del modelo digital de elevación se remite al componente Biofísico capitulo número 1.

**Figura 4.2. Modelo digital del terreno utilizado en el are de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**



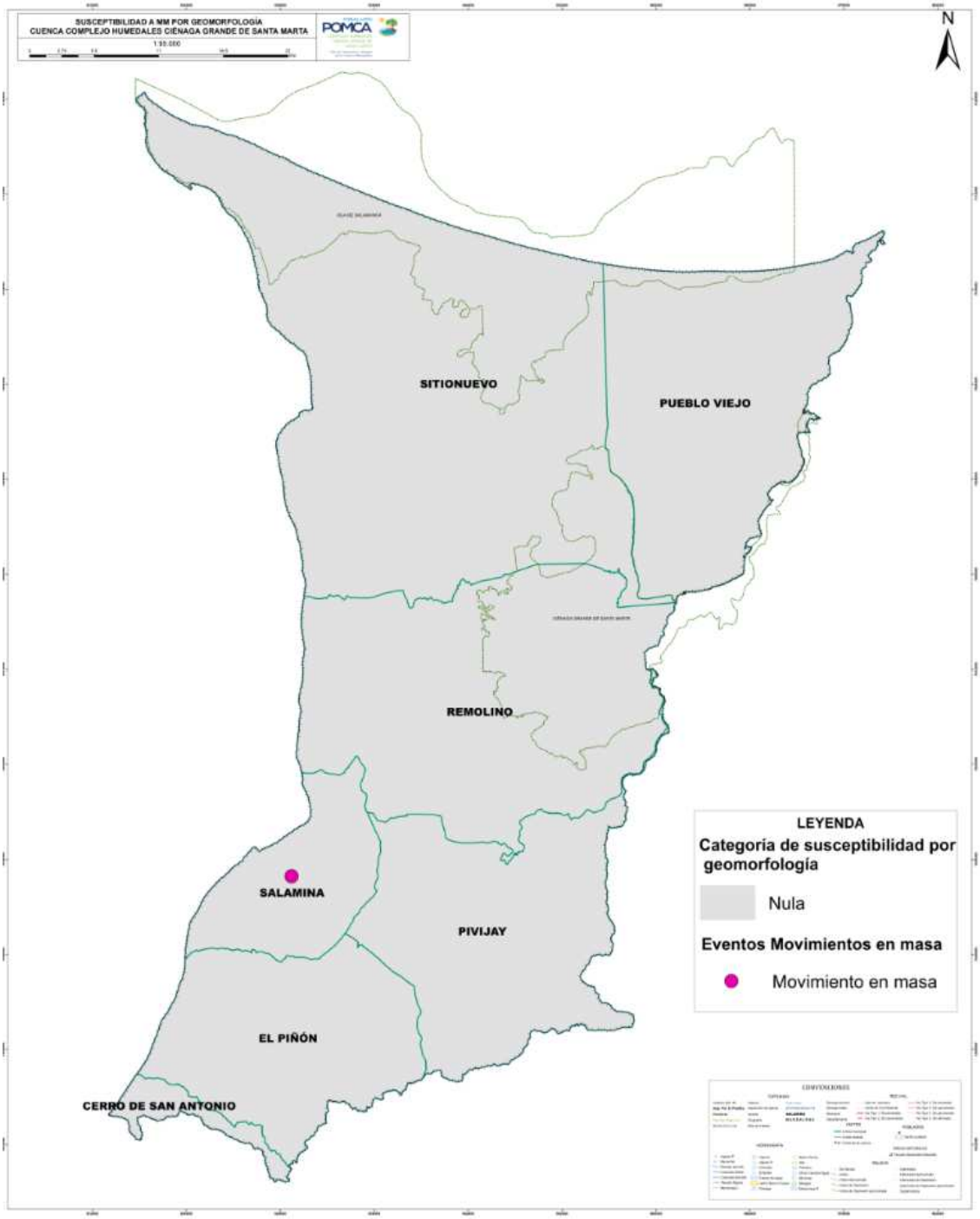

A su vez, a partir de la identificación de los eventos históricos y activos de la cuenca, apoyado en la caracterización geomorfológica, se determinan las zonas inestables, las cuales se convierten en una variable de agrupación, que será empleada en el análisis estadístico y de selección de la muestra.

Por otra parte, se seleccionan las variables a utilizar, de acuerdo con la información disponible: Modelo Digital del Terreno, información secundaria y de campo; reduciendo al máximo, las variables categóricas (Variables no derivadas del MDT) que van a ser introducidas en el análisis estadístico.

Para el inventario de eventos realizado en los recorridos de campo de acuerdo a la escala de trabajo 1:25.000, se llevó a cabo un levantamiento de información en campo desarrollado en el formato propuesto por el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA. Para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta no se registraron eventos asociados a movimientos en masa cartografiables en la cuenca debido a no identificar las condiciones principales para la generación de movimientos en masa.

Del componente geomorfológico se extrajeron procesos, los cuales corresponden a eventos activos recientes identificados a partir de imágenes satelitales y rasgos detallados en campo temática que no aporto procesos morfodinámicos por este tipo de eventos los cuales no son recurrentes en el area de la cuenca y junto al catálogo reportado de información secundaria, se obtiene el mapa de eventos para el análisis estadístico en la zonificación de susceptibilidad de amenaza por movimientos en masa para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta como se presenta en la Figura 4.3.

**Figura 4.3. Mapa de eventos históricos, activos y recientes para la cuenca en evaluación.**




Posteriormente, se efectúa el tratamiento estadístico, siguiendo los pasos descritos en el protocolo (MADS y Fondo Adaptación, 2014), los cuales se citan textualmente a continuación:

- Rasterización de las variables vectoriales (SIG)
- Ajuste / categorización de las variables (SIG)
- Obtención de la muestra (SIG): malla con presencia o ausencia de zonas de inestabilidad). Cada celda se caracteriza de acuerdo a las variables definidas.

#### 4.1.1.4. *Variables*

Para la selección de las variables o parámetros intrínsecos influyentes en la ocurrencia de movimientos en masa, fue necesario acudir al análisis previo de la información disponible, al reconocimiento de campo y a la experticia de los profesionales de componente de gestión del riesgo, teniendo en cuenta aspectos tales como: representatividad del área de estudio, medibilidad de los criterios y no redundancia entre las variables. De esta manera, se definieron para el análisis de susceptibilidad, las siguientes variables que se muestran en la Tabla 4.1:

**Tabla 4.1. Variables utilizadas en el modelo de susceptibilidad**

| Variables Categóricas | Variables derivadas del MDT | Otras Variables |
|---|---|---|
| **Roca - Suelo:** Identifica las zonas de roca o suelo.<br>**Espesor:** Expresa la profundidad de los depósitos de suelos.<br>**Origen:** Hace referencia a la composición de los materiales de la zona de estudio.<br>**Densidad de fracturamiento:** Representa el fracturamiento que afecta los materiales rocosos.<br>**Vegetación: Cobertura** vegetal que cubre el suelo de la zona de estudio.<br>**Geomorfología:** Expresa la susceptibilidad a la ocurrencia de MM, según criterios geomorfológicos.<br>**Movimientos en MM:** Hace referencia al inventario de MM, históricos y recientes de la zona de estudio. | **Pendiente:** Expresa la inclinación del terreno.<br>**Orientación de las laderas:** Dirección de exposición de una ladera<br>**Curvatura de las laderas:** Indica el grado de convexidad/concavidad del terreno. | **Densidad de drenaje:** Indica el número de drenajes por unidad de área. |

#### 4.1.1.4.2. *Variables Categóricas*

- **Roca - Suelo:** Esta variable define la presencia o ausencia de un depósito o suelo en la cuenca objeto de ordenación. Su importancia radica en que los depósitos, presentan menos resistencia y mayor susceptibilidad a los movimientos en masa.

Como cartografía temática para evaluar este parámetro se tomó el mapa de geología básica, el cual presenta las unidades de material caracterizados con base en los criterios de origen, textura y consistencia de la matriz, generando una cobertura vectorial de polígonos con dos valores: 1 para las celdas sin depósito y 2 para las celdas donde existe depósito, tal como se observa en la Tabla 4.2

**Tabla 4.2. Ponderación de la variable Roca – Suelo**

| ROCA-SUELO | CALIFICACIÓN |
|---|---|
| Rocas Sedimentarias | 1 |
| Depósitos | 2 |

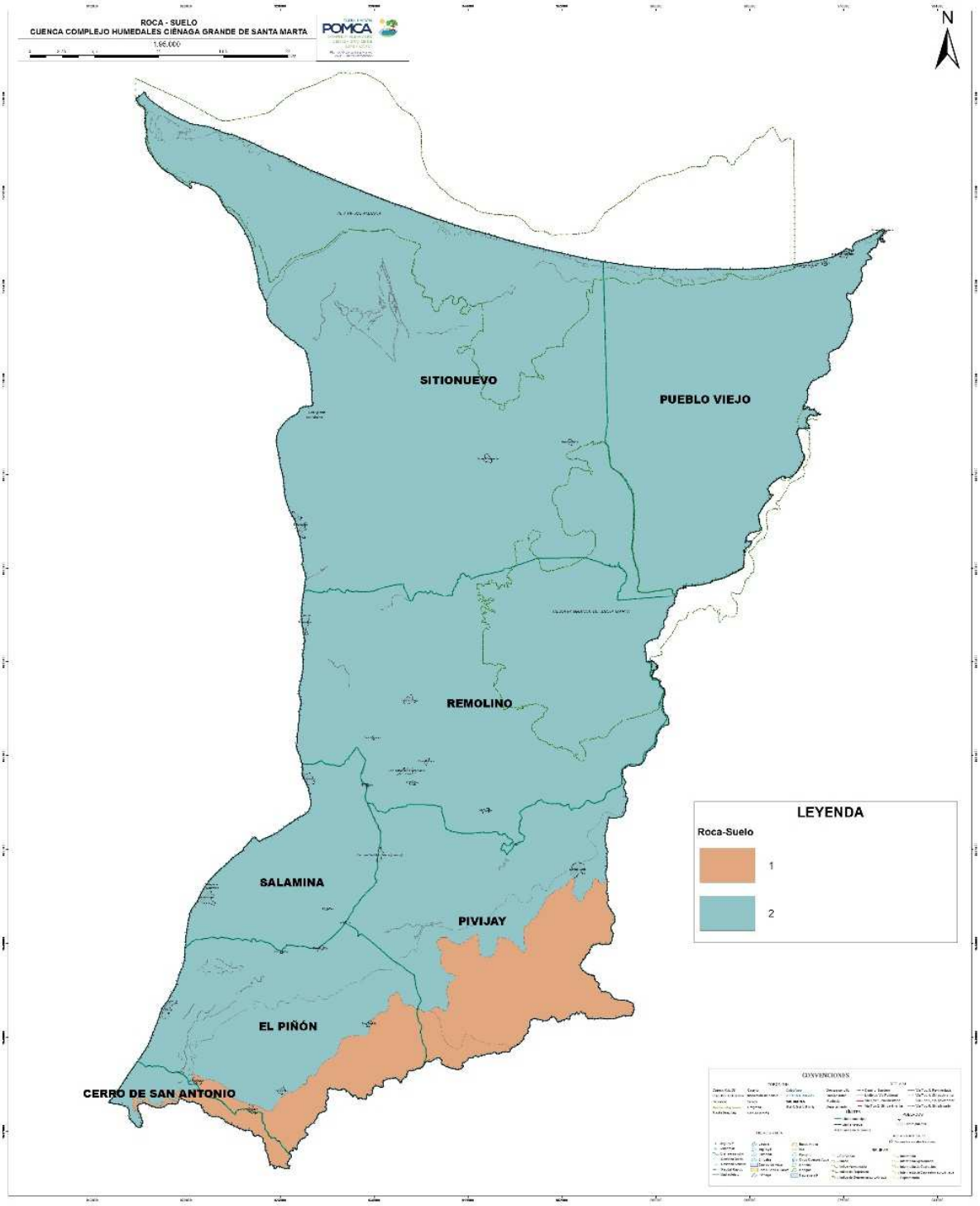
En la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, se encuentran rocas de tipo sedimentario, y materiales que conforman depósitos de muy poco espesor, ubicados en algunos sectores, como producto resultante del mecanismo de meteorización. Cabe resaltar que a partir de la condición de estos materiales no es ocurrente la generación de procesos por movimientos en masa (Tabla 4.3).

**Tabla 4.3. Ponderación de la variable Roca – Suelo**

| Nombre Unidad | Símbolo | Calificación |
|---|---|---|
| Formación Rancho | N1r | 1 |
| Formación Zambrano | N2z | 1 |
| Depósitos de Llanura Aluvial | Q2lal | 2 |
| Depósitos fluvio lacustres | Q2fl | 2 |
| Depósitos de Playa | Q2pl | 2 |
| Depósitos aluviales | Q2al | 2 |

En la Figura 4.4 se visualiza la espacialización de la variable roca - suelo para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Figura 4.4. Variable Roca -Suelo**



- **Espesor:** El espesor hace referencia a la profundidad o grosor de la formación superficial (depósitos superficiales y regolitos de alteración). Es una variable, que influye en la cantidad de agua que puede contener y en la magnitud de las presiones que pueden generarse; de igual manera, un gran espesor puede reducir el efecto estabilizador de las raíces.

Es un factor cualitativo obtenido a partir de las secciones trasversales tomadas de la información geológica a escala 1:100.000 para depósitos de edades neógenas y cuaternarias; el cual, se ha ponderado cuantitativamente para efectuar el análisis estadístico, con valores que oscilan entre 1 y 5, tal como se señala en la Tabla 4.4. La visualización espacial de esta variable se presenta en la Figura 4.5.

**Tabla 4.4. Ponderación de la variable espesor**

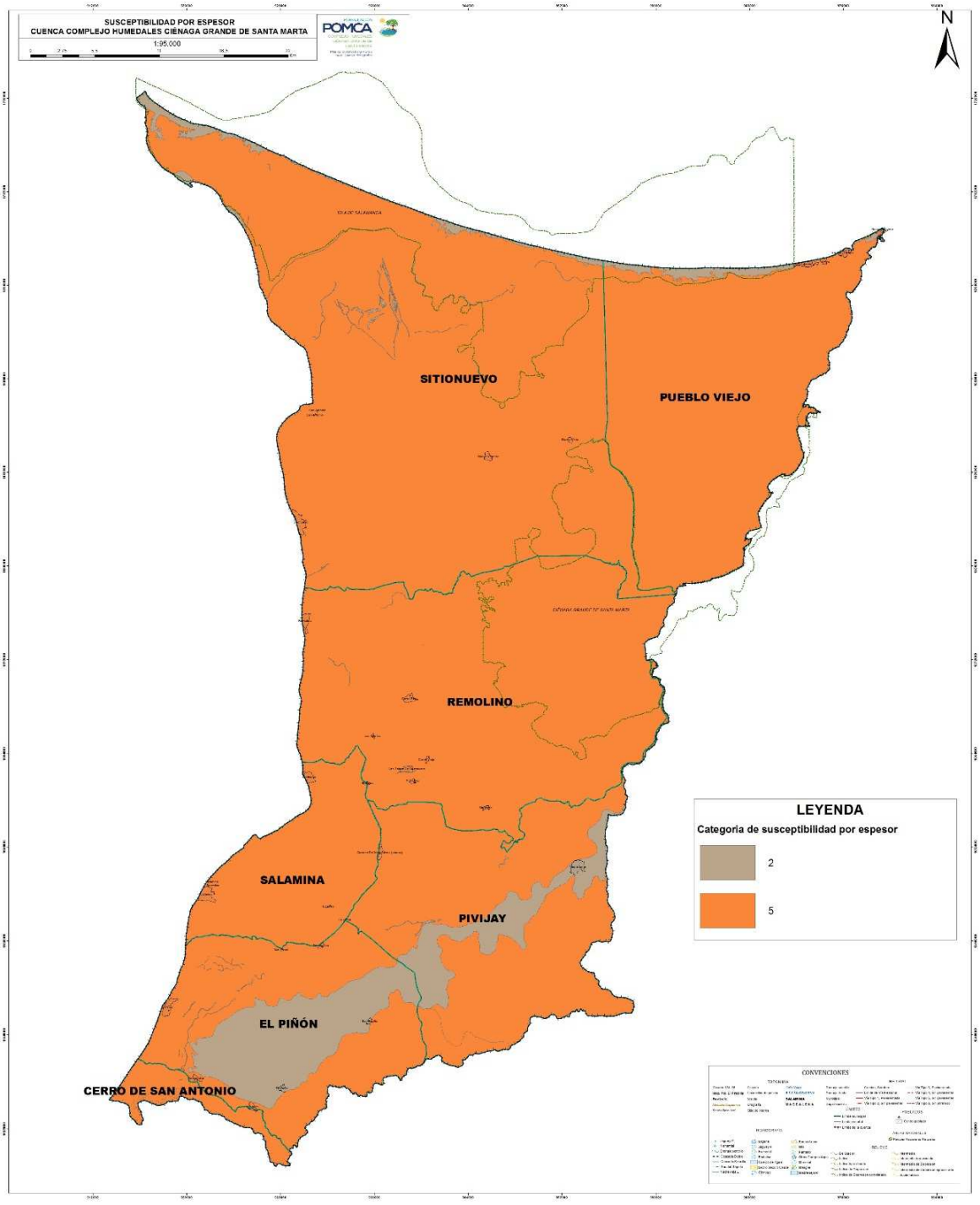
| ESPESOR (Metros) | CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|
| < 10 | Muy Baja | 1 |
| 10 - 20 | Baja | 2 |
| 20 - 30 | Moderada | 3 |
| 30 - 40 | Alta | 4 |
| > 40 | Muy Alta | 5 |

Para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, los datos de los espesores de estos depósitos son los mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5. Espesores de los depósitos neógenos y cuaternarios**

| Unidad Geológica | Nomenclatura | Espesor Reportado (m) | Calificación |
|---|---|---|---|
| Depósitos de Llanura Aluvial | Q2lal | 20 | 2 |
| Depósitos fluvio lacustres | Q2fl | 50 | 5 |
| Depósitos de Playa | Q2pl | 10 | 2 |
| Depósitos aluviales | Q2al | 15 | 2 |

**Figura 4.5. Variable Espesor**



- **Origen:** Hace referencia al origen y composición de los depósitos de suelo de la zona de estudio. Se considera desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los materiales de superficie. Considera su composición y origen directamente relacionados con las propiedades de resistencia y deformación de los mismos (suelos residuales, transportados, etc.). Es una variable cualitativa obtenida de forma manual representada mediante una cobertura vectorial de polígonos en SIG (Protocolo GR, 2014).

De acuerdo a lo anterior, en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, se definieron cinco categorías ponderadas numéricamente para el análisis estadístico (Ver Tabla 4.6).

**Tabla 4.6. Ponderación de la variable Origen**

| ORIGEN | CATEGORIA | CALIF |
|---|---|---|
| Aluvión compacto permeable; calizas permeables; rocas intrusivas ligeramente fisuradas, basaltos, ignimbritas, andesitas; bajo grado de meteorización, niveles freáticos bajos, poco fisuradas y alta resistencia al corte. | Baja | 1 |
| Alto grado de meteorización de las litologías mencionadas anteriormente y de rocas sedimentarias masivas; baja resistencia al corte y fracturas de cizalla. | Moderada | 2 |
| Rocas sedimentarias, intrusivas, metamórficas y volcánicas considerablemente meteorizadas; suelos regolíticos arenosos compactos; fracturación considerable y nivel freático fluctuante. | Media | 3 |
| Meteorización considerable, alteración hidrotermal de cualquier clase de rocas; rocas fuertemente fracturadas y con fisuras llenas de arcilla; suelos piroclásticos y fluviolacustres pobremente compactados; niveles freáticos poco profundos. | Alta | 4 |
| Rocas extremadamente alteradas; suelos residuales, coluviales y aluviales con baja resistencia cortante; niveles freáticos profundos. | Muy Alta | 5 |

Para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, los datos del factor origen se muestran en la Tabla 4.7, que muestra las unidades geológicas, donde se identifica el material que da origen a los depósitos presentes en el área de estudio.

**Tabla 4.7. Origen y composición de los depósitos de suelos**

| Unidad Geológica | Nombre de la Unidad | Descripción del Material que conforma la Unidad Geológica | Categoría |
|---|---|---|---|
| Q2lal | Depósitos de Llanura Aluvial | Depósitos compuestos principalmente por limos y arcillas y arenas finas. | Muy Alta |
| Q2fl | Depósitos fluvio lacustres | Depósitos de sedimentos finos a muy finos, arcillas de color gris oscuro a negro, pardo y verde oliva | Alta |
| Q2pl | Depósitos de Playa | Depósitos de arenas de playa de grano fino, compuestas por cuarzo y minerales pesados, dispuestas en forma plano paralela a semiparalela continua, presenta algunos lentes de materiales con carbonatos, y de material arcilloso de color claro, contiene abundantes conchas | Baja |
| Q2al | Depósitos aluviales | Constituidos por materiales finos a gruesos que forman alternancia de capas poco consolidadas entre arenas y arcillas; en menor proporción también pueden presentar niveles de gravas | Muy Alta |

| Unidad Geológica | Nombre de la Unidad | Descripción del Material que conforma la Unidad Geológica | Categoría |
|---|---|---|---|
| N1r | Formación Rancho | Alternancia de grano decreciente de arcillolitas pardas y verdosas, calcáreas con areniscas de grano muy fino, de color pardo oscuro dispuesta en capas delgadas (2-5 cm) que se van haciendo más gruesas (25-30 cm) a medida que asciende estratigráficamente, las capas más gruesas presentan grano fino y color amarillo, con cemento calcáreo y presentan restos de plantas y cristales de yeso | Baja |
| N2z | Formación Zambrano | Compuesta por areniscas de grano fino a muy grueso, calcáreas, eventualmente deleznables, con algunas intercalaciones de lodolitas y areniscas con abundantes conchas y moluscos (bivalvos y gasterópodos). La abundancia de fósiles indica un ambiente de depositación marino somero. | Baja |

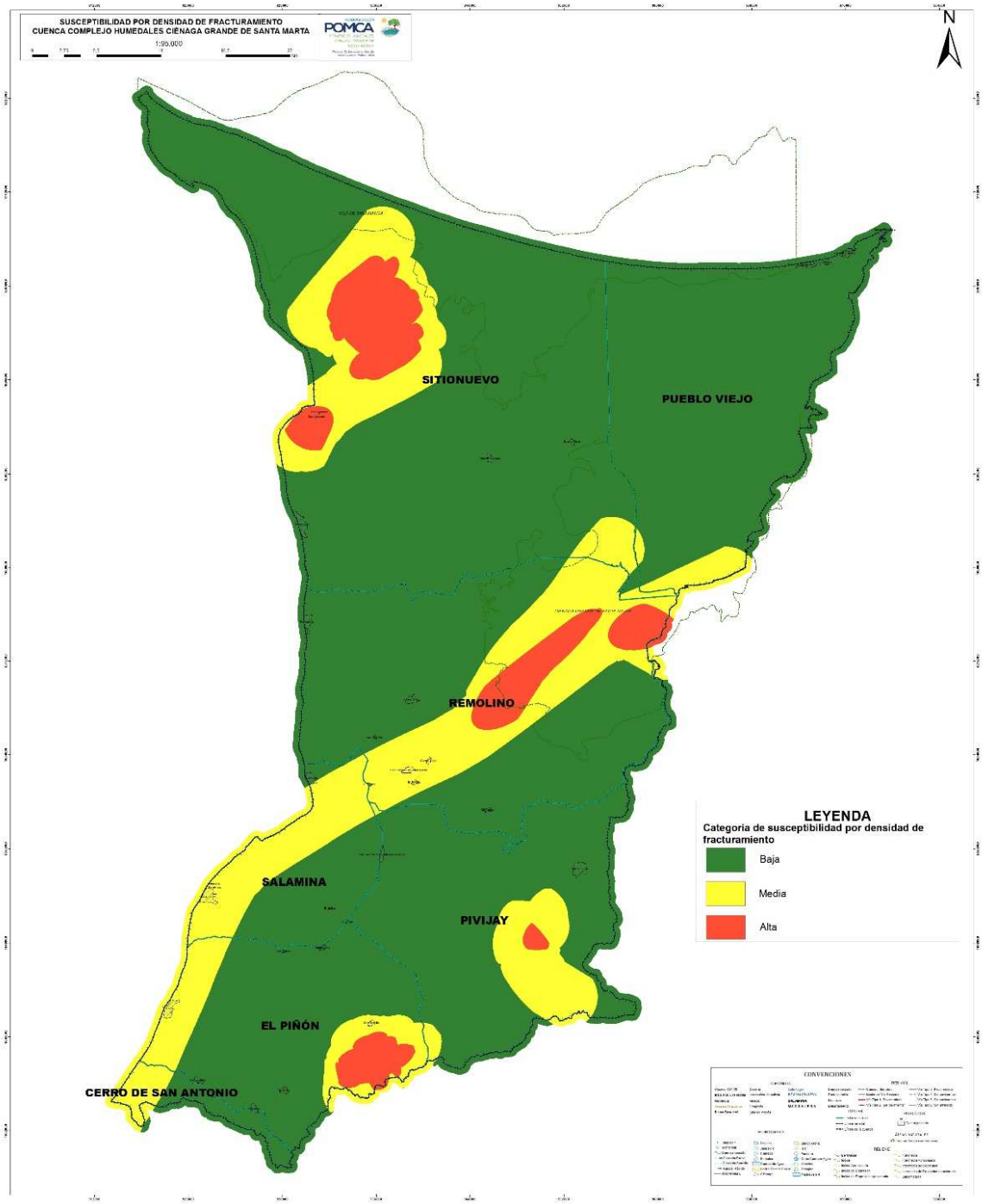
- **Densidad de Fracturamiento:** La condición y estado de fracturamiento de las rocas se asocia particularmente a las zonas de mayor deformación tectónica, que corresponde a las fallas geológicas y plegamientos de las rocas sedimentarias. En el caso de las fallas geológicas es de esperar que la deformación y el fracturamiento se intensifiquen con las tasas de desplazamiento de las fallas, mientras en el caso de los pliegues el mayor fracturamiento se concentra en las crestas donde predominen las rocas frágiles (SGC, 2012).

Es una variable semicuantitativa, contenida en el mapa geológico básica (estructuras geológicas); la cual se representa en una cobertura vectorial de polígonos en SIG; sobre ésta, se definió una estandarización de la intensidad en 3 grupos principales, alta, media y baja; utilizando una metodología de densidad de líneas en el software ArcGis, empleando la categorización de intervalos naturales para la consecución de un resultado de la densidad de fracturamiento. Se tomaron en cuenta todas las fallas presentes sin valores calificantes para los distintos tipos de fallas, para el análisis de susceptibilidad en la cuenca no se identificaron rasgos de activación de estas fallas, cabe resaltar, por la morfología de la cuenca es necesario realizar estudios de neotectónica sobre los depósitos para lograr obtener reportes del comportamiento de las estructuras. (Ver Tabla 4.8 y 0).

**Tabla 4.8. Ponderación de la variable densidad de fracturamiento**

| DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO | CALIFICACIÓN |
|---|---|
| **Alta** | 3 |
| **Media** | 2 |
| **Baja** | 1 |

**Figura 4.6. Variable Densidad de fracturamiento**



- **Vegetación:** La cobertura vegetal y su densidad influyen en la estabilidad de la formación superficial, de acuerdo con la acción de dos mecanismos: hidrológicos y mecánicos. Los hidrológicos comprenden la capacidad de infiltración en el suelo, la humedad, la evapotranspiración, entre otros; mientras que los mecánicos generan aumento de resistencia de las raíces y protección frente a la erosión (Geenway, 1997; Mulder, 1991).

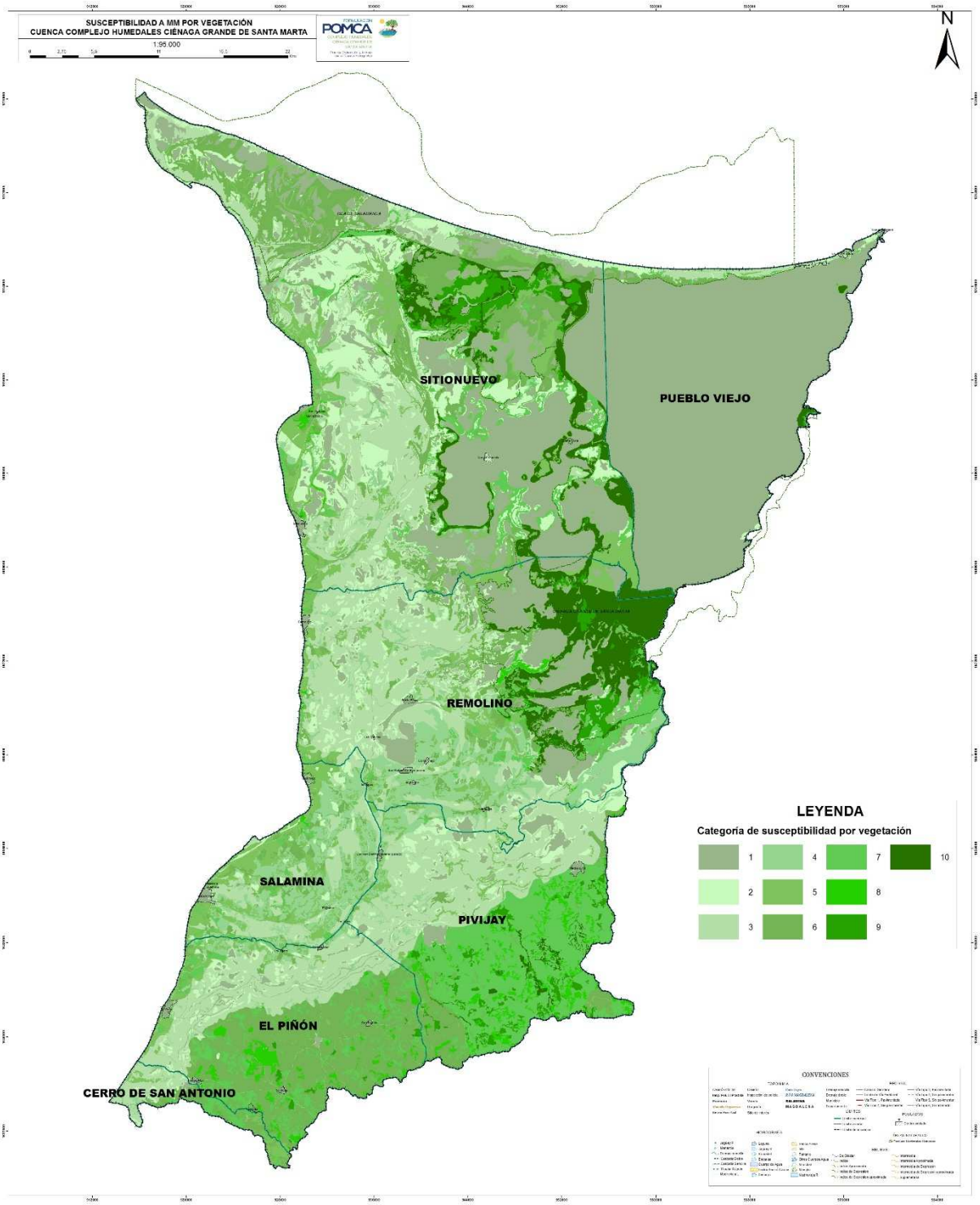
Dado lo anterior, es importante incluir la cobertura vegetal, como un parámetro dentro del modelo de susceptibilidad a movimientos en masa; convirtiéndose, en una variable cualitativa, agrupada en diez (10) categorías según la relación entre tipo/densidad de vegetación y estabilidad de la ladera. Estas categorías serán ponderadas numéricamente para el tratamiento estadístico, de acuerdo con la Tabla 4.9

**Tabla 4.9. Ponderación de la variable vegetación**

| VEGETACIÓN | CALIFICACIÓN |
|---|---|
| Tierras desnudas y degradadas, zonas quemadas, zonas pantanosas, otras explotaciones mineras, playas, arenales, áreas erosionadas y con remoción en masa. | 1 |
| Explotación de hidrocarburos, Herbazal abierto arenoso | 2 |
| Pastos limpios, pastos enmalezados, herbazales, arroz, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos. | 3 |
| Herbazal denso inundable arbolado, pastos arbolados, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales herbáceos | 4 |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, helechal | 5 |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales arbóreos, mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos, mosaico de cultivos con espacios naturales arbóreos | 6 |
| Arbustales abiertos, vegetación secundaria baja | 7 |
| Palma de aceite, bosque fragmentado, vegetación secundaria alta, bosque denso inundable | 8 |
| Bosque fragmentado con espacios naturales, plantación de coníferas, arbustales densos y bosque abierto alto de tierra firme. | 9 |
| Bosque de galería y ripario, plantación de latifoliadas | 10 |

En la Figura 4.7, se visualiza la espacialización de la variable vegetación para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Figura 4.7. Variable Vegetación**



- **Geomorfología:** Los sistemas morfogénicos explican el origen de la gran variedad de geoformas existentes en el territorio nacional; cada sistema morfogénico refleja la reunión de variables litológicas, topográficas, bioclimáticas, cobertura vegetal y uso, y cada unidad tiene una dinámica y evolución particulares (IDEAM, 2012). Para el presente análisis, la geomorfología aporta información sobre la probabilidad de ocurrencia de los movimientos en masa, de acuerdo con la caracterización de los procesos morfodinámicos que actúan en las subunidades identificadas.

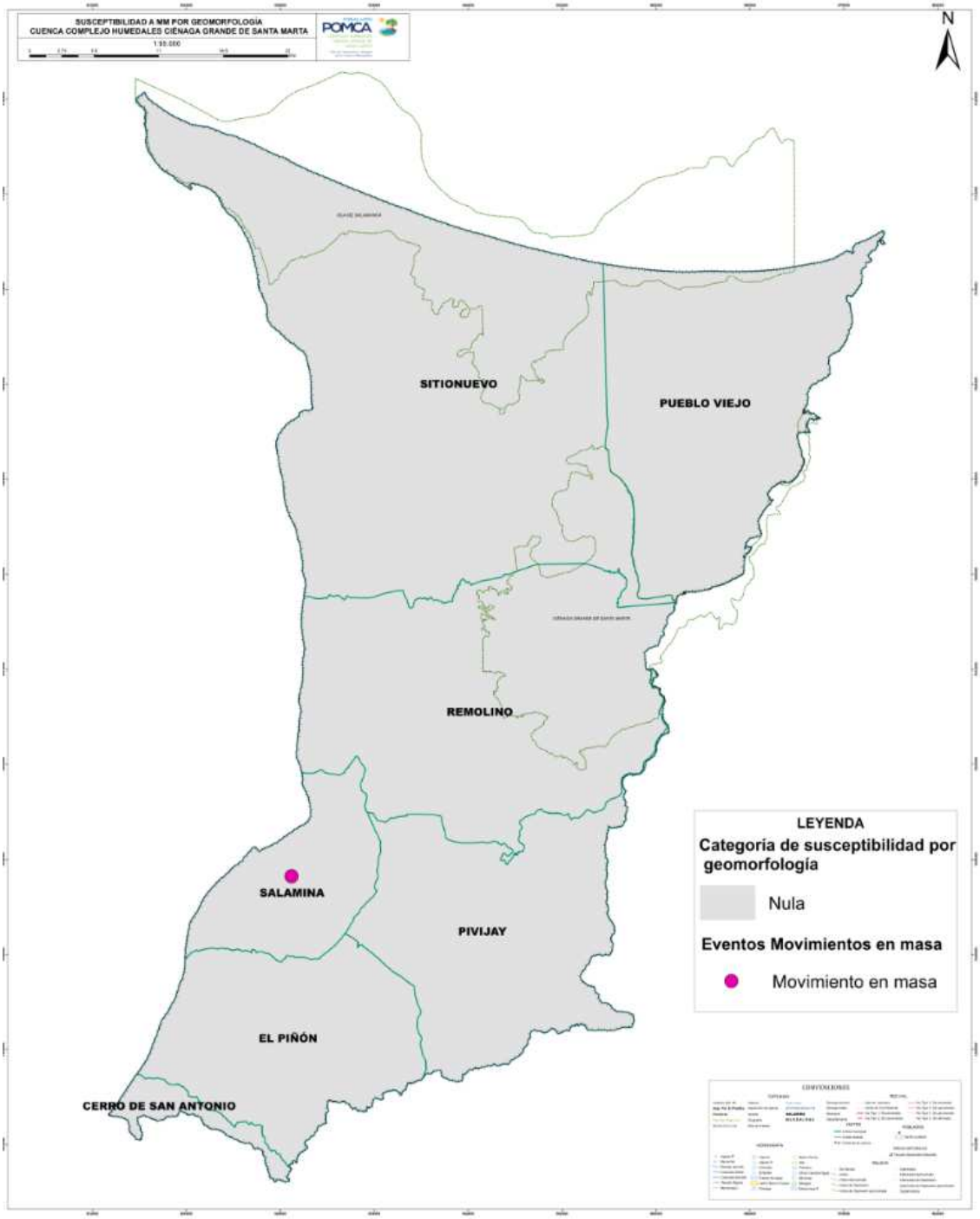
En una variable cualitativa, agrupada en cuatro (4) categorías; las cuales, serán ponderadas numéricamente para el tratamiento estadístico, de acuerdo con la información contenida en la Tabla 4.10. En la Figura 4.8, se visualiza la espacialización de la variable Geomorfología para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

Las categorías de susceptibilidad por geomorfología, se obtuvieron del análisis de las unidades definidas por el método Carvajal, 2011, no mostraron procesos morfodinámicos relacionados a movimientos en masa y condiciones morfológicas que facilitan la ocurrencia de este tipo de eventos; clasificando como de categoría nula aquellas geoformas en las que no se identificaron procesos de este tipo.

**Tabla 4.10. Ponderación de la variable Geomorfología**

| SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA | CARACTERIZACIÓN | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|
| **Alta** | Clasificación geomorfológica en región estructural o denudacional con unidades de escarpes, espinazos, crestas y crestones; comúnmente presentan procesos de derrumbes, desplomes, solifluxión, escurrimiento y diferentes clases de erosión superficial. | 3 |
| **Media** | Región geomorfológica fluvial, con unidades de glacis, taludes y abanicos aluviales; presentan procesos de deslizamiento, derrumbes y escurrimiento | 2 |
| **Baja** | Región geomorfológica denudacional en unidades de cimas, lomas, escarpes, glacis; presentan normalmente derrumbes, escurrimientos y desplomes. | 1 |
| **Nula** | Clasificación geomorfológica en región fluvial y denudacional en unidades de llanura de inundación, terrazas bajas, lomas y conos de deyección; con procesos propios de las zonas topográficamente más bajas como encharcamientos, inundaciones y erosión superficial. | 0 |

**Figura 4.8. Variable Geomorfología**



- **Movimientos en Masa:** Indica la presencia o ausencia de deslizamientos previos en la zona de estudio, permitiendo establecer relaciones estadísticas con las demás variables incorporadas en el modelo de susceptibilidad. Es una variable cualitativa, la cual se representa en formato vectorial, utilizando un punto para situar la ubicación de cada evento amenazante.

Como cartografía temática para evaluar este parámetro se tomó el mapa de localización de eventos recientes y afectaciones históricas y con ayuda de las herramientas SIG, se generó una cobertura vectorial de polígonos con dos valores: 0 para las celdas sin registros de movimientos en masa y 1 para las celdas dónde existen registros de MM. Cabe resaltar que, de acuerdo con los datos históricos, reportes de los actores e interpretación de los sensores remotos, sólo se reportan dos movimientos en masa; los cuales, durante la corroboración en campo, no fueron apreciados.

Lo anterior, limita el análisis estadístico, ya que restringe el tamaño de la muestra a tan sólo cuatro puntos, siendo poco representativo dada la extensión de la cuenca en ordenación. Sin embargo, estos reportes, conjugada con las características topográficas, geomorfológicas y geológicas de la cuenca, permiten inferir la nula susceptibilidad del territorio ante la ocurrencia de movimientos en masa.

#### 4.1.1.4.3. *Variables Derivadas Del Modelo Digital Del Terreno*

- **Pendiente:** Uno de los principales parámetros relacionados con los movimientos en masa, es la pendiente del terreno; dado que, el agente de transporte en este tipo de eventos es la gravedad. De ahí se deduce que los movimientos en masa se producen en taludes y superficies con pendientes pronunciadas.

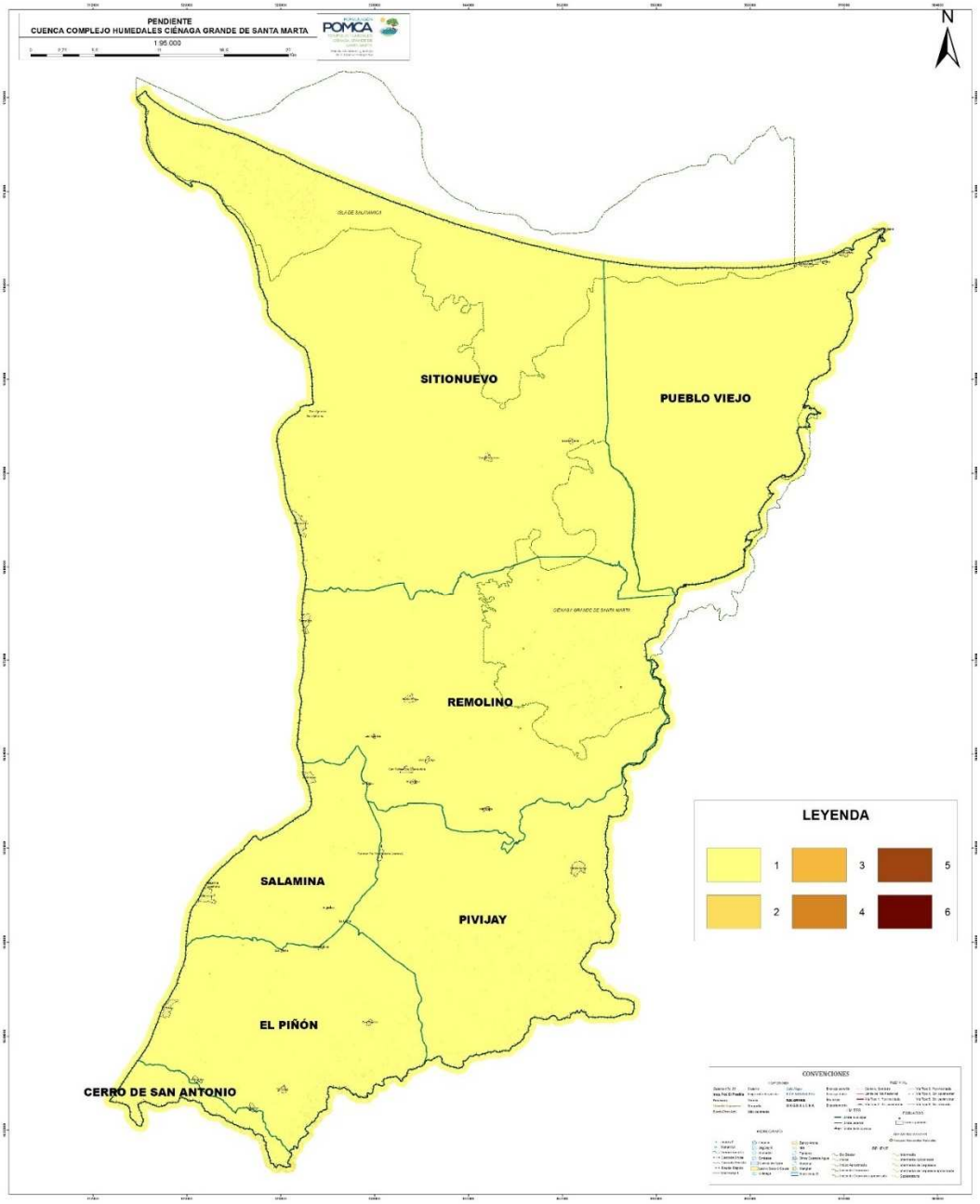
La pendiente se concibe como una forma de medir el grado de inclinación del terreno, calculando el cambio vertical en altitud entre la distancia horizontal (Chrisman, 1997). Es una variable geométrica cuantitativa de orden continuo, derivado del Modelo Digital del Terreno y expresado en grados entre 0 ° y 90 °.

Para propósitos de este estudio, la pendiente del área de análisis fue agrupada en cinco categorías, de acuerdo a la Tabla 4.11, las cuales son el resultado del análisis de la literatura disponible. La visualización espacial de esta variable se presenta en la Figura 4.9 que muestra el bajo grado que se presenta en la morfología de la cuenca, la cual no son condicionantes para la generación de movimientos en masa en el área de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Tabla 4.11. Categorías de la variable Pendiente**

| RANGO (GRADOS) | | TIPO DE PENDIENTE |
|---|---|---|
| Menor a 5° | 1 | Plana a suave |
| 5° - 10° | 2 | Suavemente Inclinada |
| 11° - 15° | 3 | Inclinada |
| 16° - 20° | 4 | Muy Inclinada |
| 21° - 30° | 5 | Abrupta |
| 31° - 45° | 6 | Muy Abrupta |
| > 45° | 7 | Escarpada |

**Figura 4.9. Pendientes**




- **Orientación de las laderas:** La orientación en un punto puede definirse como el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en ese punto. Como en el caso de la pendiente, el valor de orientación se estima directamente a partir de los parámetros obtenidos de ajustar una superficie cuadrática a los nueve valores de la celdilla central y su entorno (Wood, 1996).

Es una variable cuantitativa continua, derivada del MDT, con un rango de valores de 1° a 360°, aunque también se puede encontrar un valor de -1° para aquellas celdas de pendiente 0°. Este parámetro indica de manera indirecta si una ladera se encuentra húmeda o seca con mayor frecuencia (por asociación con la insolación); así como, puede influir en la cantidad de lluvia recibida, según la dirección de avance de los frentes nubosos.

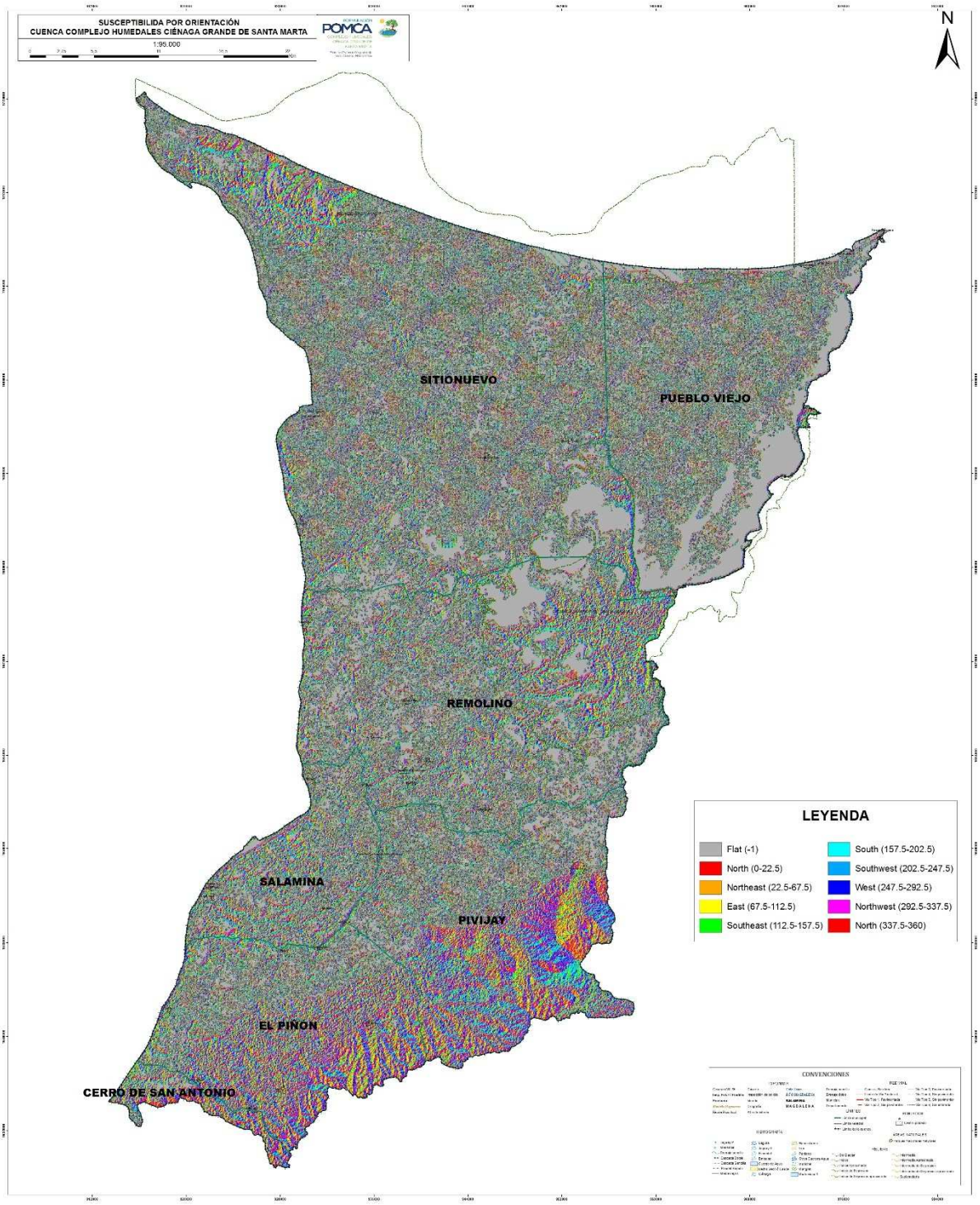
Para su visualización, la variable orientación fue agrupada en ocho categorías, tal como se presenta en la Tabla 4.12 y como se muestra en la Figura 4.10.

**Tabla 4.12. Categorías de la variable Orientación de las laderas**

| RANGO (Grados) | ORIENTACIÓN |
|---|---|
| 0 – 22.5 | Norte |
| 22.5 – 67.5 | Noreste |
| 67.5 – 112.5 | Este |
| 112.5 – 157.5 | Sureste |
| 157.5 – 202.5 | Sur |
| 202.5 – 247.5 | Suroeste |
| 247.5 – 292.5 | Oeste |
| 292.5 – 337.5 | Noroeste |
| 337.5 - 360 | Norte |

Fuente: SGC, 2010

**Figura 4.10. Orientación de las laderas**



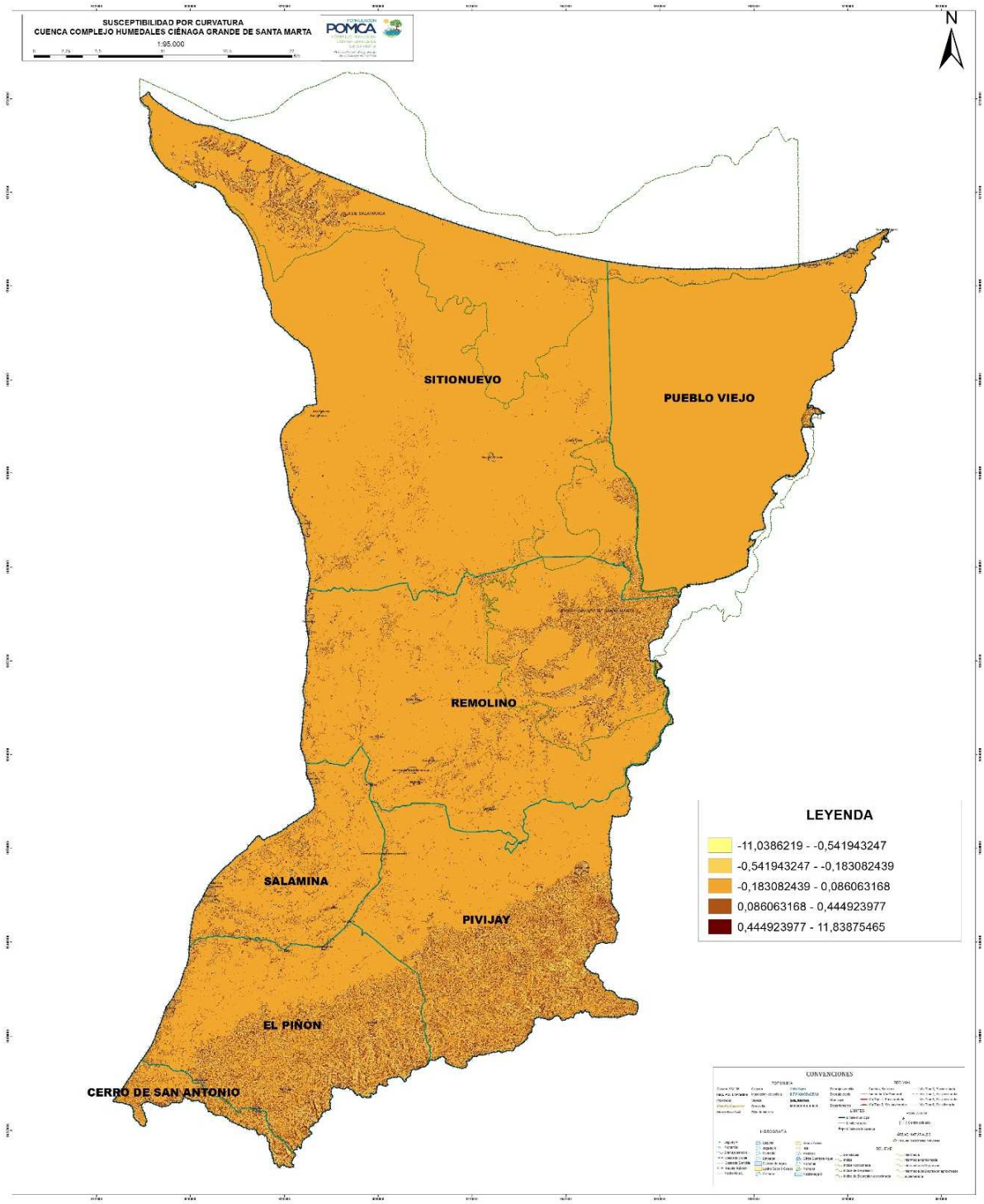
- **Curvatura de las laderas:** La curvatura es la tasa de cambio en la pendiente, depende de las derivadas de segundo grado de la altitud, es decir, de los cambios de pendiente en el entorno del punto. A efectos prácticos puede calcularse como la pendiente de la pendiente. La curvatura tiene especial interés como variable influyente en fenómenos como la escorrentía superficial, canalización de aludes, erosión y flujos en general (Wood, 1996). La variable se deriva del MDT, siendo cuantitativa continúa, con un rango de valores que oscila entre -20 y 20 unidades. El valor 0 en una celda corresponde a una superficie plana formada entre la celda en cuestión y ocho celdas vecinas, valores positivos indican que la superficie es convexa y valores negativos indican concavidad hacia la celda (Cesca, et al).

Esta variable se asocia con los movimientos en masa, ya que en las zonas cóncavas el flujo de agua se concentra favoreciendo la aparición de deslizamientos superficiales. Algunos estudios sugieren que los movimientos en masa ocurren principalmente en convergencias topográficas dónde se concentra el flujo subterráneo (Baeza, 1994). En el presente análisis, la variable curvatura fue agrupada en 5 categorías, mediante una distribución de frecuencias a través del método de cuartiles (Ver Tabla 4.13) mostrando las bajas condiciones que se identifican para la generación de movimientos en masa y se presenta espacializada en la Figura 4.11

**Tabla 4.13. Categorías de la variable curvatura de las laderas**

| RANGO | GRADO CURVATURA |
|---|---|
| -14.5380 a -4.4995 | Muy convexo |
| -4.4995 a -0.0573 | Convexo |
| -0.0573 a 0.1640 | Rectilíneo |
| 0.1640 a 0.6058 | Cóncavo |
| 0.6058 a 13.6494 | Muy Cóncavo |

**Figura 4.11. Curvatura de las laderas**



- **Densidad de drenaje:** Esta variable define el grado de disección de una ladera por unidad de área, presentando zonas de mayor o menor susceptibilidad a los movimientos en masa; siendo las áreas de mayor densidad de drenaje las más susceptibles a la ocurrencia de MM. Es una variable cuantitativa continúa, generada a partir de la cartografía base, escala 1:25.000, cuyo indicador se define en cantidad de drenajes de primer orden por unidad de área en hectáreas.

En la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, la Tabla 4.15, ilustra los valores encontrados de densidad y sumatoria de longitudes para los drenajes de primer orden en cada una de sus subcuencas.

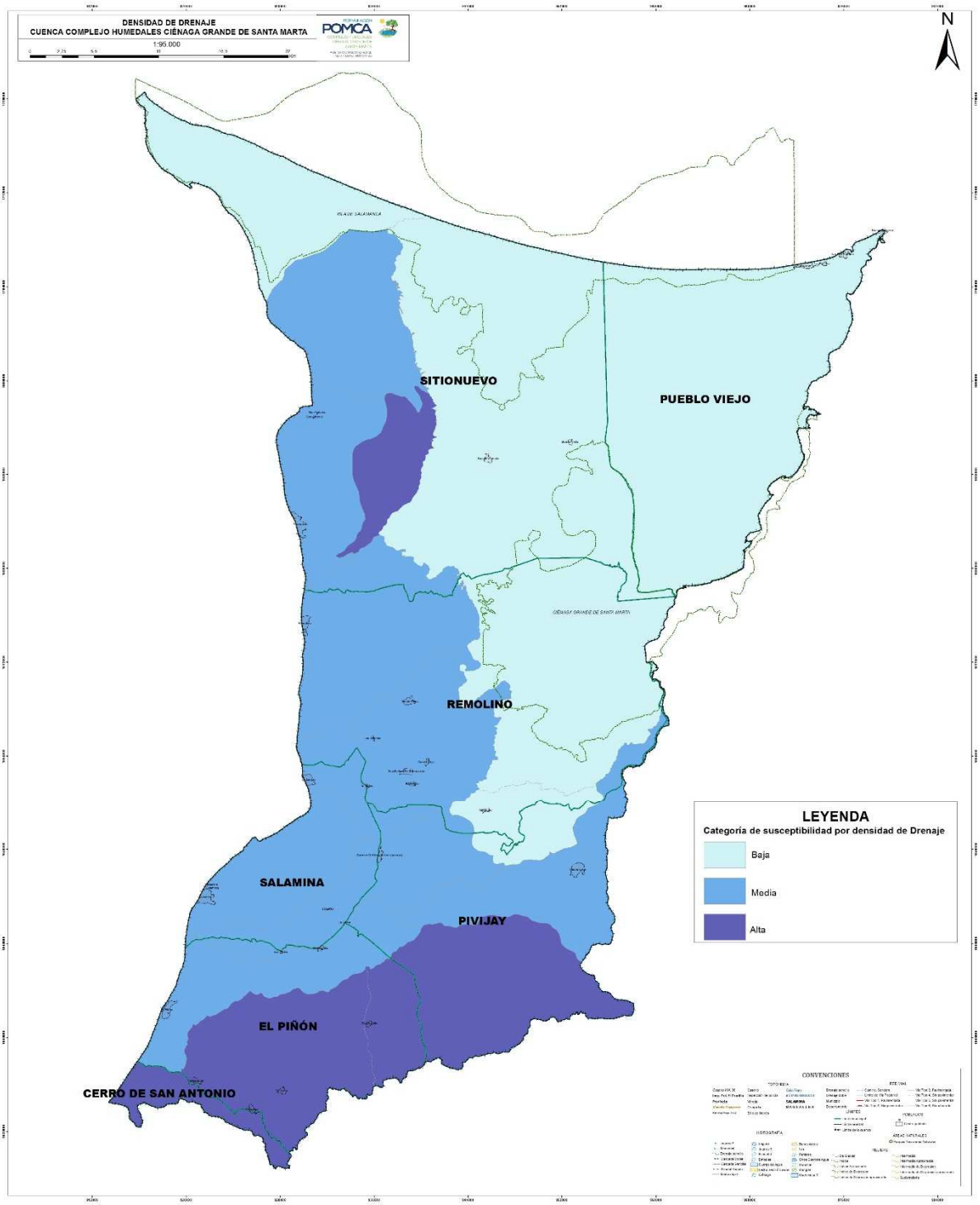
**Tabla 4.14. Categorías de la variable densidad de drenaje**

| RANGO (m) | NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD |
|---|---|
| 0.020 – 0.070 | Baja |
| 0.071 – 0.36 | Media |
| 0.37 – 0.67 | Alta |

**Tabla 4.15. Densidad y longitud de drenaje por subcuenca**

| CUENCA HIDROGRÁFICA COMPLEJO DE HUMEDALES DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA | | | |
|---|---|---|---|
| **CÓDIGO** | **SUBCUENCA** | **Densidad de drenaje** | **Nivel de Susceptibilidad** |
| 290601-0101 | Caño Schiller entre El Jagüey y SFF CGSM | 0,14 | Media |
| 290601-0102 | Complejo Ciénaga Playazo | 0,17 | Media |
| 290601-0103 | Caño Schiller entre La Loma y El Jagüey | 1,49 | Alta |
| 290601-0104 | Caño Schiller entre el rio Magdalena y La Loma | 2,33 | Alta |
| 290601-0105 | Arroyo Pacheco y otros directos al Caño Schiller | 2,64 | Alta |
| 290601-0106 | Arroyos Palma de Vino, Pertuz y Los Puercos | 0,46 | Alta |
| 290601-0200 | Caños Hondo, El Loro y otros directos al rio Magdalena | 0,84 | Alta |
| 290601-0301 | Complejo Ciénaga de Buenavista | 0,31 | Media |
| 290601-0302 | Complejo Ciénaga El Diluvio | 0,45 | Alta |
| 290601-0400 | Complejo Caño El Salado | 0,33 | Media |
| 290601-0501 | Complejo Cenagoso-Sector Palermo | 0,06 | Baja |
| 290601-0502 | Complejo Cenagoso-Sector Sitio nuevo | 0,19 | Media |
| 290601-0503 | Caño Los Micos | 0,22 | Media |
| 290601-0600 | Complejo de Ciénagas Vía Parque Isla Salamanca | 1,08 | Alta |
| 290601-0700 | Complejo Lagunar Ciénaga Grande | 0,32 | Media |

**Figura 4.12. Densidad de drenaje**



4.1.1.5. *Resultados Obtenidos.*

En el documento de Diagnostico, Volumen I del presente estudio, dentro del componente de geología se indicó que pese a que el Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas orienta que se deba adelantar el desarrollo del análisis de Unidades Geológicas Superficiales (UGS), con el objeto de redefinir el conjunto de materiales superficiales (rocas, suelos) junto con sus rasgos estructurales para caracterizar su comportamiento geomecánico y obtener los parámetros requeridos en la evaluación de amenaza por movimientos de remoción en masa y avalanchas en la zonas determinadas como de susceptibilidad media y alta, en la Cuenca Hidrográfica del Complejo Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, por tratarse de un territorio con morfología predominantemente plana y haber determinado preliminarmente la inexistencia de factores que generen amenazas por fenómenos de remoción en masa y/o avenidas torrenciales, no se definieron zonas de susceptibilidad media o alta frente a estos eventos, y por tanto no se hizo necesario adelantar el análisis de UGS.

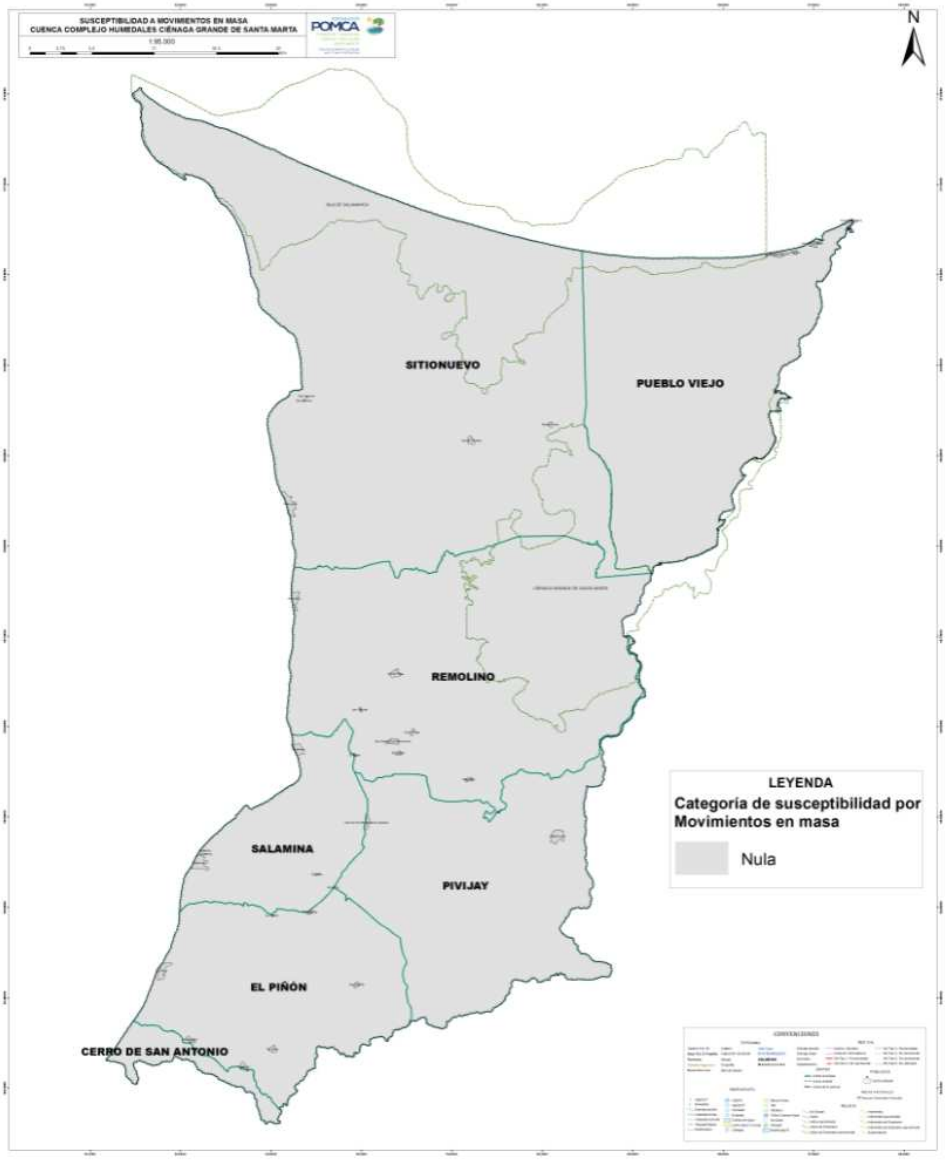
En concordancia con lo anterior, durante el recorrido de campo realizado en el mes de junio de 2016 por el equipo consultor no se identificaron movimientos en masa activos, recientes o subrecientes dentro del área de estudio. Asimismo, los actores estratégicos participantes en el panel de expertos para la gestión del riesgo realizado en el municipio de Pivijay no perciben algún nivel de amenaza por movimientos en masa, ni avenidas torrenciales; no reportaron ningún evento asociado a esta tipología y no conciben estos fenómenos amenazantes como significativos para la cuenca objeto de ordenación dada las condiciones fisiográficas de este territorio, el cual es predominantemente plano.

Como criterio para determinar preliminarmente la inexistencia de factores que generen amenazas por fenómenos de remoción en masa, se partió de la caracterización geomorfológica de la cuenca, desde las geoformas presentes en el área y la nula ocurrencia de eventos de movimientos en masa reportada en las rutas realizadas para cada componente, en la información dada por la comunidad, y en la información secundaria analizada, la cual a pesar que reporta la ocurrencia de tan sólo dos movimientos en masa, registraron a mediados del siglo XX (1950 y 1952), durante la temporada invernal, en cercanías al Caño Don Diego, en jurisdicción del municipio de Salamina, los cuales generaron afectaciones sobre el centro poblado a causa de las lluvias intensas; actualmente no se observan manifestaciones que puedan volver a ocurrir, de hecho porque en sector ya se ha modificado la morfología del terreno.

Lo que sí es relevante observar, es que debido a la forma como se definió el límite de la cuenca hidrográfica del Complejo Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los ríos que drenan en ella (Aracataca, Fundación, Sevilla, y Río Frio) descendiendo de terrenos con topografías altas e inclinadas del flanco suroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentran por fuera del área de este estudio, estos, ocasionalmente podrían manifestar fenómenos de estos dos tipos (Movimientos en masa o Avenidas Torrenciales), en todo caso, por fuera del área de la cuenca, lo que no significa, que en caso de que se desarrollen, no puedan llegar a afectarla, dada su vecindad y el evidente relación fisiográfica que existe entre estos dos territorios.

Por todo lo anterior, se concluye que la susceptibilidad por este tipo de eventos es nula (ver anexo 6) dentro del área estudio. Actualmente este tipo de eventos no se presentan en dentro del área de la cuenca, y en este documento su tratamiento solo llega hasta la caracterización histórica, ya que la evaluación de su amenaza, el análisis de vulnerabilidad y riesgos por caso de estos fenómenos no se da dentro del área contratada para el presente estudio.

**Figura 4.13. Susceptibilidad a movimientos en masa para la Cuenca CHCGSM**



### 4.1.2. Susceptibilidad a Inundaciones

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos, huracanes, entre otros.

Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles, vegas y riberas, donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura[9].

En la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, las inundaciones ocurren por desbordamientos de los ríos y ciénagas, por lluvias continuas y/o torrenciales.

"Las inundaciones fluviales son producidas por el flujo excedente de agua y sedimentos transportados por corrientes (ríos y quebradas) la cual desborda la capacidad de transporte del cauce. Las inundaciones fluviales pueden ser lentas y repentinas. Las inundaciones fluviales lentas, normalmente se producen por precipitaciones prolongadas, pero también pueden ser producidas por huracanes, ciclones tropicales, deshielo, entre otras. Las inundaciones fluviales repentinas son producidas normalmente, por precipitación convectiva, o por la movilidad de grandes volúmenes de flujos provenientes de glaciares, movimientos en masa, escombros o represas.

Las inundaciones pluviales se producen por la acumulación de agua precipitada en una determinada superficie (generalmente plana o cóncava) sin que esta provenga del desbordamiento del cauce; también puede ser producida por la incapacidad de los sistemas de alcantarillado o canales de desagüe en eventos de lluvia de gran magnitud o intensidad"[10]. "Otro tipo de inundaciones puede ser producto de eventos extraordinarios como: terremotos, erupciones volcánicas, rotura de infraestructuras hidráulicas de almacenamiento de agua."
Las inundaciones lentas o de tipo aluvial se producen por el desbordamiento del cauce anegando áreas planas aledañas al mismo y suelen ser originadas por crecidas progresivas y de larga duración (horas a días, incluso meses en algunas zonas del país). El fenómeno de encharcamiento se origina por la saturación del suelo en zonas moderadamente onduladas a planas con duración de horas a días y en general pueden darse por ausencia o falencia en los sistemas de drenaje de aguas pluviales en áreas urbanizadas.

Las inundaciones a que se refiere es presente análisis corresponden a inundaciones fluviales lentas.

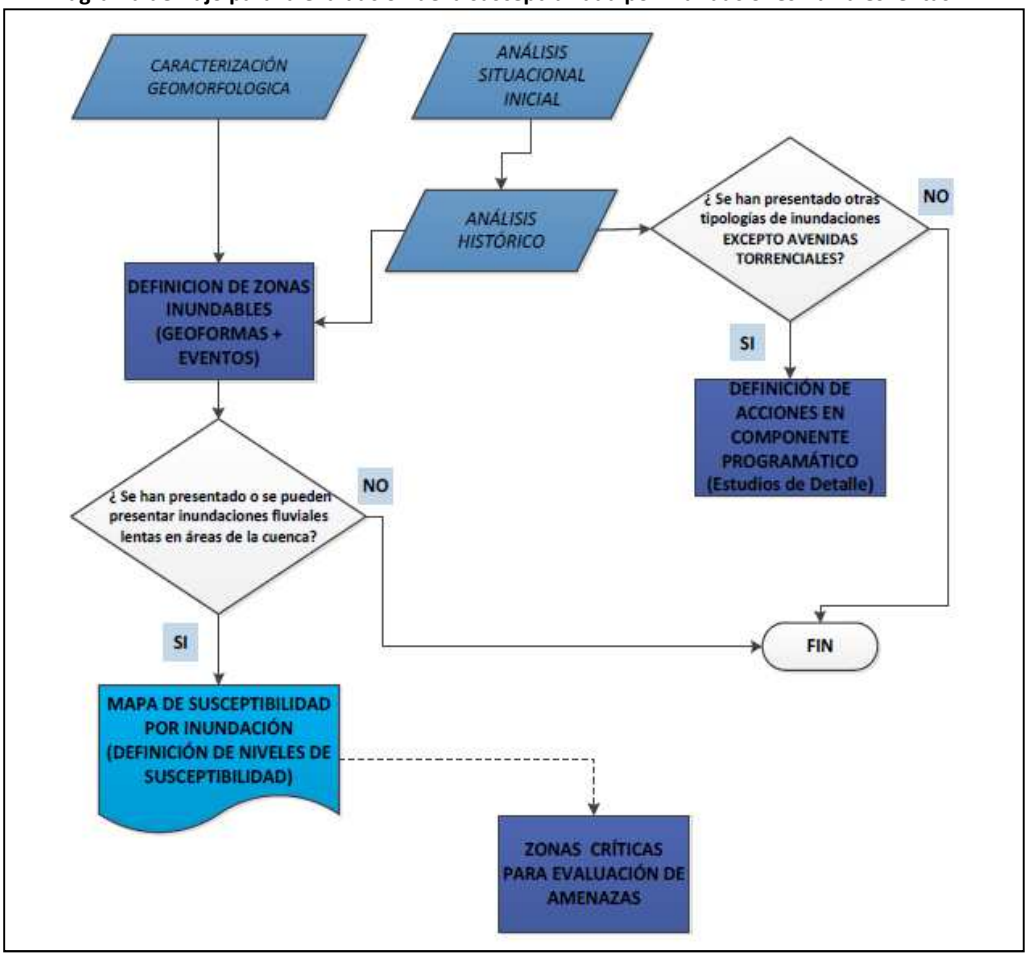
#### 4.1.2.1. *Metodología para la evaluación y zonificación de la susceptibilidad a inundaciones*

El proceso metodológico empleado para la evaluación de la susceptibilidad de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta a Inundaciones, se desarrolla de acuerdo con las actividades planteadas en el documento de alcances técnicos,

[9] https://es.wikipedia.org/wiki/Inundaci%C3%B3n
[10] Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Ministerio De Hacienda, Fondo De Adaptación. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá D.C., 2014

siguiendo el diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones fluviales lentas que presenta el Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, ya citado.

**Figura 4.14. Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones fluviales lentas.**




Fuente: MADS y Fondo Adaptación, 2014

La información compilada en el análisis de eventos históricos se valida mediante las siguientes actividades:

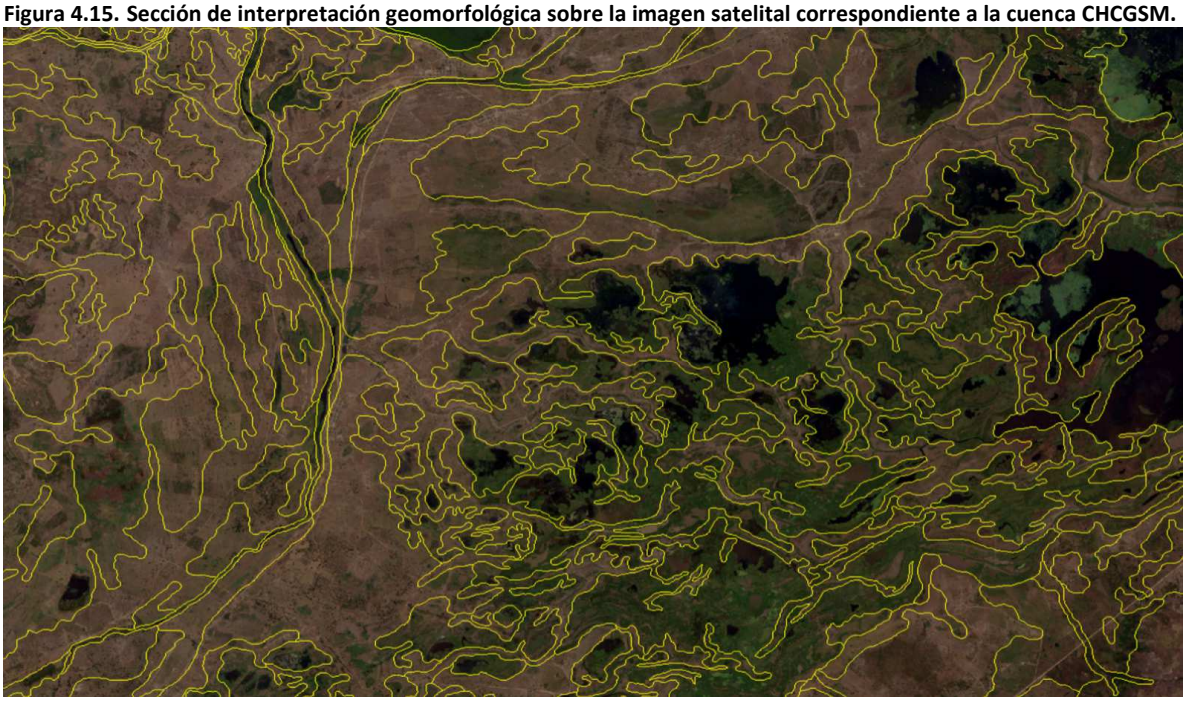
- Recolección de información en campo, con participación de los habitantes de la cuenca
- Contraste de la información de los eventos históricos en las diferentes fuentes.
- Jerarquización de la magnitud de los eventos ocurridos de acuerdo con variables de caudales, magnitud, cantidad de encuestas, y extensión de la inundación, entre otros.
- Sistematización de los datos para generar sobre la base topográfica los puntos que definen unidades inundables.
- Análisis e integración de la información colectada

- Contraste del análisis geomorfológico basado en el método de Carvajal (2011), en el cual se determinan ambientes fluviales con sus unidades; y la cartografía geomorfológica basada en el método de Zinck (2012) que define paisajes geomorfológicos, tipos de relieve, modelados y geoformas asociados a eventos de inundación.
- Procesamiento y elaboración de la salida cartográfica para delimitar con base en los polígonos de eventos históricos y en las geoformas asociadas a eventos de inundación, las áreas susceptibles a inundarse.

El fundamento para integrar y analizar la información compilada de diferentes fuentes, fue la geomorfología junto con el catálogo histórico de eventos amenazantes por inundación. El análisis de las unidades geomorfológicas y formas del terreno asociadas a inundación, generó una salida cartográfica preliminar, la cual fue validada con los habitantes de la cuenca a través de los seminarios de gestión del riesgo. En esta actividad, se recogieron los comentarios y aportes de los participantes, y éstos que fueron nuevamente cartografiados y contrastados con el inventario y la geomorfología, generando como resultado la zonificación por susceptibilidad a inundaciones.

A pesar que se contó con algunas imágenes satelitales para su interpretación, no se realizó el análisis multitemporal como tal de sensores remotos o fotografías aéreas para llegar a hacer una aproximación al estudio evolutivo del medio fluvial; sin embrago se optimizó el detalle de la interpretación geomorfológica de estas imágenes para garantizar la identificación de geoformas que permitieran el reconocimiento de los eventos asociados con inundaciones que pudieran haber dejado huellas identificables en el terreno, captadas por la imagen satelital, las cuales se corroboraron o descartaron en campo.

**Figura 4.15. Sección de interpretación geomorfológica sobre la imagen satelital correspondiente a la cuenca CHCGSM.**



La zonificación de susceptibilidad a inundaciones para la cuenca objeto de estudio se realiza a escala 1:25.000, teniendo en cuenta los elementos para caracterización ya mencionados, básicamente el análisis de los eventos históricos y el análisis geomorfológico. Esta susceptibilidad se caracterizó en la siguiente tabla:

**Tabla 4.16. Susceptibilidad a inundación**

| SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN | CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|
| Alta | Clasificación geomorfológica en región fluvial y denudacional en unidades de llanura de inundación, terrazas bajas, lomas y napas de desborde; con procesos propios de las zonas topográficamente más bajas como encharcamientos, inundaciones, erosión superficial, erosión lateral y desbordes. | 3 |
| Media | Región geomorfológica denudacional y fluvial en unidades de lomas bajas, terrazas aluviales, llanuras de inundación y abanicos aluviales; presentan normalmente escurrimientos, encharcamientos, reptación e inundaciones. | 2 |
| Baja | Región geomorfológica fluvial y denudacional, con unidades de terrazas aluviales y lomas; presentan procesos de escurrimiento, encharcamiento, desprendimientos y derrumbes. | 1 |
| Nula | Clasificación geomorfológica en región estructural y/o denudacional con unidades de escarpes, espinazos, crestas, facetas triangulares, mesas, depósitos de laderas, lomas y cuestas; comúnmente presentan procesos de derrumbes, desplomes, solifluxión, escurrimiento, terracetas, reptación, deslizamientos por distintos mecanismos y diferentes clases de erosión superficial. | 0 |

4.1.2.2. *Resultados Obtenidos.*

En el análisis de la susceptibilidad se integran los eventos históricos con la intención de analizar el comportamiento (Magnitud, Ocurrencia), de los eventos a partir de variables como: extensión de la inundación, caudales, niveles máximos alcanzados en el cauce, entre otros. Este análisis se encuentra supeditado a la calidad de la información relacionada en los eventos registrados, la cual, para la cuenca en ordenación, es deficiente.

El catálogo histórico de eventos amenazantes, está constituido por registros de inundaciones, los cuales relacionan como causas principales el desbordamiento de los siguientes cauces: Río Magdalena, caño Clarín, Caño Aguas Negras y Quebrada Tamaca. Esta información, fue complementada con datos provenientes de los espacios de participación y recorridos de campo.

La información aportada por los actores durante las mesas de trabajo[11] y rutas veredales, permitió identificar sectores con mayores afectaciones, periodos de ocurrencia y posibles causas, para lo cual fue necesario utilizar los instrumentos que se presentan en la Figura 4.16 y Figura 4.17. A pesar que, los habitantes de la cuenca no establecieron fechas exactas de ocurrencia, se evidencia que conciben este fenómeno amenazante, como un suceso de periodicidad anual durante las temporadas de altas precipitaciones.

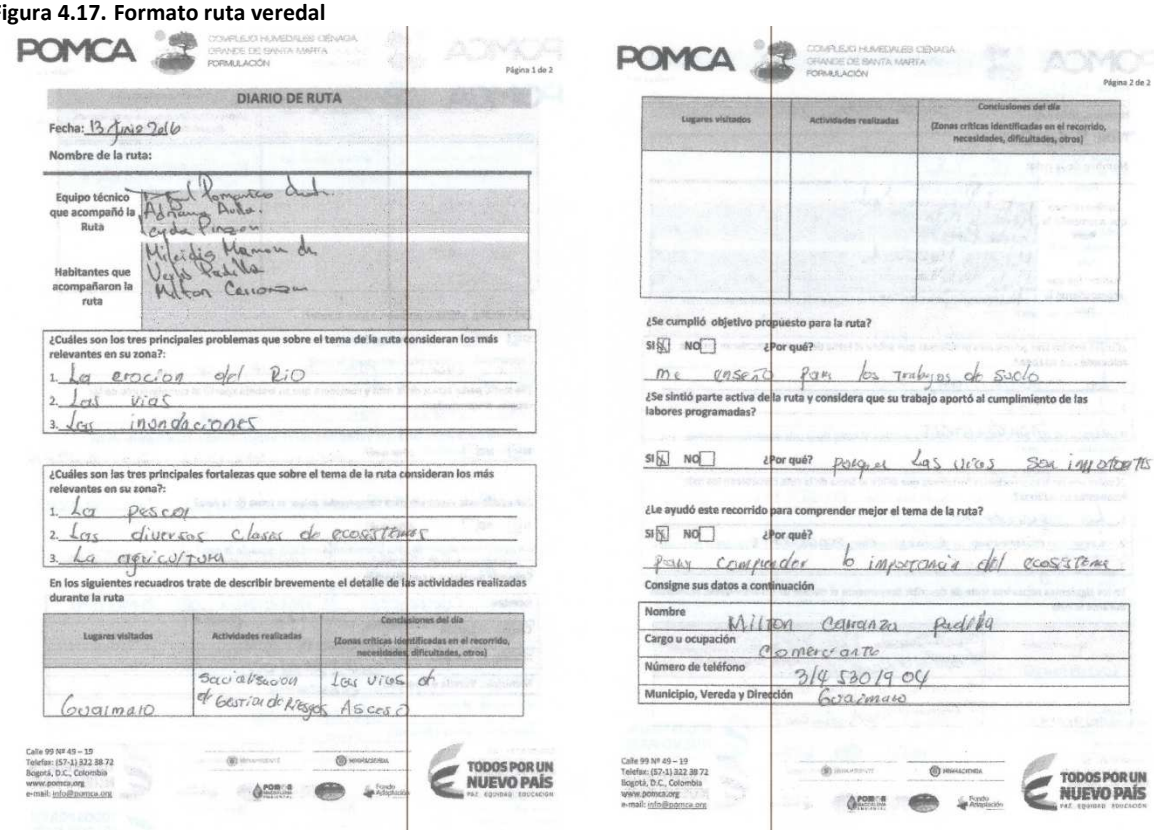
[11] La información recopilada durante las mesas zonales de trabajo fue presentada en el informe de aprestamiento, con sus respectivos anexos.

**Figura 4.16. Salida Cartográfica empleada durante las mesas de trabajo para la localización de los eventos amenazantes**





**Figura 4.17. Formato ruta veredal**



DIARIO DE RUTA

Fecha: 13 June 2016

Nombre de la ruta:

Equipo técnico que acompañó la Ruta: Adriana Avila. Leyda Pinzon

Habitantes que acompañaron la ruta: Miledis Ramos de Vega Padilla, Milton Carranza

¿Cuáles son los tres principales problemas que sobre el tema de la ruta consideran los más relevantes en su zona?:
1. La erocion del Rio
2. Las vias
3. Las inundaciones

¿Cuáles son las tres principales fortalezas que sobre el tema de la ruta consideran los más relevantes en su zona?:
1. La pesca
2. Las diversas clases de ecosistemas
3. La agricultura

En los siguientes recuadros trate de describir brevemente el detalle de las actividades realizadas durante la ruta

| Lugares visitados | Actividades realizadas | Conclusiones del día (Zonas críticas identificadas en el recorrido, necesidades, dificultades, otros) |
|---|---|---|
| Guaimaro | Socialización de Gestion de Riesgos | Las vias de Acceso |

| Lugares visitados | Actividades realizadas | Conclusiones del día (Zonas críticas identificadas en el recorrido, necesidades, dificultades, otros) |
|---|---|---|
| | | |

¿Se cumplió objetivo propuesto para la ruta?
SI [X] NO [ ] ¿Por qué? me gusto por los trabajos de suelo

¿Se sintió parte activa de la ruta y considera que su trabajo aportó al cumplimiento de las labores programadas?
SI [X] NO [ ] ¿Por qué? porque las vias son importantes

¿Le ayudó este recorrido para comprender mejor el tema de la ruta?
SI [X] NO [ ] ¿Por qué?
Pudo comprender la importancia del ecosistema

Consigne sus datos a continuación

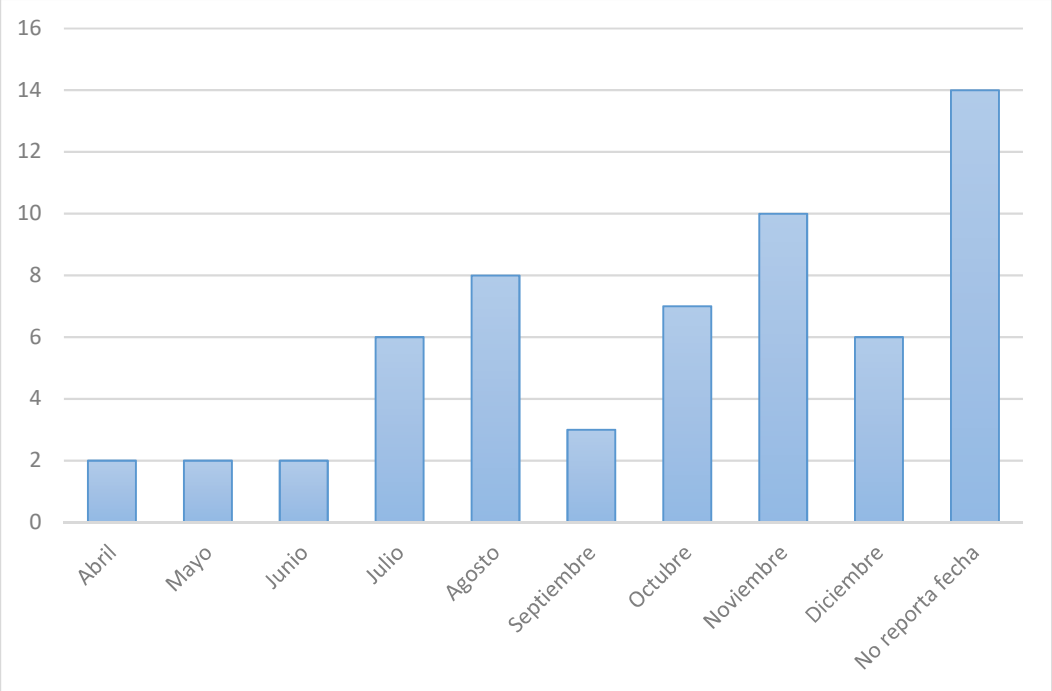
| | |
|---|---|
| Nombre | Milton Carranza Padilla |
| Cargo u ocupación | Comerciante |
| Número de teléfono | 314 530 19 04 |
| Municipio, Vereda y Dirección | Guaimaro |

Los eventos registrados en las bases de datos aunados con los reportes a la comunidad y el inventario realizado por el equipo profesional en las rutas veredas, permitió evidenciar la ocurrencia de mayor número de eventos se encuentra distribuido sobre los cauces principales como el caño Clarín, Caño Schiller, Caño Aguas Negras, Caño Renegado, Caño el Salado y sus ciénagas asociadas.

De igual manera, tal como se estableció en el numeral 3 del presente volumen, los eventos consolidados revelan que el 25% de los mismos se presentaron en los últimos 15 años, siendo un evento recurrente en todos los periodos de análisis. En la Figura 4.18, registra las inundaciones para el periodo comprendido entre 1938 y 2012, observando que presenta mayores registros en dos épocas del año, la primera durante los meses de julio y agosto y la segunda en los meses de octubre y noviembre, situación que es consistente con el comportamiento de la precipitación en la zona, el cual es de tipo bimodal (Ver numeral 2. Clima, Volumen 1. Caracterización básica y sistema biofísico del presente documento de diagnóstico).

La existencia de un número significativo de eventos sin reporte de ocurrencia, se debe a los aportes realizados por los habitantes de la cuenca, quienes no especificaron con exactitud la fecha de ocurrencia.

**Figura 4.18. Registros eventos inundación**



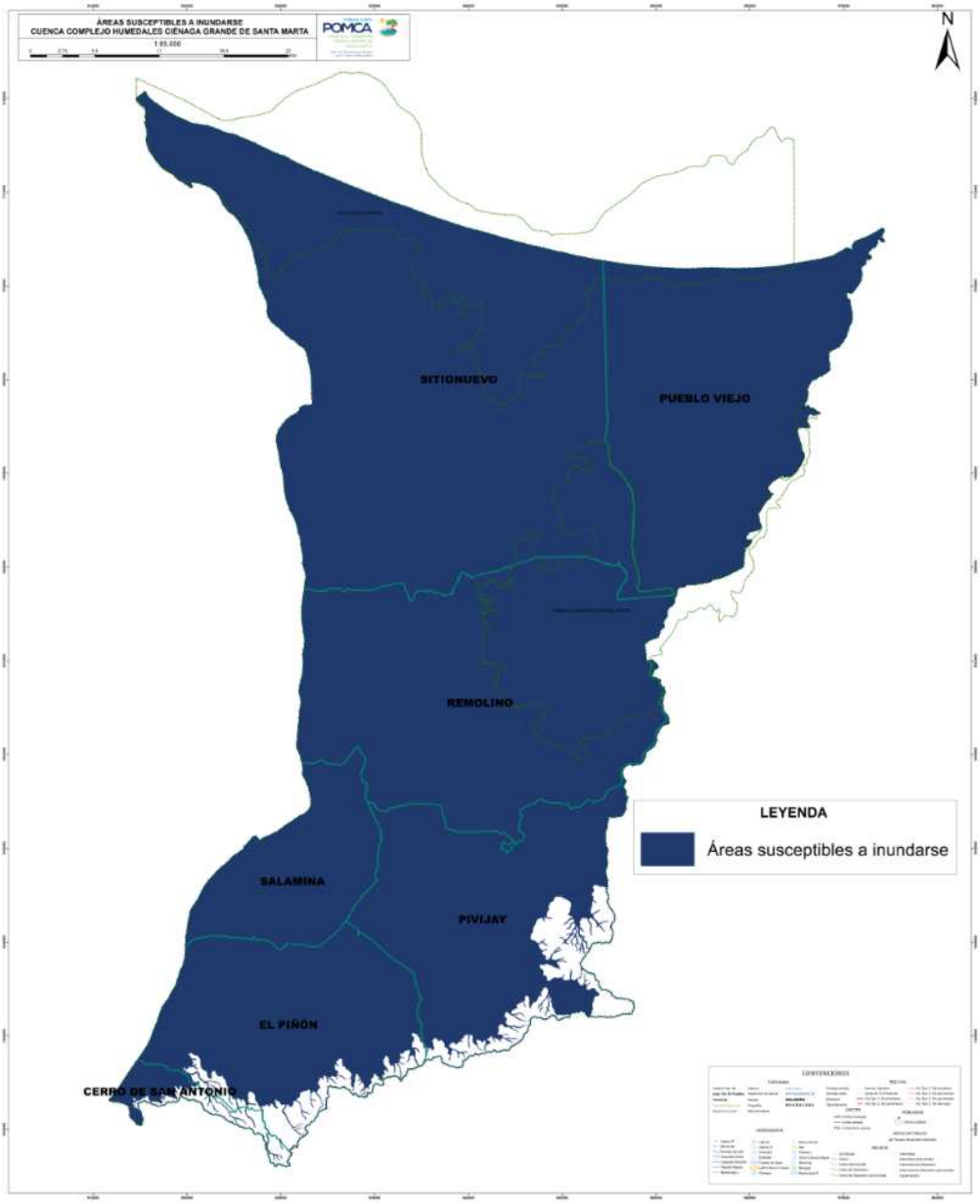

Además, de considerar la información histórica, se tuvo en cuenta la geomorfología de la zona dentro del análisis de susceptibilidad, analizando la presencia de procesos morfodinámicos tales como: desbordamientos. Para las inundaciones, se hizo énfasis en la interpretación de las imágenes satelitales RapidEye suministradas por la Corporación Autónoma Regional, a fin de determinar los ambientes fluviales generados por las corrientes de agua (Ríos, Quebradas, Ciénagas).

Mediante el método de interpretación asistida en pantalla (PIAO), se obtuvo la delimitación de unidades o polígonos con algún grado de susceptibilidad a la ocurrencia de inundaciones, extrayendo las siguientes subunidades como las más propensas a sufrir inundaciones:

- Cauce abandonado
- Cauce del río
- Cubeta de desborde
- Cuencas de decantación
- Laguna Costera
- Llanura Arenosa
- Orillares
- Plano de marea con Manglar
- Plano de marea lodoso
- Playas

En la Figura 4.19 se presentan las áreas susceptibles a inundarse según el análisis geomorfológico, evidenciando la distribución en el área de la cuenca hidrográfica objeto de ordenación.

**Figura 4.19. Áreas susceptibles a inundarse**




Para mayor detalle sobre el significado y la interpretación de cada una de las subunidades geomorfológicas mencionadas, se remite al lector al volumen 1. Componente Biofísico, numeral 11. Geomorfología.

Desde el Análisis geomorfológico, el área categorizada como crítica por eventos de inundación dentro de la cuenca, corresponde al 92.08% del área total, presenta geomorfología muy alterada por las actividades humanas, principalmente por la gran cantidad de diques construidos para desviar y/o controlar el agua de los caños y la misma ciénaga; no se cuenta con información topográfica ni batimétrica. Las lluvias generan el aumento del nivel de los cauces y cuerpos de agua, que sobrepasa la altura de los diques naturales o artificiales, entonces ocurre el desbordamiento de las aguas y la paulatina inundación de las zonas planas adyacentes a estos.

En la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, se presentan dos tipos de inundación, el primero asociado a la dinámica costera, determinado por las mareas y los vientos, puede ser rápido, dependiendo de la energía de las olas y mareas, afecta la zona al Norte de la cuenca; la segunda, corresponde a inundaciones lentas que afectan amplias zonas, por lo general se presentan áreas de amortiguación plano-cóncavas que reciben parte del agua excedente y la retienen durante meses, la situación se agrava cuando las vías de comunicación y los centros poblados se afectan, principalmente porque se limita el intercambio de bienes y servicios o se dificulta la atención de emergencias (Figura 4.20).

**Figura 4.20. Inundaciones**



Las mareas inundan a Pueblo Viejo, el terraplén de la vía a Barranquilla controla en gran parte estas inundaciones, aunque al otro de la vía la ciénaga es la que se desborda
Coordenadas X= 979272 Y=1708452



En Santa Rita el terraplén de la vía frecuentemente se inunda, limitando el acceso al caserío.
Coordenadas X= 938016 Y= 1668189

Otro proceso morfodinámico asociado con las inundaciones, es el encharcamiento, considerado un tipo de inundación pluvial, que ocurre, cuando en áreas plano-cóncavas no contiguas a cauces, en períodos lluviosos, el suelo se satura, por el alto contenido de arcilla y la poca capacidad de infiltración, haciendo que la lámina de agua que escurre quede cubriendo el terreno a manera de charco. En la zona de estudio, este tipo de evento se encuentra asociado a las zonas planas, correspondiendo en buena pare con las áreas definidas como de susceptibilidad alta a la inundación, que coinciden con las zonas topográficamente más planas y deprimidas.

El factor más determínate en la dinámica de los eventos de inundación, corresponde al relieve, el cual conforma una topografía plana con presencia de ciénagas, que términos de geodinámica, se puede explicar como el resultado de la fase distensiva a la que fue sometida la región norte de Colombia durante el Mioceno (Hernández, 1996) y que posteriormente permitió la conformación

sistema lagunar de la CGSM debido a un ascenso relativo del nivel del mar. Durante la última gran transgresión marina, la zona estuvo cubierta por el mar, el cual penetró hasta las inmediaciones de El Banco, Magdalena. Al inicio del Holoceno ocurrió una regresión del nivel del mar y debido al aporte fluvial de sedimentos se inició la formación del amplio delta entre el cauce del Magdalena y el Caño Schiller, proceso que aún continúa (Hernández et al, 1980; Wiedemann, 1973 citados por Serrano, *et al*, 1995.)

En términos de relieve, el área de la cuenca hace parte del sistema fluvio-deltaico del Río Magdalena, el cual no ha tenido el tiempo para acumular suficientes depósitos y construir una superficie deltaica extensa sobre la plataforma continental; en consecuencia, la influencia de las mareas es evidente en el sector Norte, donde la depresión lagunar es cerrada por barras, sin presentar la progresión de los sedimentos del río hacia el mar.

**Figura 4.21. Imagen satelital que nuestra la morfología de la cuenca**



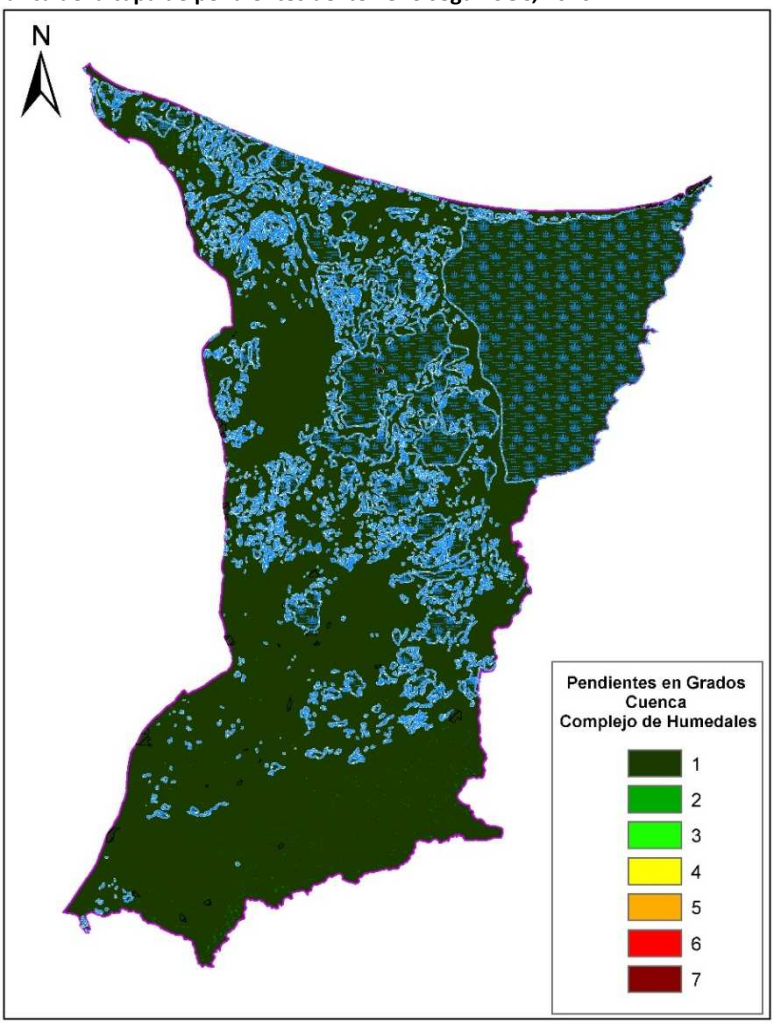

Tomada de Google Earth. Octubre de 2016.

Otra de las características del relieve, es la pendiente, la cual está compuesta por la forma, orientación[12] (aspecto) y el gradiente (inclinación); como se indicó detalladamente en el Volumen I del Diagnóstico, en el componente biofísico, numeral 7. Pendientes. De acuerdo con los resultados obtenidos de este análisis, para las Clases, intervalos en porcentaje y grados e interpretación, utilizados por el Servicio geológico Colombiano (SGC), para clasificar las pendientes del terreno, el 99.78% de la cuenca se encuentra en la categoría plana a suave es decir pendientes entre 0 y 5°, lo

[12] Se refiere a la orientación de la pendiente o la dirección hacia los puntos cardinales de la perpendicular trazada respecto al plano de la pendiente. También es conocida como aspecto de la pendiente.

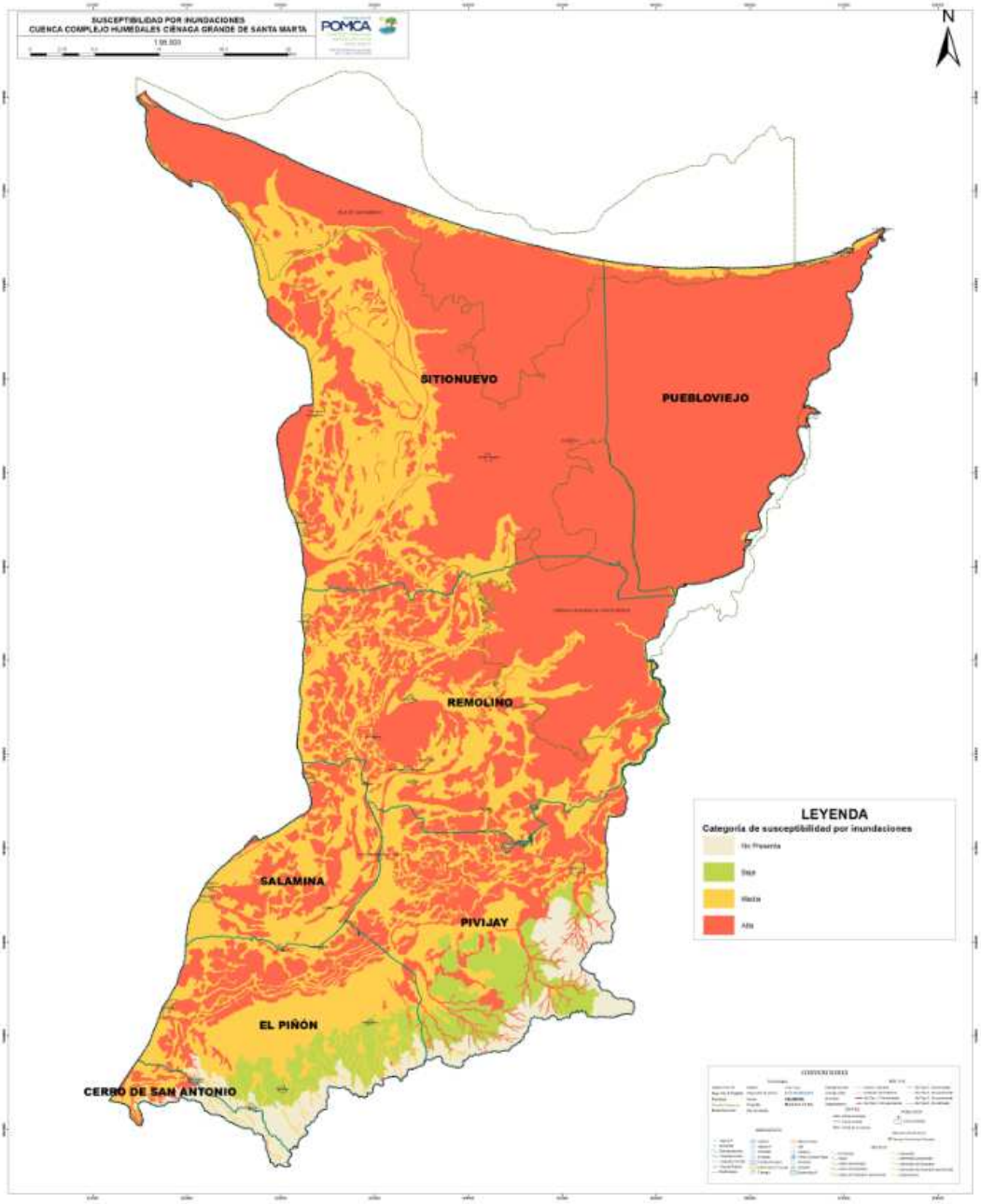
cual expresado en términos de amenaza resulta poco a nada impactante respecto a fenómenos que tengan como detonantes este factor; sin embargo, para el caso de las inundaciones, la pendiente resulta definitiva a la hora de analizar el comportamiento del agua, pues entre más plano sea el terreno, menor posibilidad de escorrentía tendrá, y si a esta característica se le suma una composición litológica de materiales por ejemplo arcillosos, es posible que sea menos susceptible a la infiltración, y por tanto el agua tendera a mantenerse sobre el terreno generando encharcamientos.

**Figura 4.22. Salida gráfica de la capa de pendientes del terreno según SGC, 2016.**



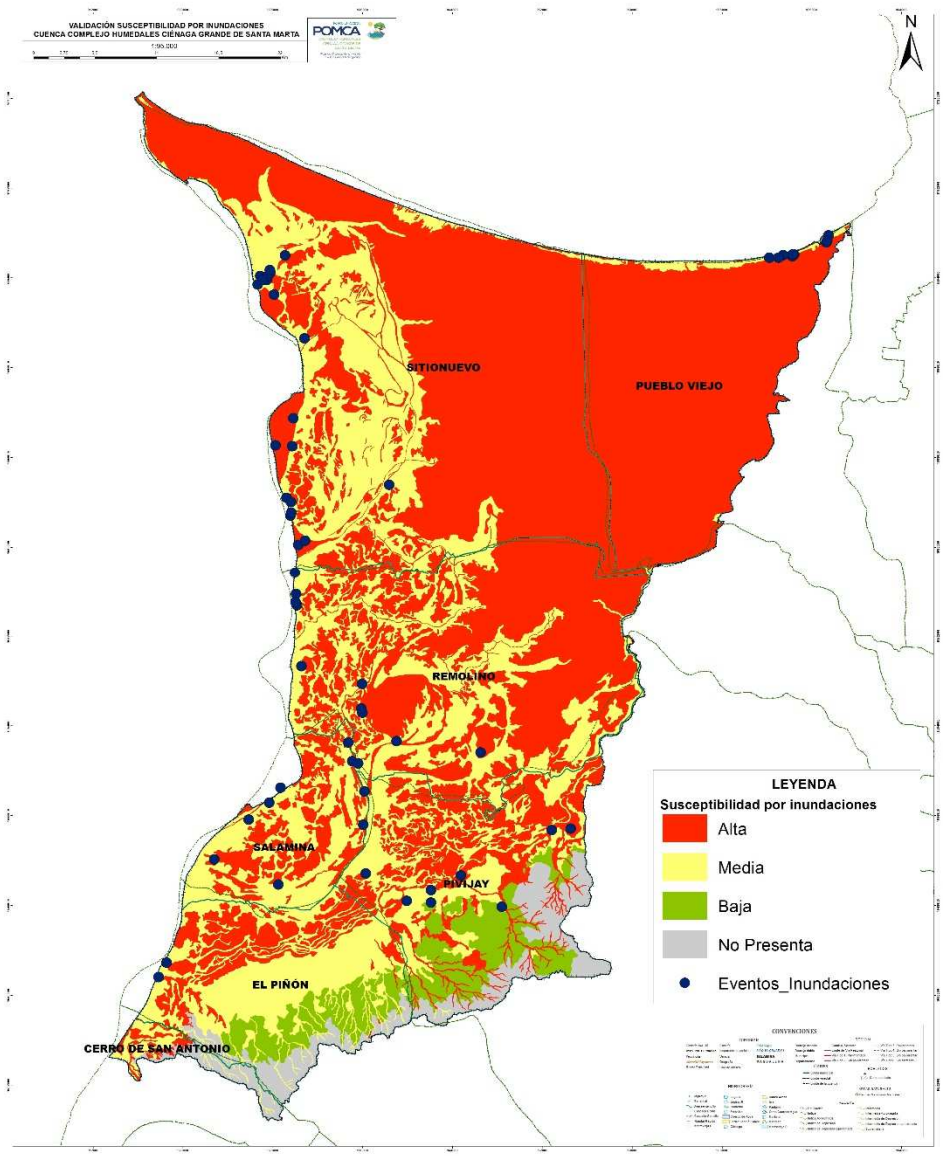

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y empleando la herramienta SIG, se realizó una superposición del catálogo de eventos e información geomorfológica, obteniendo el mapa de susceptibilidad a inundaciones para la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, de conformidad con la Tabla 4.16 (Ver anexo 7)

**Figura 4.23. Susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta**



Las categorías de susceptibilidad resultantes, fueron contrastadas el catálogo de eventos históricos, información aportada por los actores durante los espacios de participación e inventario levantado en las rutas veredales; denotando que alrededor del 30% de los eventos registrados, se asocian con categorías de susceptibilidad alta y el 66,67% con categorías de susceptibilidad media.

**Figura 4.24. Validación categorías de susceptibilidad a inundaciones**




4.1.2.2.2. *Susceptibilidad Alta*

Son áreas que corresponden sectores próximos a los cauces de ríos, arroyos y ciénagas, donde se observan procesos activos o inundaciones periódicas y unidades geomorfológicas asociadas a este tipo de eventos, tales como: terrazas fluviales, llanuras marinas, eólicas y de inundación.

Esta categoría se presenta en el 61,88% de la superficie total de la cuenca, asociada a los cuerpos de agua lenticos y loticos presentes en la zona, tales como: Ciénaga Grande de Santa Marta, Ciénagas de Conchal, Caño Seco, Quiroz, Callejones, Fermería, Rincón, Playones Las Penas, Mateo, Caimanera, La Avena, Santa Cruz, Cardona, Las Marchena, Los Colorados, Poza Verde, El Burro, Las Playitas, Las Calestras, Las Albercas, Brazo Colorado y los Caños Las Piedras, La Barrita, Los Ladrillos, Las Montañas, El Chorro, Rosalba, el Torno, El Delirio, Aguas Negras, El Salado, Renegado, Paraco Salado, Schiller, Ciego, entre otros.

Adicionalmente, tal como se observa en la 0, la mayor extensión del territorio categorizado como de susceptibilidad alta por inundaciones, se encuentra en el cuadrante Noreste, en cercanías a la Ciénaga Grande de Santa Marta, abarcando los municipios de Pueblo Viejo, Sitio Nuevo y Remolino.

4.1.2.2.3. *Susceptibilidad Media*
Son áreas con procesos morfodinámicos asociados a sedimentación aluvial, marina y lacustre y erosión marina; corresponde con unidades geomorfológicas de: llanura marina, eólica y de inundación, plano deltaico y terraza fluvial. Esta categoría, ocupa el 30,20% del total del área de la cuenca y se encuentra asociada principalmente con los cuerpos hídricos que permiten el flujo de agua entre el río Magdalena y el complejo de ciénagas, tal es el caso de los caños Clarín, Pendejito, El Burro, San Antonio, Remolino, el Coco, Aguas Vivas, Hondo y Martinica(Salado).

4.1.2.2.4. *Susceptibilidad Baja*
Corresponde con subunidades geomorfológicas de plano de terraza nivel 2, formadas por la sedimentación anterior de un cauce, en las cuales se presenta escurrimiento superficial difuso; ocupa el 4,22% del total del área de la cuenca y se encuentra en los municipios de El Piñón y Pivijay, veredas Sabanas, San Basilio, Tío Gollo, Vázquez, Las Piedras, Media Luna.

4.1.2.2.5. *Susceptibilidad Nula*
Corresponde a geoformas con características denudaciones como Laderas de lomas denudacionales, en dónde se presenta escurrimiento superficial difuso; ocupa el 3,71% del total del área y se localiza al sur de la cuenca desde Cerro de San Antonio, Cantallagar, Vázquez hasta el sur de Pivijay y Media Luna.

### 4.1.3. Susceptibilidad a Incendios Forestales

El término incendio forestal hace referencia a un fenómeno natural presentado cuando las zonas con vegetación son consumidas en forma incontrolada por el fuego, el cual puede salirse de control y expandirse fácilmente sobre extensas áreas (EIRD, 2002). Este evento amenazante, puede iniciarse lentamente al quemarse la maleza del suelo del bosque, alcanzando rápidamente las copas de los árboles gracias a la acción del viento. Por lo general, la primera señal de la ocurrencia de un incendio es la generación de un humo denso.

A nivel global, los incendios forestales siempre han estado presentes y en Colombia son eventos recurrentes, especialmente en periodos de bajas precipitaciones; lo cuales, se han intensificado

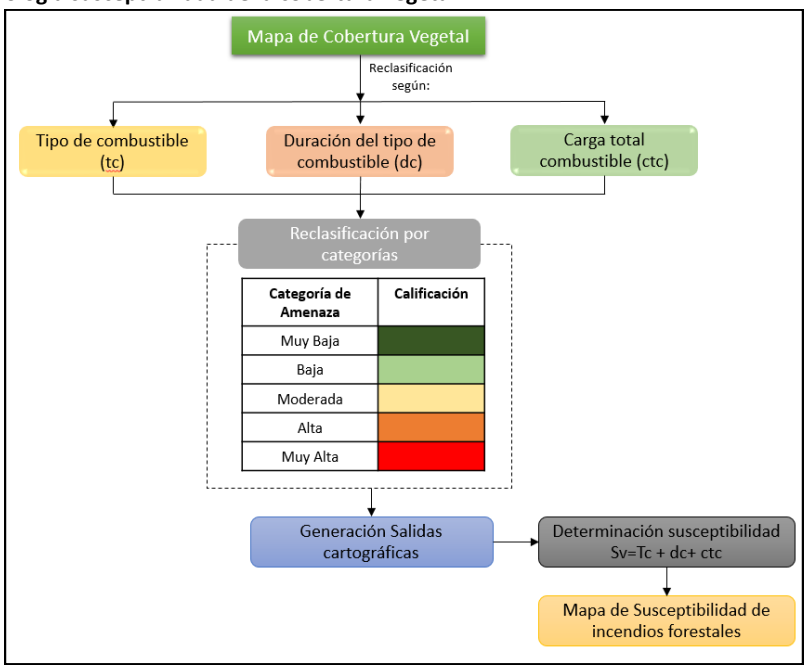
debido al fenómeno del niño y han contribuido a la degradación de los ecosistemas boscosos del país, afectando aproximadamente 42.000 hectáreas anuales (MAVDT, 2010).

En la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, la ocurrencia de estos eventos, es originada por las quemas que realizan los agricultores antes de la siembra; así como, por las fuertes sequías asociadas con el comportamiento del clima; situación que genera, grandes pérdidas económicas y del patrimonio natural.

Este numeral, contiene los aspectos metodológicos y resultados de la evaluación de la susceptibilidad de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, a la ocurrencia de incendios forestales. La susceptibilidad de la cobertura vegetal, se analiza mediante la identificación y valoración de la condición pirogénica de la vegetación, de conformidad con lo propuesto por Páramo (2007) en el modelo de combustibles para Colombia (IDEAM, 2011).

4.1.3.1. *Metodología para la evaluación y zonificación de la susceptibilidad a incendios forestales*
El proceso metodológico empleado en el presente análisis, sigue los lineamientos del documento "Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal, Escala 1:100.000", publicado por el IDEAM en el año 2011. En la 0, se presenta de manera general, las actividades requeridas para la determinación de la susceptibilidad de la cobertura vegetal.

**Figura 4.25. Metodología susceptibilidad de la cobertura vegetal.**




Fuente: adaptado de IDEAM (2011)

- *Salida Cartográfica de tipo de combustibles vegetales:* Tomando como base el mapa de coberturas vegetales, escala 1:25.000, se genera una reclasificación según los tipos de

combustibles dominantes en el área objeto de ordenación. Posteriormente, se asigna una calificación de acuerdo con la categoría de amenaza de los combustibles (Ver Tabla 4.17), y se espacializa esta información en una salida cartográfica, formato shape.

**Tabla 4.17. Categoría de amenaza – Tipo de combustible**

| Tipo de combustibles | Categoría de Amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| No combustibles | Muy Baja | 1 |
| Áreas Urbanas | Muy Baja | 1 |
| Árboles | Baja | 2 |
| Árboles y arbustos | Moderada | 3 |
| Arbustos | Alta | 4 |
| Hierbas | Alta | 4 |
| Pastos/Hierbas | Muy Alta | 5 |
| Pastos | Muy Alta | 5 |

Fuente: adaptado de IDEAM (2011).

- *Salida Cartográfica de duración del tipo de combustibles:* Tomando como base el mapa de coberturas vegetales, escala 1:25.000, se genera una reclasificación según la duración de los combustibles dominantes en el área objeto de ordenación. Posteriormente, se asigna una calificación de acuerdo con la categoría de amenaza (Ver Tabla 4.18), y se espacializa esta información en una salida cartográfica, formato shape

**Tabla 4.18. Categoría de amenaza – Duración del tipo de combustible**

| Duración del tipo de combustibles | Categoría de Amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| 1 Hora (Predominio de pastos) | Alta | 4 |
| 10 Horas (Predominio de arbustos y hierbas) | Moderada | 3 |
| 100 Horas (Predominio de árboles) | Baja | 2 |
| No Combustibles | Muy Baja | 1 |
| Áreas Urbanas | Muy Baja | 1 |

Fuente: adaptado de IDEAM (2011).

- *Salida Cartográfica de carga total de combustibles vegetales:* Tomando como base el mapa de coberturas vegetales, escala 1:25.000, se genera una reclasificación según la carga total de los combustibles dominantes en el área objeto de ordenación. Posteriormente, se asigna una calificación de acuerdo con la categoría de amenaza de la carga de los combustibles (Ver Tabla 4.19), y se espacializa esta información en una salida cartográfica, formato shape.

**Tabla 4.19. Categoría de amenaza – Carga total del combustible**

| Carga total del combustible | Categoría de Amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| Muy alta (Más de 100 Ton/ Ha) | Alta | 4 |
| Moderada (50 a 100 Ton/ Ha) | Moderada | 3 |
| Baja (1-50 Ton/ Ha) | Baja | 2 |
| No Combustibles | Muy Baja | 1 |
| Áreas Urbanas | Muy Baja | 1 |

Fuente: adaptado de IDEAM (2011).

- *Susceptibilidad de incendios de la cobertura vegetal:* Una vez se han obtenido las salidas cartográficas y con ayuda de las herramientas SIG, se procede a realizar una suma ponderada de las variables, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Sv = Cal(tc) + Cal(dc) + Cal(ctc)$$

Dónde,
$Sv$: Susceptibilidad de la Vegetación
$Cal(tc)$: Calificación del tipo de combustible
$Cal(dc)$: Calificación de la duración del combustible
$Cal(ctc)$: Calificación de la carga total del combustible

Por último, el resultado obtenido se agrupa en 5 categorías mediante una distribución de frecuencias, asignando una calificación que varía entre susceptibilidad muy baja (N° 1) a susceptibilidad muy alta (N° 5).

4.1.3.2. *Resultados obtenidos*

- Tipo de combustible

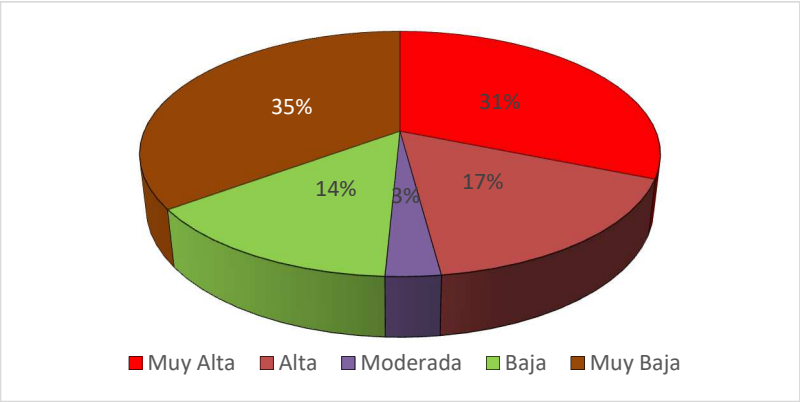
El proceso de reclasificación de las coberturas vegetales de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, da cuenta de la predominancia de una categoría de amenaza baja por tipo de combustibles, dada la extensión de las coberturas arbóreas en la zona. Sin embargo, se evidencia, que el 21,53% del área objeto de ordenación, es muy altamente susceptible a incendiarse, debido a la existencia de pasturas e hierbas (ver Figura 4.61); valor que no es despreciable, dadas las afectaciones que se podrían generar sobre la producción agropecuaria y en los ecosistemas estratégicos de la zona.

**Tabla 4.20. Relación de la información de entrada y los productos intermedios con el mapa de susceptibilidad del tipo de combustible.**

| COBERTURA | TIPO COMBUSTIBLE | CALIFICACIÓN | RANGO SUSCEPTIBILIDAD |
|---|---|---|---|
| Pastos enmalezados | Pastos | 5 | Muy Alta |
| Ríos (50 m) | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | Pastos/hierbas | 5 | Muy Alta |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | Áreas urbanas | 1 | Muy Baja |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Lagunas costeras | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Bosque denso | Arboles | 2 | Baja |
| Tejido urbano discontinuo | Áreas urbanas | 1 | Muy Baja |
| Herbazal | Hierbas | 4 | Alta |
| Tejido urbano continuo | Áreas urbanas | 1 | Muy Baja |
| Pastos limpios | Pastos | 5 | Muy Alta |
| Cultivos permanentes arbóreos | Arboles | 2 | Baja |
| Zonas arenosas naturales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |

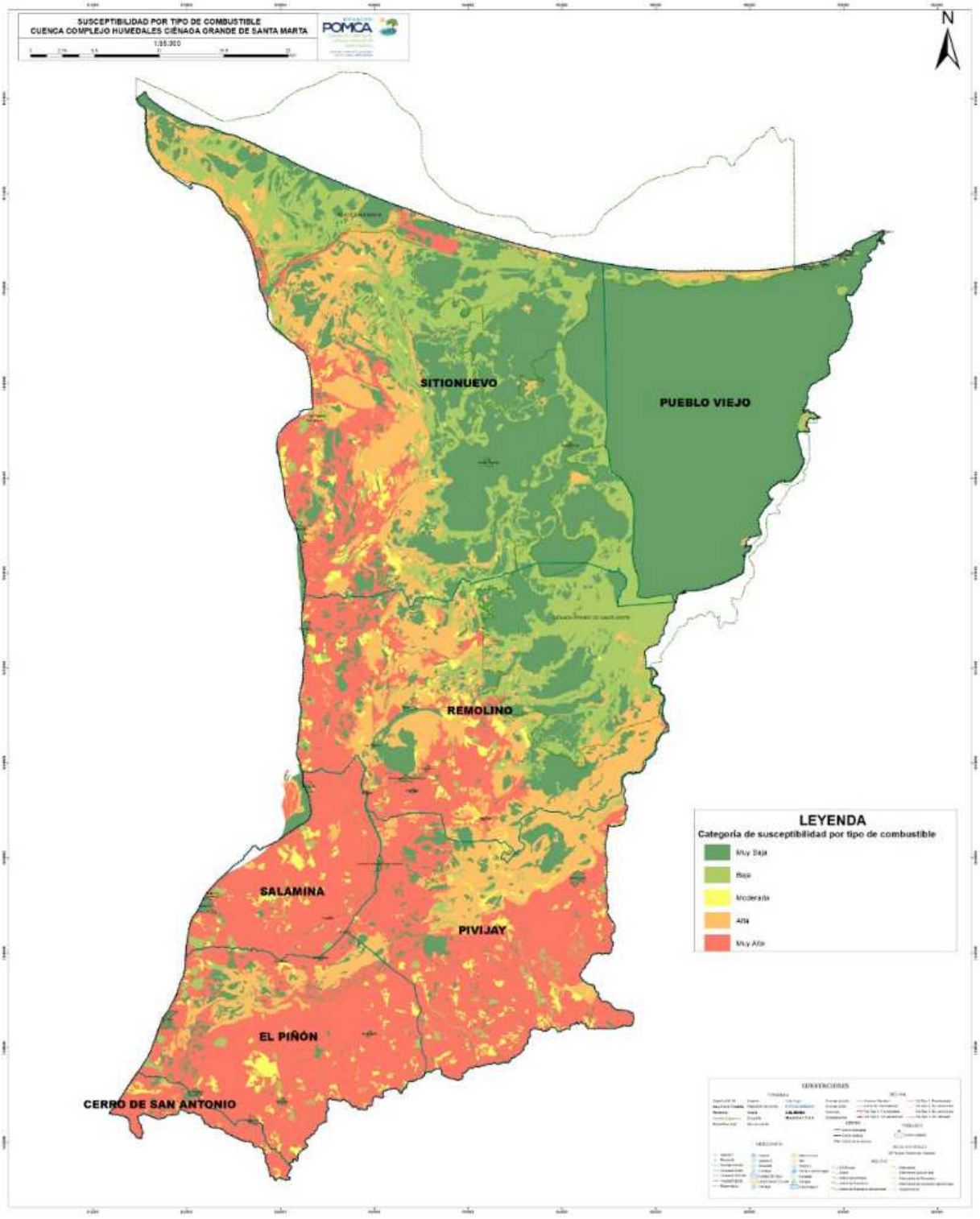
| COBERTURA | TIPO COMBUSTIBLE | CALIFICACIÓN | RANGO SUSCEPTIBILIDAD |
|---|---|---|---|
| Bosque abierto | Arboles | 2 | Baja |
| Arbustal | Arbustos | 4 | Alta |
| Tierras desnudas y degradadas | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Zonas industriales o comerciales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | Pastos/hierbas | 5 | Muy Alta |
| Pastos arbolados | Pastos | 5 | Muy Alta |
| Vegetación secundaria o en transición | Arboles/arbustos | 3 | Moderada |
| Mosaico de cultivos y espacios naturales | Pastos/hierbas | 5 | Muy Alta |
| Bosque fragmentado | Arboles | 2 | Baja |
| Cuerpos de agua artificiales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de pastos y cultivos | Pastos/hierbas | 5 | Muy Alta |
| Otros cultivos transitorios | Hierbas | 4 | Alta |
| Bosque de galería y/o ripario | Arboles | 2 | Baja |
| Plantación forestal | Arboles | 2 | Baja |
| Canales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Cereales | Hierbas | 4 | Alta |
| Zonas pantanosas | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Hortalizas | Hierbas | 4 | Alta |
| Mosaico de cultivos | Hierbas | 4 | Alta |

**Figura 4.26. Categoría de susceptibilidad por tipo de combustible**




En la Figura 4.27, se aprecia que las coberturas vegetales más propensas a incendiarse, se localizan en dos sectores, el primero se encuentra en el borde Occidental de la cuenca, en una franja paralela al río Magdalena; y el segundo en el cuadrante Sur de la cuenca, en jurisdicción de los municipios de Pivijay, El Piñón y Cerro de San Antonio. Las veredas con mayor extensión de su territorio en categoría muy alta o alta por tipo de combustibles son: Sedrol, Carmona, Caño Hondo, Caño Don Diego, El Salado, Camino a Rosa Vieja, Villa del Milagro, Los Patos, La Loma, Campo Alegre, Julepe, Playón de Orozco y Chinoblas.

**Figura 4.27. Susceptibilidad por Tipo de Combustible**



❖ Duración del tipo de combustible

La duración del tipo de combustible, es un factor de gran importancia para entender la capacidad pirogénica de las coberturas vegetales, ya que expresa de manera indirecta que tan peligroso puede ser un incendio (UAO, 2011). En este sentido, combustibles de rápida ignición se extienden fácilmente y son difíciles de controlar, a comparación de aquellos combustibles de larga duración.

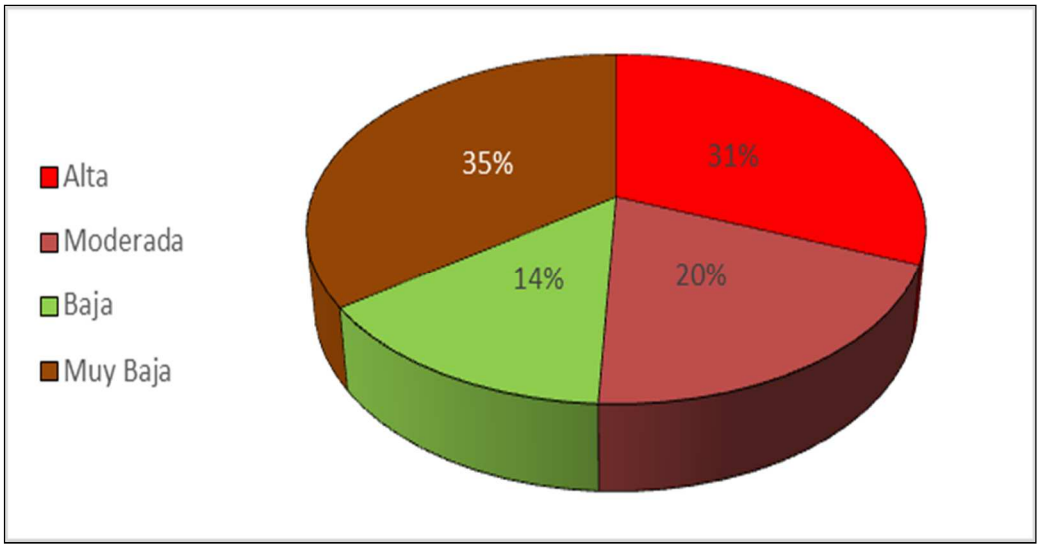
Como se puede apreciar en la Figura 4.28, las coberturas vegetales no combustibles ocupan la mayor extensión de la cuenca en ordenación, seguidos por las coberturas con tiempo de ignición de 1 hora y con menor porcentaje de participación los de 10 y 100 horas. Es importante resaltar que el área ocupada por la categoría de susceptibilidad alta (tiempo de ignición=1 Hora), representa un porcentaje significativo (31,14%), lo cual aumenta la susceptibilidad de la cuenca a la ocurrencia de un incendio forestal.

**Tabla 4.21. Relación de la información de entrada y los productos intermedios con el mapa de susceptibilidad por duración del tipo de combustible.**

| COBERTURA | DURACIÓN COMBUSTIBLE | CALIFICACIÓN | RANGO SUSCEPTIBILIDAD |
|---|---|---|---|
| Pastos enmalezados | 1 hora | 4 | Alta |
| Ríos (50 m) | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 1 hora | 4 | Alta |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | Áreas urbanas | 1 | Muy Baja |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Lagunas costeras | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Bosque denso | 100 horas | 2 | Baja |
| Tejido urbano discontinuo | Áreas urbanas | 1 | Muy Baja |
| Herbazal | 10 horas | 3 | Moderada |
| Tejido urbano continuo | Áreas urbanas | 1 | Muy Baja |
| Pastos limpios | 1 hora | 4 | Alta |
| Cultivos permanentes arbóreos | 100 horas | 2 | Baja |
| Zonas arenosas naturales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Bosque abierto | 100 horas | 2 | Baja |
| Arbustal | 10 horas | 3 | Moderada |
| Tierras desnudas y degradadas | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Zonas industriales o comerciales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 1 hora | 4 | Alta |
| Pastos arbolados | 1 hora | 4 | Alta |
| Vegetación secundaria o en transición | 10 horas | 3 | Moderada |
| Mosaico de cultivos y espacios naturales | 1 hora | 4 | Alta |
| Bosque fragmentado | 100 horas | 2 | Baja |
| Cuerpos de agua artificiales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de pastos y cultivos | 1 hora | 4 | Alta |
| Otros cultivos transitorios | 10 horas | 3 | Moderada |
| Bosque de galería y/o ripario | 100 horas | 2 | Baja |

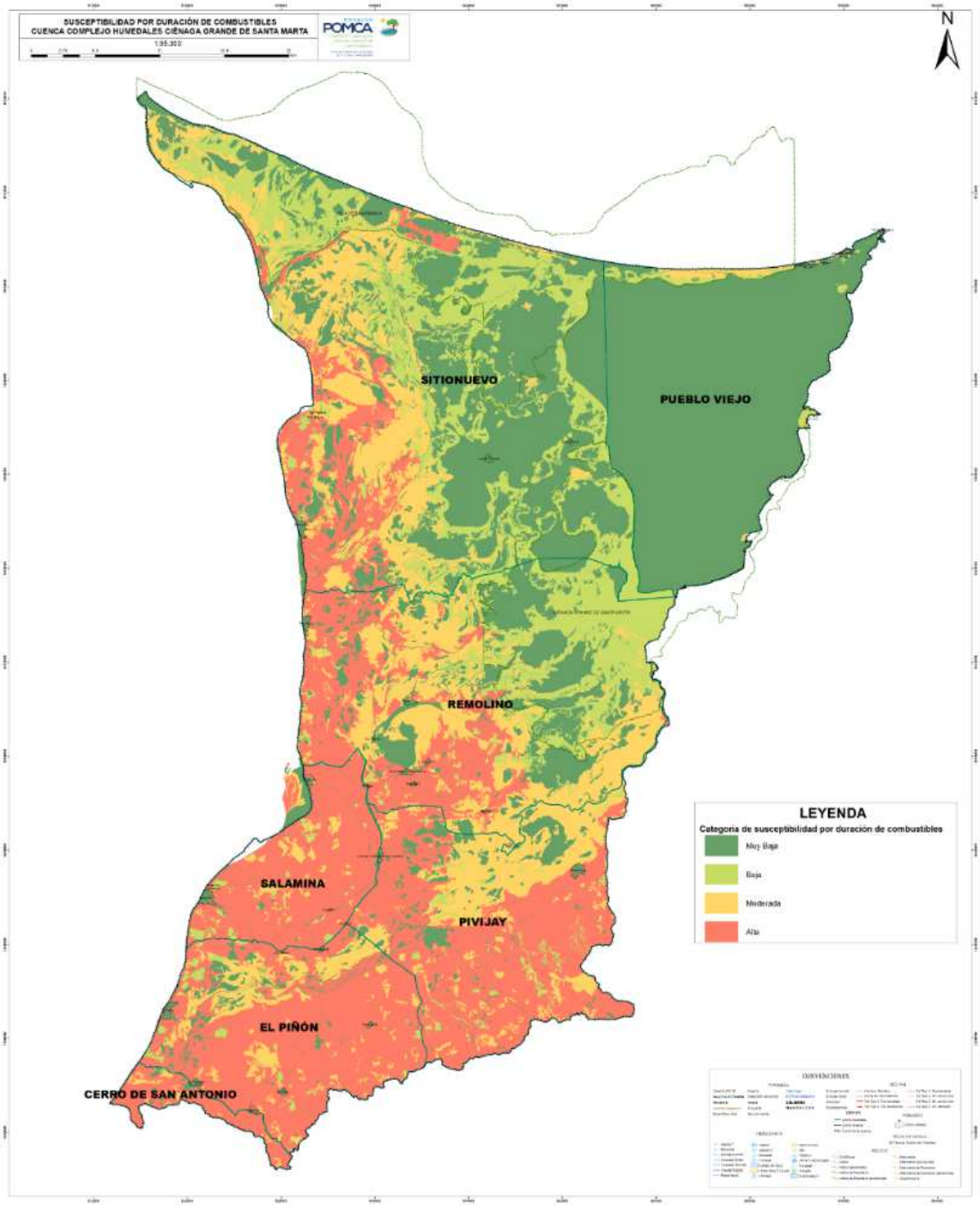
| COBERTURA | DURACIÓN COMBUSTIBLE | CALIFICACIÓN | RANGO SUSCEPTIBILIDAD |
|---|---|---|---|
| Plantación forestal | 100 horas | 2 | Baja |
| Canales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Cereales | 10 horas | 3 | Moderada |
| Zonas pantanosas | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Hortalizas | 10 horas | 3 | Moderada |
| Mosaico de cultivos | 10 horas | 3 | Moderada |

**Figura 4.28. Duración de los combustibles de la cuenca**




Las áreas con tiempos de combustión de una hora están asociadas a coberturas vegetales tipo pastos y/o hierbas, con extensiones similares a las presentadas en el numeral anterior (Ver Figura 4.29). Cabe resaltar que, aunque existe una baja proporción de la cuenca categorizada como de susceptibilidad baja por duración de los combustibles (14,20%), se debe monitorear constantemente estas zonas, debido a que el fuego sería más difícil de controlar y podría destruir áreas de conservación estratégica como el Parque Nacional Natural Vía Parque Isla Salamanca y el Santuario de Fauna y Flora de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Figura 4.29. Susceptibilidad por duración tipo de Combustible**



❖ Carga total del combustible

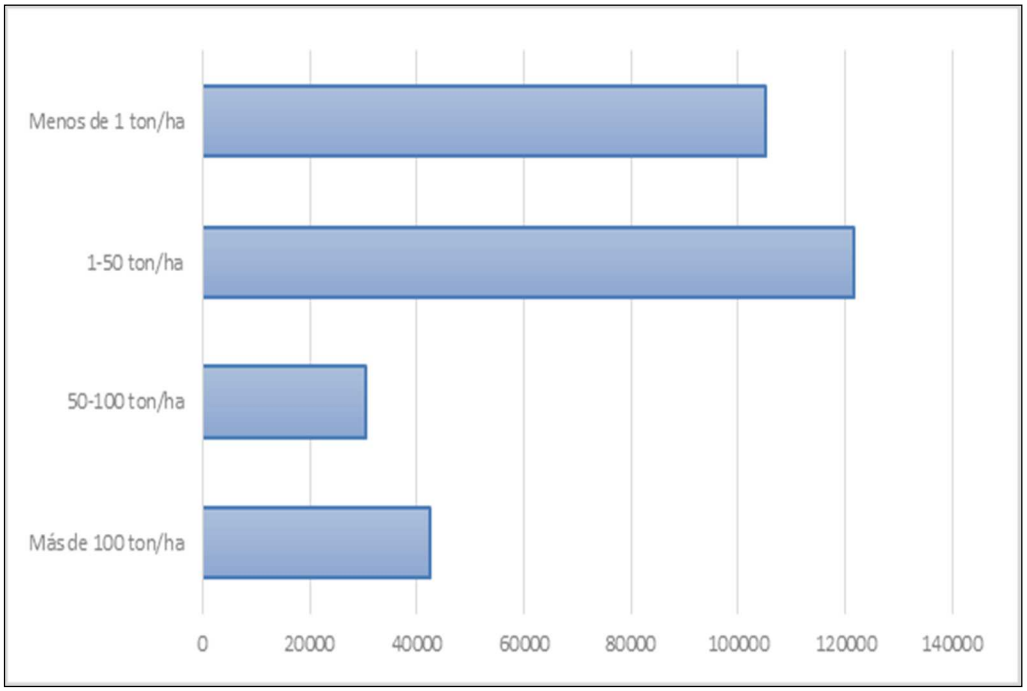
Esta variable expresa el contenido de biomasa de cada una de las coberturas predominantes (Expresada en tonelada por hectárea) en el área de estudio. Para el caso de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se estima que alrededor del 40,61% (121.719,18 ha) de las coberturas vegetales, poseen una carga de combustible entre 1-5 Ton/ha (Ver Figura 4.30; seguido de las coberturas con contenido de biomasa inferior a 1 ton/ha (105.009,30 ha) y superior a 50 ton/ha (72.973,87 ha).

**Tabla 4.22. Relación de la información de entrada y los productos intermedios con el mapa de susceptibilidad de carga total del combustible**

| COBERTURA | CARGA TOTAL COMBUSTIBLE | CALIFICACIÓN | RANGO SUSCEPTIBILIDAD |
|---|---|---|---|
| Pastos enmalezados | Baja (1-50 Ton/ha) | 2 | Baja |
| Ríos (50 m) | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | Moderada (50-100 Ton/ha) | 3 | Moderada |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | Áreas urbanas (menos de 1 ton/ha) | 1 | Muy Baja |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Lagunas costeras | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Bosque denso | Muy Alta (más de 100 Ton/ha) | 4 | Alta |
| Tejido urbano discontinuo | Áreas urbanas (menos de 1 ton/ha) | 1 | Muy Baja |
| Herbazal | Baja (1-50 Ton/ha) | 2 | Baja |
| Tejido urbano continuo | Áreas urbanas (menos de 1 ton/ha) | 1 | Muy Baja |
| Pastos limpios | Baja (1-50 Ton/ha) | 2 | Baja |
| Cultivos permanentes arbóreos | Muy Alta (más de 100 Ton/ha) | 4 | Alta |
| Zonas arenosas naturales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Bosque abierto | Muy Alta (más de 100 Ton/ha) | 4 | Alta |
| Arbustal | Moderada (50-100 Ton/ha) | 3 | Moderada |
| Tierras desnudas y degradadas | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Zonas industriales o comerciales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | Moderada (50-100 Ton/ha) | 3 | Moderada |
| Pastos arbolados | Baja (1-50 Ton/ha) | 2 | Baja |
| Vegetación secundaria o en transición | Moderada (50-100 Ton/ha) | 3 | Moderada |
| Mosaico de cultivos y espacios naturales | Moderada (50-100 Ton/ha) | 3 | Moderada |
| Bosque fragmentado | Muy Alta (más de 100 Ton/ha) | 4 | Alta |
| Cuerpos de agua artificiales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Mosaico de pastos y cultivos | Moderada (50-100 Ton/ha) | 3 | Moderada |
| Otros cultivos transitorios | Baja (1-50 Ton/ha) | 2 | Baja |
| Bosque de galería y/o ripario | Muy Alta (más de 100 Ton/ha) | 4 | Alta |
| Plantación forestal | Muy Alta (más de 100 Ton/ha) | 4 | Alta |

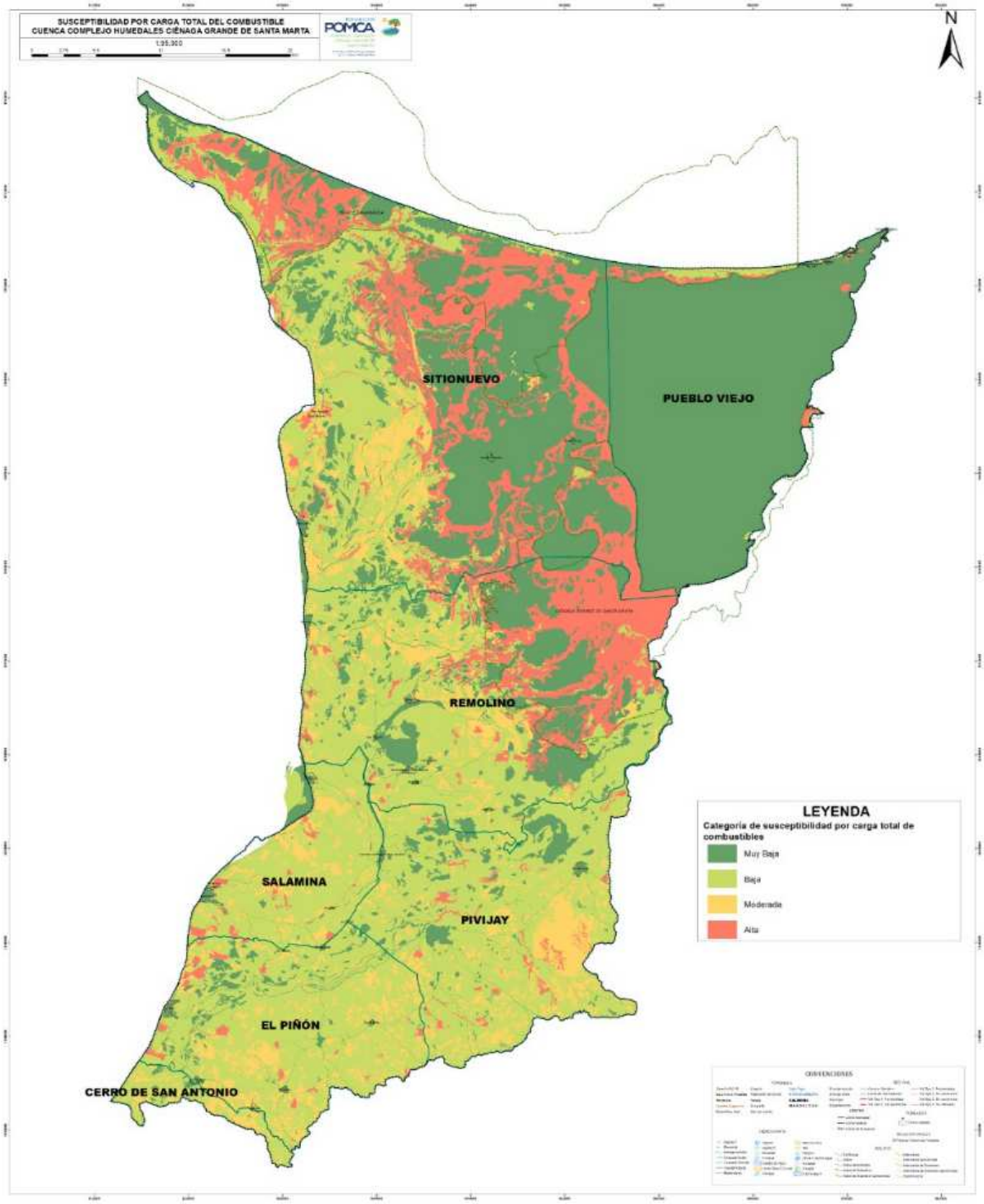
| COBERTURA | CARGA TOTAL COMBUSTIBLE | CALIFICACIÓN | RANGO SUSCEPTIBILIDAD |
|---|---|---|---|
| Canales | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Cereales | Baja (1-50 Ton/ha) | 2 | Baja |
| Zonas pantanosas | No Combustibles | 1 | Muy Baja |
| Hortalizas | Baja (1-50 Ton/ha) | 2 | Baja |
| Mosaico de cultivos | Baja (1-50 Ton/ha) | 2 | Baja |

**Figura 4.30. Carga total del combustible**




Las áreas con biomasa entre 1-5 ton/ha, están asociadas a vegetación tipo pasturas o hierbas, debido a la presencia de coberturas vegetales como: pastos enmalezados, arbolados y limpios, herbazal denso, herbazal abierto arenoso y mosaico de cultivos. En la Figura 4.31, se observa la existencia de mayor susceptibilidad por contenido de biomasa, hacia el centro y norte de la cuenca hidrográfica, en los municipios de Remolino, Pueblo Viejo y Sitio Nuevo y dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Natural vía Isla Salamanca.

**Figura 4.31. Susceptibilidad por Carga Total del Combustible**



- Susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal

La zonificación de la susceptibilidad por incendios de la cobertura vegetal en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se generó a partir del análisis de las características y comportamiento de la vegetación frente a la ocurrencia de un incendio; evidenciando que las áreas con susceptibilidad muy baja, son las de mayor extensión en la cuenca con una superficie de 105.009,30 ha, equivalente al 35,04% del territorio en ordenación (ver Figura 4.32)

De otra parte, tal como se observa en la figura, existe una extensión considerable del territorio con susceptibilidad alta, representando el 25,73% del área total de la cuenca respectivamente. Estas áreas, corresponden a las de zonas con cobertura vegetal tipo pasturas, las cuales cuentan con un tiempo de ignición de 1 hora y presentan una carga de combustible que puede variar entre 1 y 50 ton/ha; de lo cual se puede inferir, la rápida propagación del fuego en un tiempo relativamente corto, requiriendo un control eficaz y oportuno, con el propósito de evitar que la conflagración alcance grandes extensiones.

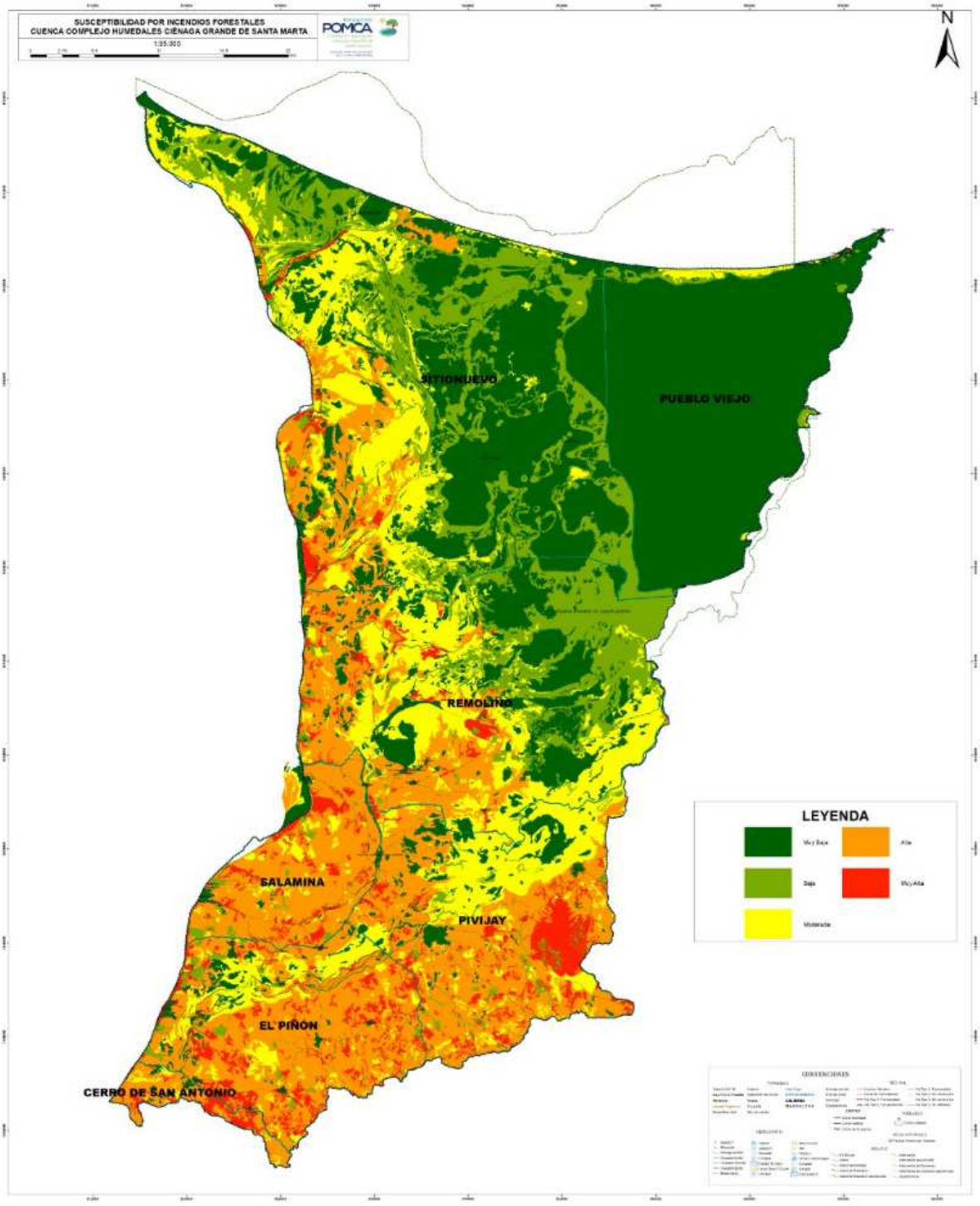
En el anexo 8 se presenta el mapa de susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal de la cuenca objeto de ordenación.

En la Tabla 4.23 se describen las características pirogénicas de las coberturas vegetales de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, para cada categoría de susceptibilidad.

**Tabla 4.23. Categoría de susceptibilidad por incendios forestales**

| Categoría | Símbolo | Descripción |
|---|---|---|
| Muy Alta | | Corresponde a las zonas con cobertura vegetal tipo pasturas y/o hierbas, las cuales cuentan con un tiempo de ignición de 1 hora y presentan una carga de combustible que puede variar entre 50 y 100 ton/ha. Esta categoría es característica de coberturas, tales como: Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos, arbóreos o herbáceos y mosaico de pastos y cultivos. |
| Alta | | Hace referencia a las áreas con vegetación tipo pasturas, con un tiempo de combustión alrededor de 1 hora, las cuales presentan un contenido de biomasa que oscila entre 1 y 50 ton/ha. En esta categoría se pueden encontrar las siguientes coberturas: Pastos limpios, enmalezados o arbolados. |
| Moderada | | Corresponde a las zonas con cobertura vegetal arbolada, arbustiva y/o herbácea con un tiempo de combustión alrededor de 10 horas, las cuales presentan un contenido de biomasa entre 1 y 100 ton/ha. Esta categoría de susceptibilidad se presenta principalmente en la vegetación secundaria baja, herbazal denso, arbustal abierto mesófilo, arbustal denso y en los cultivos de hortalizas y arroz. |
| Baja | | Hace referencia a las áreas con vegetación arbórea, con una carga total de combustible superior a las 100 ton/ha, las cuales presentan un tiempo de ignición de 100 Horas. En esta categoría se encuentran los cultivos permanentes arbóreos, bosque fragmentado, Bosque abierto, Manglar denso alto, bosque de galería y ripario, plantación de latifoliadas y los cultivos de Guayaba, Mango y Palma de aceite. |
| Muy Baja | | Corresponde a las áreas urbanas y zonas no combustibles tales como: Ríos, vías, tierras desnudas y degradadas, tejido urbano continuo o discontinuo, playas, lagunas, lagos y ciénagas naturales, zonas pantanosas, cuerpos de agua artificiales, arenales, lagunas costeras, obras hidráulicas y canales. |

**Figura 4.32. Susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal**



### 4.1.4. Susceptibilidad a Avenidas Torrenciales

Las avenidas torrenciales son una amenaza natural muy común y posiblemente la menos estudiada en Colombia; sin embargo, causan grandes pérdidas en vidas humanas e infraestructura. Solamente entre 1985 y 1995, más de 40 avenidas torrenciales altamente destructivas ocurrieron en el país, con más de 200 pérdidas de vidas humanas y cuantiosos daños a viviendas, sistemas de generación de energía, carreteras y tierras cultivables (INGEOMINAS, 1996).

El término avenida torrencial enmarca un gran número de flujos torrenciales o aumentos en el nivel del cauce con una mezcla heterogénea de solidos (sedimentos, vegetación) que se desplazan a gran velocidad normalmente donde se identifica cambios abruptos de pendiente. A partir del tipo de material presente se pueden definir una gran variedad de procesos teniendo en cuenta la heterogeneidad del flujo.

Estos fenómenos se originan comúnmente en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas presentan fuertes vertientes por efecto de fenómenos hidrometeorológicos intensos cuando en un evento de lluvias se superan valores de precipitación pico en pocas horas.

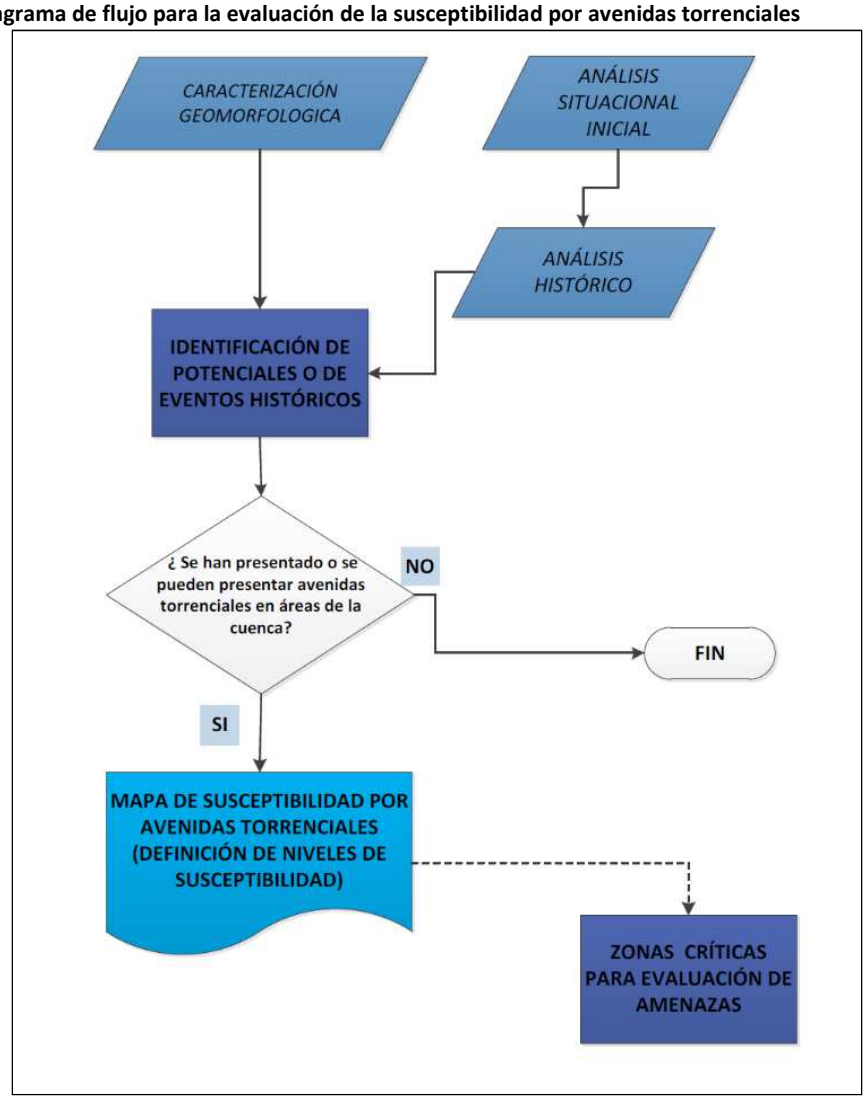
Esto genera la saturación de los materiales de las laderas facilitando el desprendimiento del suelo, produciéndose de esta manera numerosos desgarres superficiales y deslizamientos cuyo material cae al cauce y es transportado inmediatamente aguas abajo o queda inicialmente represado y luego, una vez que se rompe el represamiento, es transportado violentamente de forma repentina (Urrea, 1996, Rendón, 1997; OSSO – La Red, 2003; Castro, 2007). En otros casos puede que no haya rupturas en las vertientes de los ríos originados por la lluvia, simplemente el material que ya se encontraba en el cauce con mucha anterioridad es arrastrado aguas abajo por la creciente.

En la parte superior de las vertientes o zona de montaña, donde las corrientes están encajonadas, la avenida torrencial afecta usualmente un área pequeña a lo largo del cauce, pero una vez la pendiente disminuye en la zona de transición, el área afectada se incrementa debido a que se genera la depositación del material arrastrado formando los llamados conos o abanicos. Aunque es factible delimitar estos abanicos por las características geomorfológicas de la zona, no es posible definir un rumbo preciso para el flujo torrencial, ya que las obstrucciones y zonas de deposición que se producen durante el evento ocurren con un rumbo inestable e impredecible (Integral, 1990 en Urrea, 1996).

#### 4.1.4.1. *Metodología para la evaluación y zonificación de la susceptibilidad por Avenidas Torrenciales*

La metodología utilizada para la evaluación y zonificación de la susceptibilidad por avenidas torrenciales en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, se siguieron los parámetros establecidos y procedimientos efectuados de forma sistemática para determinar la caracterización y análisis de la zonificación. El procedimiento realizado se condensa en la Figura 4.33, actividades realizadas a partir de la recopilación y evaluación de los eventos históricos integrándolos con la información obtenida en campo, caracterización geomorfológica y el análisis situacional realizado, siguiendo los pasos establecidos en el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.

**Figura 4.33. Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por avenidas torrenciales**




Fuente: Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas

4.1.4.2. *Resultados Obtenidos en el análisis de susceptibilidad de amenaza por Avenidas Torrenciales.*

Se realizaron análisis de imágenes satelitales para la determinación de áreas susceptibles a la ocurrencia de avenidas torrenciales, tomando esta información desde el componente geomorfológico en la calificación de la temática como se observa en la Figura 4.34, integrando esta con el reporte de las comunidades, datos recopilados en los diarios de ruta establecidos para la gestión del riesgo (Figura 4.35) donde se localizaron y se validaron con análisis geomorfológicos calificando las zonas susceptibles a presentar avenidas torrenciales en el área de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Figura 4.34. Análisis de imágenes satelitales para la determinación de áreas ocurrentes a eventos por avenidas torrenciales**

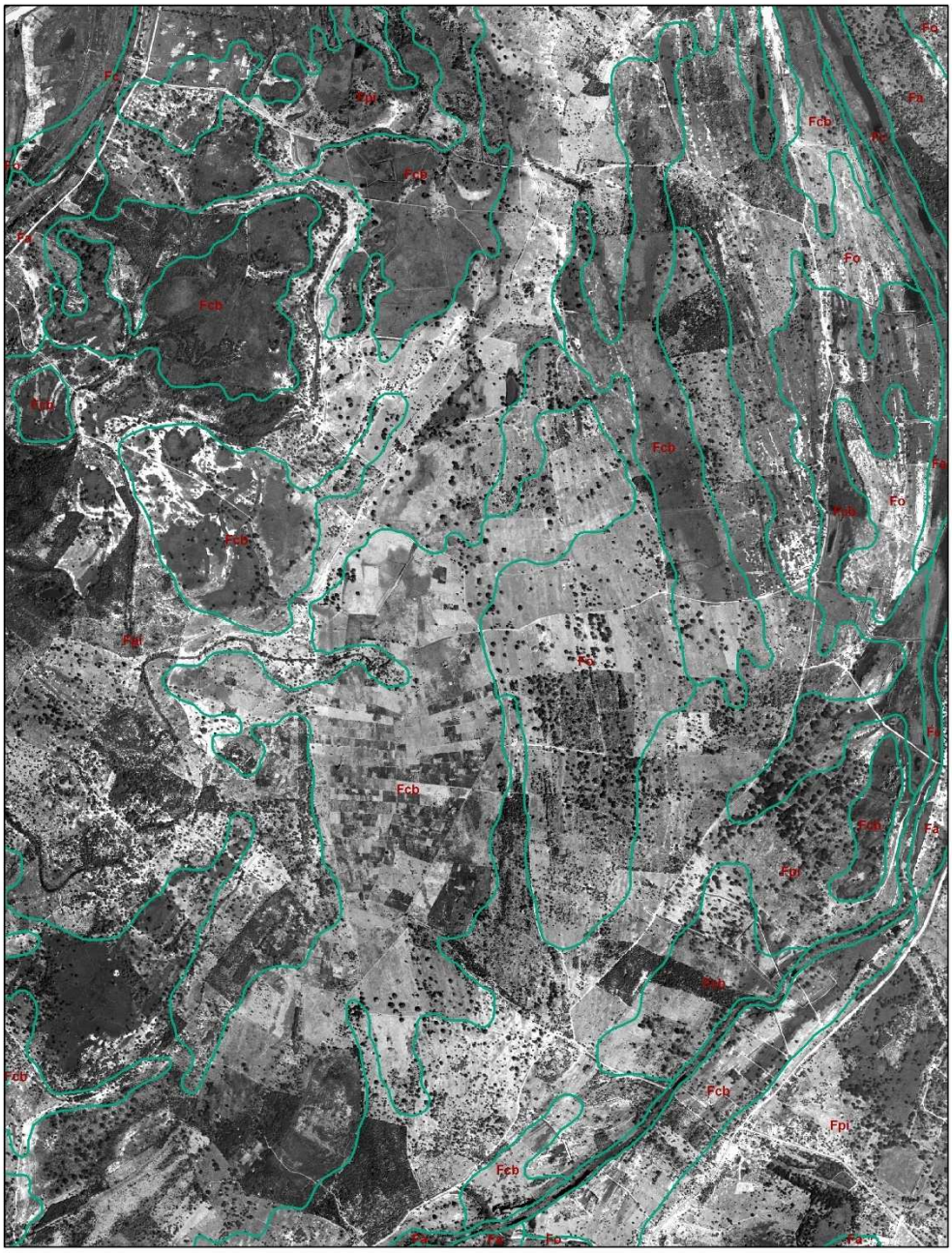
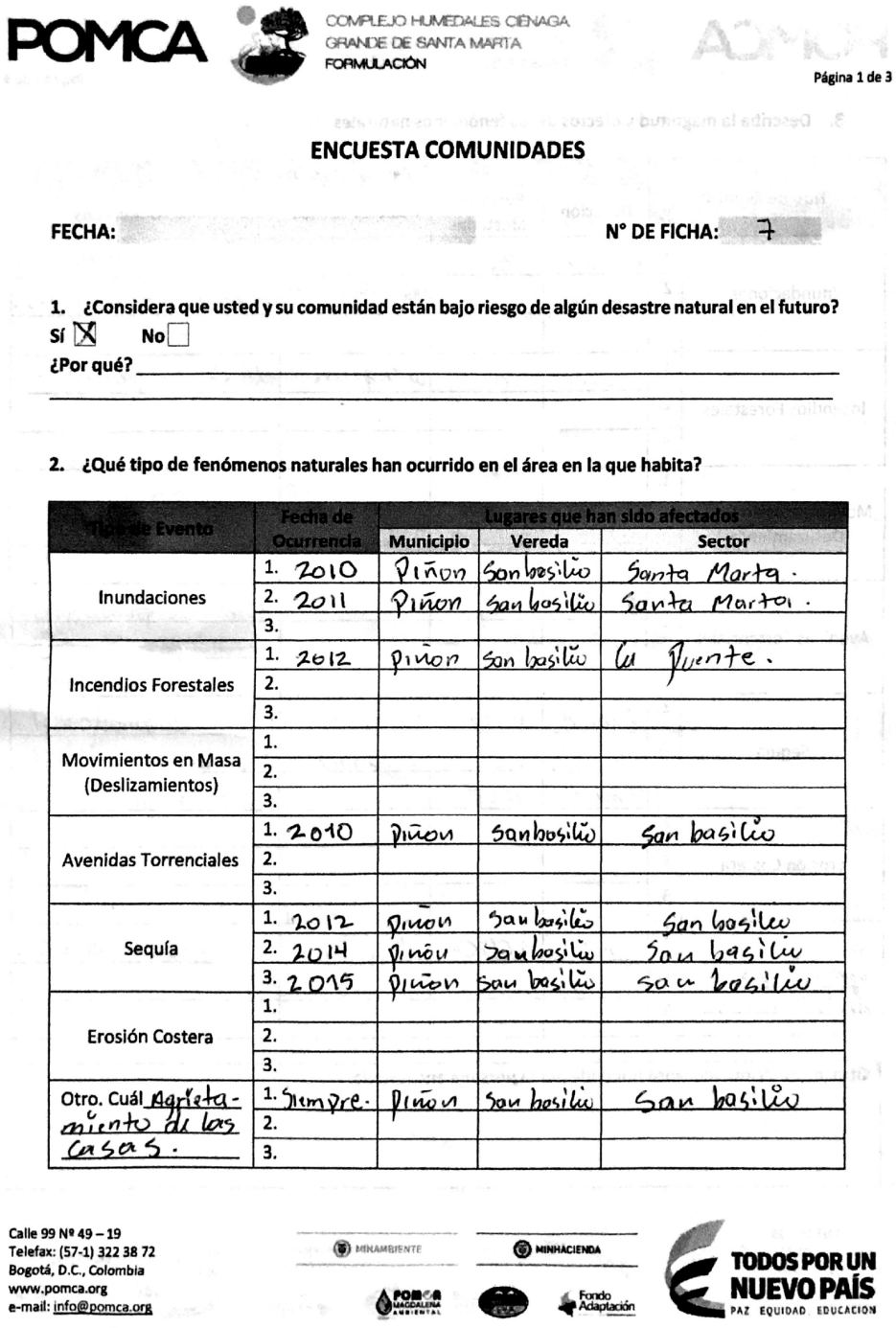


**Figura 4.35. Formato establecido en la obtención de información aportada por las comunidades para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por avenidas torrenciales para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**



COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA FORMULACIÓN

Página 1 de 3

## ENCUESTA COMUNIDADES

**FECHA:** **N° DE FICHA:** 7

**1. ¿Considera que usted y su comunidad están bajo riesgo de algún desastre natural en el futuro?**

**Sí** [X] **No** [ ]

**¿Por qué?** _____

**2. ¿Qué tipo de fenómenos naturales han ocurrido en el área en la que habita?**

| Tipo de Evento | Fecha de Ocurrencia | Lugares que han sido afectados | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Municipio | Vereda | Sector |
| Inundaciones | 1. 2010 | Piñon | San basilio | Santa Marta. |
| | 2. 2011 | Piñon | San basilio | Santa Marta. |
| | 3. | | | |
| Incendios Forestales | 1. 2012 | piñon | San basilio | La fuente. |
| | 2. | | | |
| | 3. | | | |
| Movimientos en Masa (Deslizamientos) | 1. | | | |
| | 2. | | | |
| | 3. | | | |
| Avenidas Torrenciales | 1. 2010 | piñon | sanbasilio | San basilio |
| | 2. | | | |
| | 3. | | | |
| Sequía | 1. 2012 | piñon | San basilio | San basilio |
| | 2. 2014 | piñon | San basilio | San basilio |
| | 3. 2015 | piñon | San basilio | San basilio |
| Erosión Costera | 1. | | | |
| | 2. | | | |
| | 3. | | | |
| Otro. Cuál Agrieta-miento de las casas. | 1. Siempre. | piñon | San basilio | San basilio |
| | 2. | | | |
| | 3. | | | |

Calle 99 Nº 49 – 19
Telefax: (57-1) 322 38 72
Bogotá, D.C., Colombia
www.pomca.org
e-mail: info@pomca.org

MINAMBIENTE MINHACIENDA TODOS POR UN NUEVO PAÍS PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

POMCA
COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA FORMULACIÓN



**3. Describa la magnitud y efectos de los fenómenos naturales**

| Tipo de Evento | | Pérdidas y/o Daños | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Duración | Personas afectadas | Posibles Causas | Daños Generados |
| Inundaciones | 1. | 6 meses | 30 | Desbordamiento del arroyo | Daños en los inmuebles. |
| | 2. | 4 meses | 30 | Desbordamiento de arroyo | Daños en los inmuebles. |
| | 3. | | | | |
| Incendios Forestales | 1. | 3 días | 8 | la sequia | Muerte de ganado. |
| | 2. | | | | |
| | 3. | | | | |
| Movimientos en Masa (Deslizamientos) | 1. | | | | |
| | 2. | | | | |
| | 3. | | | | |
| Avenidas Torrenciales | 1. | 6 meses | 1000. | invierno | Muerte de ganado, y flora |
| | 2. | | | | |
| | 3. | | | | |
| Sequía | 1. | 6 meses | 1000 | Verano | Muerte de ganado y flora |
| | 2. | 6 meses | 1000 | Verano | Muerte de ganado y flora |
| | 3. | 8 meses. | 1000. | Verano | Muerte de ganado y flora |
| Erosión Costera | 1. | | | | |
| | 2. | | | | |
| | 3. | | | | |
| Otro. Cuál agrietamiento de las casas | 1. | Siempre. | 1000 | la resequedad del terreno. | Caida de las casas. |
| | 2. | | | | |
| | 3. | | | | |

**Otra información relevante brindada por la persona encuestada:**

Calle 99 Nº 49 – 19
Telefax: (57-1) 322 38 72
Bogotá, D.C., Colombia
www.pomca.org
e-mail: info@pomca.org



Carrera 47A Nº 98 – 67/73
Teléfono: (57-1) 645 61 34
Bogotá, D.C., Colombia
www.pomca.org
e-mail: info@pomca.org

MINAMBIENTE MINHACIENDA
POMCA MAGDALENA AMBIENTAL Fondo Adaptación
TODOS POR UN NUEVO PAÍS PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

POMCA
COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA FORMULACIÓN



**PERSONA ENCUESTADA** 3

| | |
|---|---|
| **Nombre** | Alberto Borjo, Adriana Borjo, Serafina de Dolor. |
| **Municipio, Vereda, Dirección** | San basilio |
| **Teléfono** | 3215046148, 3116488895. |

**Edad aproximada de la persona encuestada**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 15-20 | ☐ | 41-50 | ☐ |
| 21-30 | ☒ | 51-75 | ☐ |
| 31-40 | ☒ | 76-100 | ☐ |

**Observaciones de la persona que encuesta:**
en el 2015 hubo un sismo por el cesar y aca se sintio y las casas se rajaron mas de lo que estaban y las posas secticas se derrumbaron.

Calle 99 Nº 49 – 19
Telefax: (57-1) 322 38 72
Bogotá, D.C., Colombia
www.pomca.org
e-mail: info@pomca.org

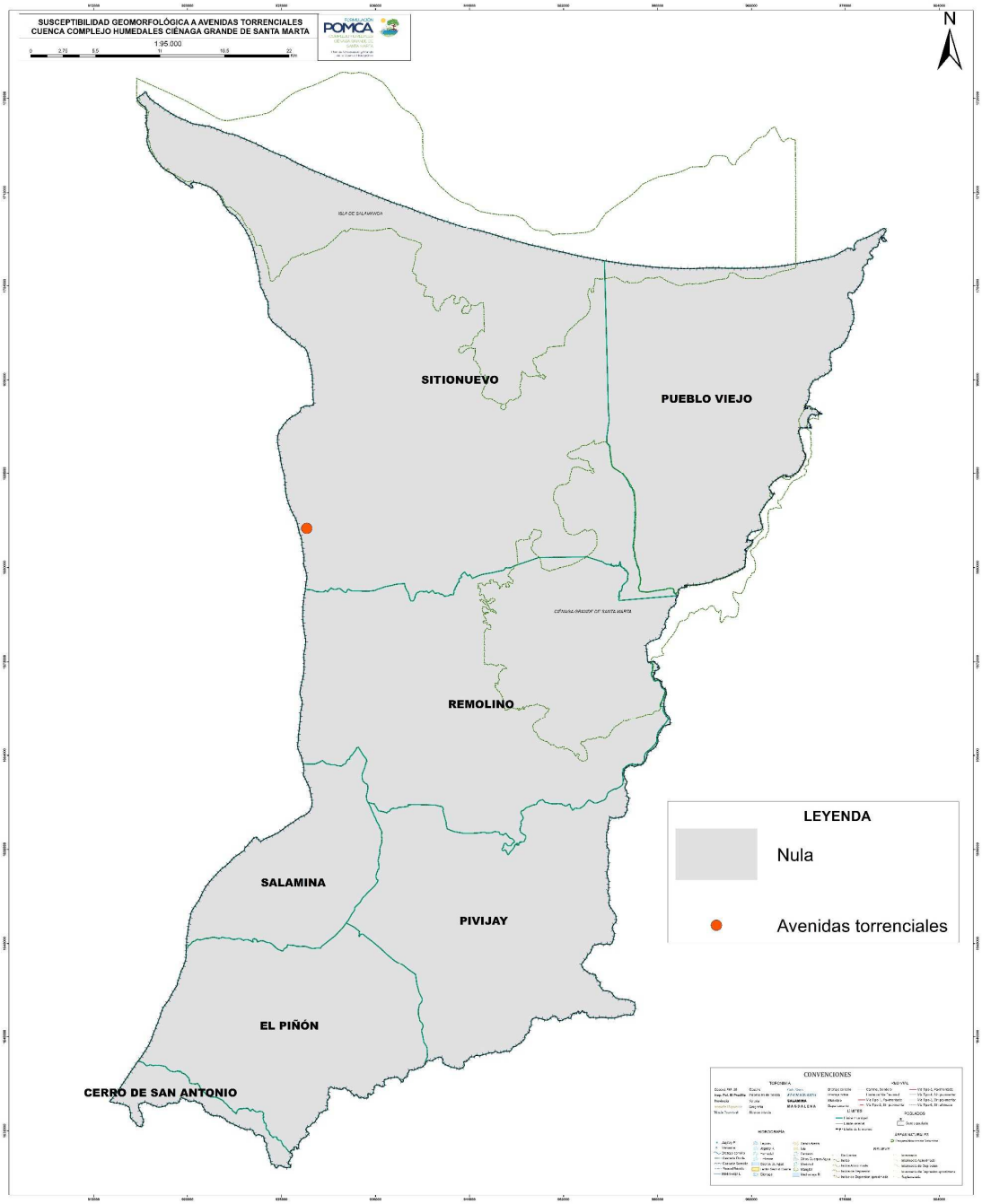


Carrera 47A Nº 98 – 67/73
Teléfono: (57-1) 645 61 34
Bogotá, D.C., Colombia
www.pomca.org
e-mail: info@pomca.org

MINAMBIENTE MINHACIENDA TODOS POR UN NUEVO PAÍS PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN
POMCA MAGDALENA AMBIENTAL · Fondo Adaptación

Tomando en consideración la anterior información, se realiza una superposición de la calificación geomorfológica y el reporte de eventos históricos recopilados a partir de las bases de datos como Desinventar, unidad nacional de gestión del riesgo y desastres, servicio geológico colombiano y reportes de las comunidades, tal como se muestra en la Figura 4.36.

**Figura 4.36. Calificación de subunidades geomorfológicas integrada con el reporte de eventos históricos.**



Al realizar el análisis en conjunto de la calificación geomorfológica y el reporte de eventos históricos los cuales pueden estar asociados a la dinámica erosiva del río Magdalena y las comunidades la toman como un proceso de avenida torrencial, aun cuando no lo sea. Se determinan las probables áreas a recurrencia de avenidas torrenciales, las cuales presentan características similares por la morfología de la cuenca, teniendo en cuenta los parámetros estableciendo la relación de las subunidades geomorfológicas con la ocurrencia a generar eventos de avenidas torrenciales tal como se muestra en la Tabla 4.24.

**Tabla 4.24. Caracterización geomorfológica relacionada con procesos morfodinámicos**

| Región geomorfológica | Código | Unidad y subunidad geomorfológica | Litología | Relieve | Procesos morfodinámicos |
|---|---|---|---|---|---|
| Ambiente Denudacional | Dld | Laderas de lomas denudacionales | Depósitos poco consolidados de arenitas, lodolitas | Bajo | Escurrimiento superficial difuso |
| Ambiente Marino | Mpy | Llanura marina: Playa | Depósito de arenas transportadas por el oleaje | Muy Bajo | Erosión costera e inundaciones por oleaje |
| | Mbe | Llanura marina: Barra espiga | Depósito de arenas y lodos | Muy Bajo | Inundaciones por oleaje |
| | Mpml | Llanura marina: Plano de marea lodoso | Depósito de limos y arenas | Muy Bajo | Encharcamientos e inundaciones |
| | Mlc | Llanura marina: Laguna costera | Depósitos de arenas finas, limos y arcillas | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Mpmm | Llanura marina: Plano de marea con manglar | Depósito de arenas, limos con vegetación halófita y abundante materia orgánica | Muy Bajo | Inundaciones |
| Ambiente Eólico | Ela | Llanura eólica: Llanura arenosa | Depósito de arenas transportadas por el viento | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Ema | Llanura eólica: Manto de arena | Depósito de arenas | Muy Bajo | Inundaciones |
| Ambiente Fluvial | Fdl | Delta | Arenas finas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fpt1 | Plano de terraza aluvial nivel 1 | Arenas finas y limos | Muy Bajo | Encharcamientos |
| | Fpt2 | Plano de terraza aluvial nivel 2 | Arenas finas | Muy Bajo | Escurrimiento superficial difuso |
| | Fcd | Llanura de inundación: Cuencas de decantación | Depósito de limos y arenas finas | Muy Bajo | Encharcamientos e inundaciones |
| | Fo | Llanura de inundación: Orillares | Depósito de arenas | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fc | Llanura de inundación: Cauce | Arenas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fcq | Llanura de inundación: Cauce de quebradas | Gravilla, arenas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fa | Llanura de inundación: Albardones | Depósito de arenas finas | Muy Bajo | Escurrimiento superficial difuso |

| Región geomorfológica | Código | Unidad y subunidad geomorfológica | Litología | Relieve | Procesos morfodinámicos |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fpi | Llanura de inundación: Planicie de inundación | Depósito de arenas muy finas | Muy Bajo | Encharcamientos |
| | Fcb | Llanura de inundación: Cubeta de desborde | Depósito de arenas muy finas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fca | Llanura de inundación: Cauce abandonado | Arenas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fba | Llanura de inundación: Banco de arena | Depósito de arenas | Muy Bajo | Inundaciones |

En la evaluación de la susceptibilidad a avenidas torrenciales se integra además el índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET), el cual es el resultado de la relación entre el índice morfométrico y el índice de variabilidad. Para la determinación de los índices morfométricos de torrencialidad por subcuenca, se realiza la evaluación de la información hidrológica y morfológica de la cuenca como la escala y el área de la cuenca de drenaje ($km^2$) categorizándolas a partir de la densidad de drenaje ($km/km^2$), pendiente media de la cuenca (%) y el coeficiente de compacidad (Tabla 4.25).

Se establecen cinco categorías, de acuerdo con los valores promedio obtenidos de las variables anteriormente indicadas, mientras estos valores sean mayores, determinara una mayor tendencia a presentar procesos por avenidas torrenciales permitiendo deducir una mayor vulnerabilidad a este tipo de procesos (Tomado y modificado de IDEAM, 2011e) como se muestra en la Tabla 4.26.

**Tabla 4.25. Relaciones para categorizar el índice morfométrico para cada cuenca de segundo nivel subsiguiente**

| Índice morfométrico | Escala | Área de la cuenca de drenaje (km2) | Categorías | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Densidad de drenaje (km/km2) | 1:10.000 | <15 | <1,50 | 1,51 - 2,00 | 2,01 - 2,50 | 2,51 - 3,00 | >3 |
| | 1:25.000 | 16 a 50 | <1,20 | 1,21 - 1,80 | 1,81 - 2,00 | 2,01 - 2,50 | >2,5 |
| | 1:100.000 | >50 | <1,00 | 1,01 - 1,50 | 1,51 - 2,00 | 2,01 - 2,50 | >2,5 |
| | | | Baja | Moderada | Moderada Alta | Alta | Muy Alta |
| Pendiente media de la cuenca (%) | 1:10.000 | <15 | <20 | 21 - 35 | 36 - 50 | 51 - 75 | >75 |
| | 1:100.000 | >50 | <15 | 16 - 30 | 30 - 45 | 46 - 65 | >65 |
| | | | Accidentado | Fuerte | Muy Fuerte | Escarpado | Muy Escarpado |
| Coeficiente de compacidad | | | <1,625 | 1,376 - 1,500 | 1,251 - 1,375 | 1,126 - 1,250 | 1,00 - 1,125 |
| | | | Oval - oblonga a rectangular - oblonga | Oval - redonda a oval - oblonga | | Casi redonda a oval - redonda | |

Fuente: Rivas y Soto (2009)

**Tabla 4.26. Índices morfométricos de torrencialidad obtenidos para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**

| CÓDIGO | NOMBRE | ÁREA (km2) | Coeficiente de compacidad | Densidad de drenaje | Pendiente media de la cuenca | Área cuenca (km2) | Categoría por drenaje | Categoría por pendiente | Categoría por coeficiente de compacidad | Índice morfométrico | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 290601-0101 | Caño Schiller entre El Jagüey y SFF CGSM | 26,03 | 2,15 | 0,14 | 0,34 | 16-50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |
| 290601-0102 | Complejo Ciénaga Playazo | 58,28 | 1,39 | 0,17 | 0,04 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 2 - De oval redonda a oval oblonga | 112 | Muy Baja |
| 290601-0103 | Caño Schiller entre La Loma y El Jagüey | 85,13 | 1,67 | 1,49 | 0,36 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |
| 290601-0104 | Caño Schiller entre el rio Magdalena y La Loma | 185,38 | 1,64 | 2,33 | 0,67 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |
| 290601-0105 | Arroyo Pacheco y otros directos al Caño Schiller | 195,77 | 1,40 | 2,64 | 0,61 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 2 - De oval redonda a oval oblonga | 112 | Muy Baja |
| 290601-0106 | Arroyos Palma de Vino, Pertuz y Los Puercos | 104,01 | 1,95 | 0,46 | 0,22 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |
| 290601-0200 | Caños Hondo, El Loro y otros directos al rio Magdalena | 91,07 | 1,30 | 0,84 | 0,31 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 3 - De oval redonda a oval oblonga | 113 | Muy Baja |
| 290601-0301 | Complejo Ciénaga de Buenavista | 163,01 | 1,59 | 0,31 | 0,20 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |
| 290601-0302 | Complejo Ciénaga El Diluvio | 108,48 | 1,90 | 0,45 | 0,24 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |

| CÓDIGO | NOMBRE | ÁREA (km2) | Coeficiente de compacidad | Densidad de drenaje | Pendiente media de la cuenca | Área cuenca (km2) | Categoría por drenaje | Categoría por pendiente | Categoría por coeficiente de compacidad | Índice morfométrico | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 290601-0400 | Complejo Caño El Salado | 162,21 | 1,45 | 0,33 | 0,17 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 2 - De oval redonda a oval oblonga | 112 | Muy Baja |
| 290601-0501 | Complejo Cenagoso-Sector Palermo | 130,34 | 1,60 | 0,06 | 0,33 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |
| 290601-0502 | Complejo Cenagoso-Sector Sitionuevo | 94,43 | 1,48 | 0,19 | 0,21 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 2 - De oval redonda a oval oblonga | 112 | Muy Baja |
| 290601-0503 | Caño Los Micos | 55,56 | 1,74 | 0,22 | 0,48 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |
| 290601-0600 | Complejo de Ciénagas Vía Parque Isla Salamanca | 134,34 | 1,64 | 1,08 | 0,07 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |
| 290601-0700 | Complejo Lagunar Ciénaga Grande | 1190,20 | 1,89 | 0,32 | 0,02 | >50 | 1 - Baja | 1 - Accidentado | 1 - De oval oblonga a rectangular oblonga | 111 | Muy Baja |

El índice de variabilidad se obtiene de la curva de duración de caudales, donde se identifica como es la variabilidad de los caudales en el área de la cuenca y a partir de allí analizar la capacidad de transporte en los mismos. La curva de duración de caudales al ser graficada en escala logarítmica, muestra una tendencia lineal, de la cual se puede obtener el índice de variabilidad que se expresa mediante la siguiente expresión:

**Índice de variabilidad = (Log(Qi) – Log(Qf)) / (Log(Xi) – Log(Xf))**

Donde, Qi y Qf representan dos caudales tomados de la curva de duración de caudales, y Xi y Xf los porcentajes de tiempo en que se exceden los caudales Qi y Qf, respectivamente como se muestra en la Tabla 4.27 (IDEAM 2013).

**Tabla 4.27. Clasificación del Índice de Variabilidad**

| Índice de variabilidad | Vulnerabilidad |
|---|---|
| <10° | Muy Baja |
| 10,1° - 37° | Baja |
| 37,1° - 47° | Media |
| 47,1° - 55° | Alta |
| >55° | Muy Alta |

Fuente: IDEAM, 2013

El índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales indica la relación existente entre las características de la forma de una cuenca que son indicativos de la torrencialidad en la misma, en relación con las condiciones hidrológicas en dicha cuenca (IDEAM 2013). En la Tabla 4.28 se muestra la clasificación de los índices de vulnerabilidad a eventos torrenciales el cual se expresa a partir de la integración de los índices morfométricos y de variabilidad teniendo en cuenta las categorizaciones presentes en cada uno de los índices.

**Tabla 4.28. Clasificación del Índice de vulnerabilidad frente a Eventos Torrenciales (IVET)**

| Índice de Variabilidad | Índice morfométrico de torrencialidad | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Muy baja** | **Baja** | **Media** | **Alta** | **Muy alta** |
| **Muy baja** | Baja | Baja | Media | Alta | Alta |
| **Baja** | Baja | Media | Media | Alta | Muy alta |
| **Media** | Baja | Media | Alta | Alta | Muy alta |
| **Alta** | Media | Media | Alta | Muy alta | Muy alta |
| **Muy alta** | Media | Alta | Alta | Muy alta | Muy alta |

Fuente: IDEAM, 2013.

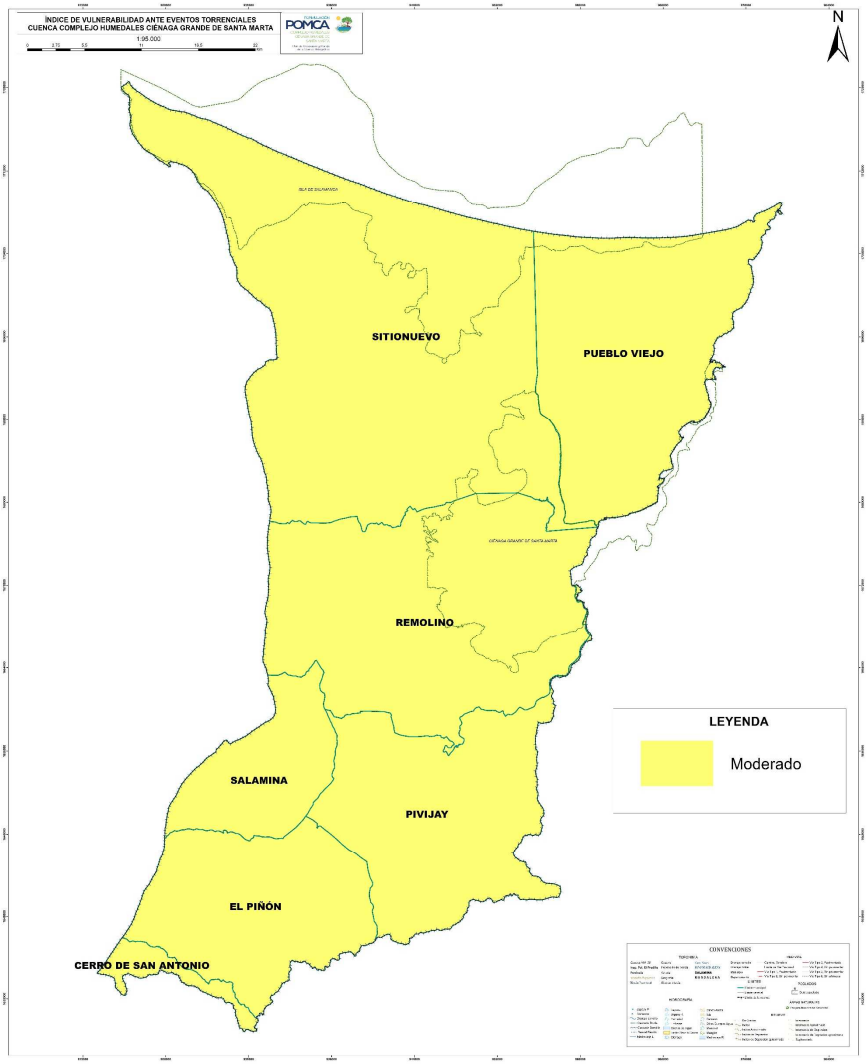
En la determinación de los índices morfométricos y de variabilidad, se obtiene el índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) para las cuencas de segundo nivel subsiguiente en el área de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta (Tabla 4.29 y 0).

**Tabla 4.29. Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) para el área de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**

| CÓDIGO | NOMBRE | ÁREA (km2) | Índice morfométrico | | Índice de Variabilidad | | IVET |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 290601-0101 | Caño Schiller entre El Jagüey y SFF CGSM | 26,03 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0102 | Complejo Ciénaga Playazo | 58,28 | 112 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0103 | Caño Schiller entre La Loma y El Jagüey | 85,13 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0104 | Caño Schiller entre el rio Magdalena y La Loma | 185,38 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0105 | Arroyo Pacheco y otros directos al Caño Schiller | 195,77 | 112 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0106 | Arroyos Palma de Vino, Pertuz y Los Puercos | 104,01 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0200 | Caños Hondo, El Loro y otros directos al rio Magdalena | 91,07 | 113 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |

| CÓDIGO | NOMBRE | ÁREA (km2) | Índice morfométrico | | Índice de Variabilidad | | IVET |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 290601-0301 | Complejo Ciénaga de Buenavista | 163,01 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0302 | Complejo Ciénaga El Diluvio | 108,48 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0400 | Complejo Caño El Salado | 162,21 | 112 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0501 | Complejo Cenagoso-Sector Palermo | 130,34 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0502 | Complejo Cenagoso-Sector Sitionuevo | 94,43 | 112 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0503 | Caño Los Micos | 55,56 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0600 | Complejo de Ciénagas Via Parque Isla Salamanca | 134,34 | 111 | Muy Baja | 50,70 | Alta | Media |
| 290601-0700 | Complejo Lagunar Ciénaga Grande | 1190,20 | 111 | Muy Baja | 65,17 | Muy alta | Media |

**Figura 4.37. Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales.**



A partir del análisis de la calificación geomorfológica teniendo en cuenta las subunidades que presentan un nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de avenidas torrenciales se analizaron las principales formas del terreno asociadas a ambientes morfogenéticos de origen fluvial, con esto se integró los índices de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) para cada cuenca de segundo nivel subsiguiente y los eventos históricos reportados, de acuerdo a esto se interpretaron los parámetros establecidos haciendo una relación de la información como se muestra en la Tabla 4.30, determinando la susceptibilidad de amenaza por avenidas torrenciales para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Tabla 4.30. Clasificación de la susceptibilidad de amenaza por avenidas torrenciales**

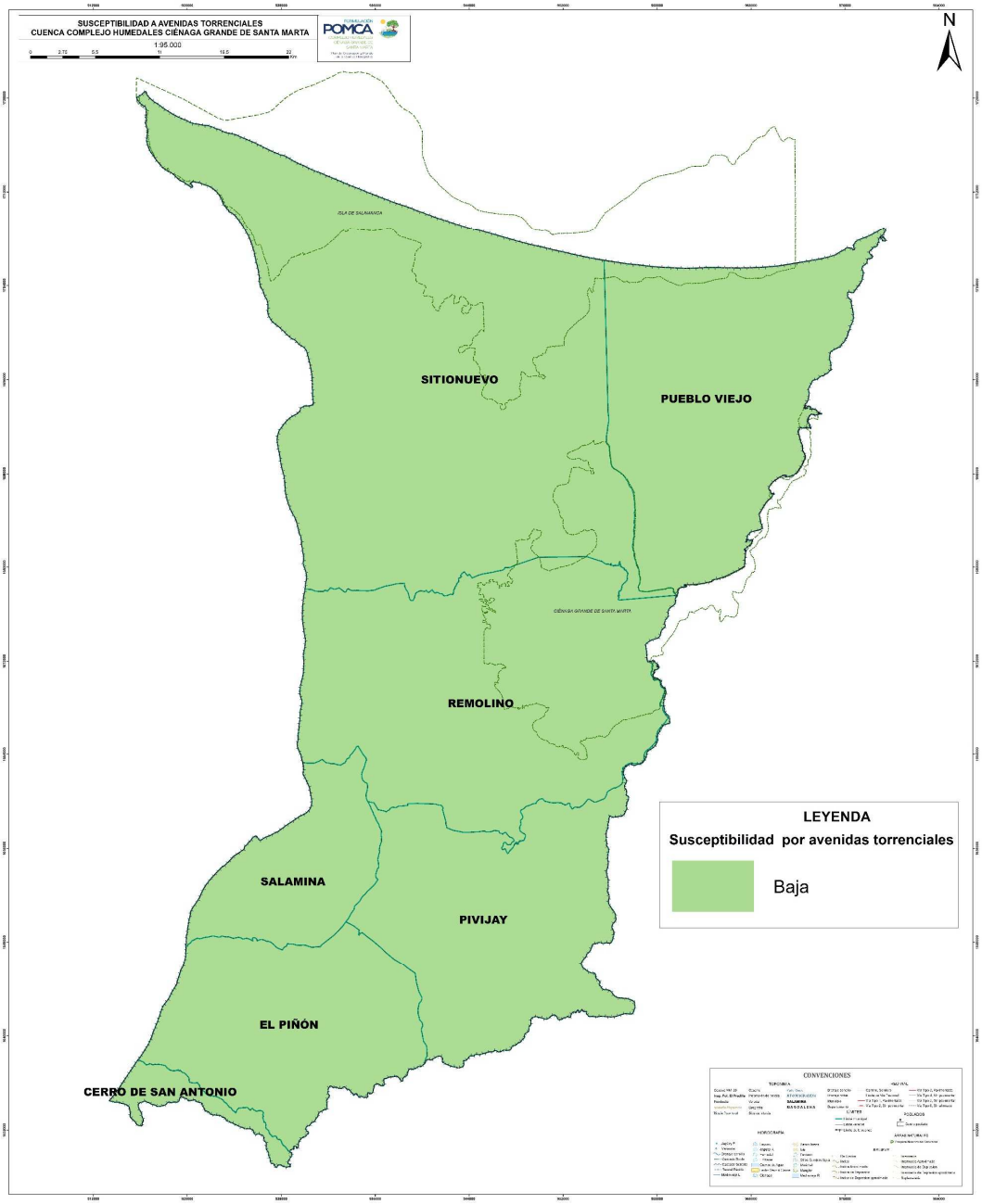
| AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Calificación de subunidades geomorfológicas susceptibles a eventos torrenciales** | **IVET** | | | |
| | **Baja** | **Media** | **Alta** | **Muy Alta** |
| **Nula** | Nula | Baja | Baja | Baja |
| **Baja** | Baja | Baja | Media | Media |
| **Media** | Baja | Media | Media | Alta |
| **Alta** | Media | Media | Alta | Alta |

Clasificación realizada a partir de la calificación geomorfológica, eventos históricos reportados y el análisis de imágenes integrada con el índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

A partir de la integración de la información temática obtenida y su respectivo procesamiento se identificó una categoría de amenaza, obteniendo así la zonificación de susceptibilidad por avenidas torrenciales (Figura 4.38).

En el Anexo 9 se presenta el mapa de Susceptibilidad a avenidas torrenciales para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Figura 4.38. Susceptibilidad a avenidas torrenciales para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**




La susceptibilidad de amenaza por avenidas torrenciales en el área de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta presenta categoría baja en los sectores donde se identificaron los cauces de quebradas, planicies de inundación y cuencas de decantación, distribuida en toda el área de la cuenca.

Como se mencionó antes y en el capítulo de geología del componente físico, las características fisiográficas de esta cuenca no se relacionan con eventos de Avenidas torrenciales, pues es evidente que se trata de una zona plana en un 90% de su territorio, lo que no ubica al terreno dentro de una condición de ocurrencia alta ante este tipo de fenómenos. Adicionalmente, es prudente anotar que debido a la forma como se definió el límite de la cuenca hidrográfica del Complejo Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los ríos que drenan en ella (Aracataca, Fundación, Sevilla, y Río Frio) descendiendo de terrenos con topografías altas e inclinadas del flanco suroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentran por fuera del área de este estudio, por lo tanto, no se desarrolla el análisis de este tipo de fenómeno para esta cuenca.

Es necesario anotar, que en territorio contiguo a la cuenca, que se localiza en el costado noreste, el cual se encuentra por fuera del área de estudio, y que es conocido en la región como la zona de producción bananera que corresponde a jurisdicción de los municipios de Aracataca y Fundación, se están dando procesos agresivos de modificación de las condiciones físicas del terreno, principalmente por la construcción de diques y el desvió de los drenajes principales y secundarios, con lo cual se ha modificado el régimen de ingreso de agua dulce a la Ciénaga Grande de Santa Marta, al igual que su proceso de sedimentación. Esto está causando graves desequilibrios en el ecosistema de la ciénaga, y generando en parte otros inconvenientes para las comunidades como son las graves inundaciones y algunos procesos de remoción en masa y avenidas torrenciales en las partes topográficamente más altas.

**Figura 4.39. Inundaciones en Aracataca, producto del desbordamiento del Río Fundación.**



Fuente: Habitantes de #WasapeaAELHERALDO envían reportes de inundaciones en Aracataca, Magdalena #ReporteLluvia. 10:13 - 2 Oct 2016

Teniendo en cuenta la caracterización geomorfológica de la cuenca, a partir de las geoformas presentes en el área y la nula ocurrencia de eventos torrenciales reportados en la información secundaria y por la comunidad en las rutas realizadas para cada componente junto con la información adquirida en el panel de expertos para la gestión del riesgo realizado en el municipio de Pivijay, los actores no perciben algún nivel de amenaza por estos fenómenos.

**Figura 4.40. Panel de expertos para la gestión del riesgo realizado en el municipio de Pivijay, Magdalena.**



### 4.1.5. Susceptibilidad a Otros eventos

En la Identificación, Clasificación y Caracterización de los Fenómenos amenazantes y la Evaluación de la Amenaza para la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, no se incluye dentro de los alcances técnicos realizar el análisis de susceptibilidad, ni la definición de zonas críticas para otros eventos amenazantes, por lo tanto, los eventos amenazantes, definidos en el numeral 2.3.5 como Otros Eventos, se presentaran directamente dentro de la Evaluación y Zonificación de la Amenaza. Por lo tanto, no se desarrolla una metodología para su análisis de susceptibilidad, ni tampoco se definen zonas críticas para ellos.

Los eventos incluidos dentro de Otros eventos son: Erosión costera, Sequía, Sismos, Vendaval y Marejadas. Respecto a la sequía, de acuerdo con la metodología para el análisis de esta amenaza: índice estandarizado de precipitación (SPI), no es posible determinar un nivel de susceptibilidad antes de realizar la zonificación de la amenaza; es decir, que este método directamente entrega valores de amenaza, pero no de susceptibilidad. Por lo tanto, el tema de sequía se expone en el numeral 4.3.5, dentro de la evaluación y zonificación de la amenaza.

En cuanto a sismos, en términos de susceptibilidad, no es sencillo delimitar una zonificación para este tipo de fenómenos, y tanto el alcance de este documento como los insumos que se tienen para poder realizar un análisis de la susceptibilidad por sismos, dentro de la cuenca no permiten la rigurosidad que requiere un estudio de este tipo. Sin embrago, existe documentación confiable, que a nivel regional aporta al conocimiento sobre estos fenómenos desde la amenaza; por ello, no se profundiza en el desarrollo de una metodología para análisis de susceptibilidad, ni para la definición de áreas críticas, sino más bien se presentan los resultados del Mapa de Amenaza sísmica de Colombia, realizado por SGC y otras entidades quienes tienen las herramientas tecnológicas y científicas para determinar esta zonificación (ver numeral 3.3.5.3).

En cuanto a Erosión costera, Vendavales y Marejadas se presenta una breve referencia adaptada de la información secundaria disponible para esta zona.

## *4.2. DEFINICIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS*

La definición de áreas críticas es el paso intermedio entre el análisis de susceptibilidad y la evaluación y zonificación de las amenazas; consolida los resultados del primer ítem, y determina las zonas críticas que se procesaran dentro de la zonificación de amenazas para cada uno de los tipos de eventos amenazantes definidos en el documento de alcances técnicos. En este documento se presenta la definición de zonas críticas únicamente para: Inundaciones e Incendios Forestales.

De acuerdo con el documento mencionado se prevé el desarrollo de este ítem únicamente para las zonas que como resultado de Evaluación y Zonificación de Susceptibilidad se clasifiquen como de media y alta susceptibilidad, en tal virtud, los únicos eventos que presentan a continuación son Inundaciones e Incendios Forestales, pues como se explicó antes, en los respectivos ítems de zonificación de la susceptibilidad a movimientos de remoción en masa y por avenidas torrenciales, las condiciones fisiográficas del territorio la cuenca no dan para el desarrollo de este tipo de fenómenos, y es evidente que no existen dentro de la cuenca, por ello su zonificación por susceptibilidad es nula y en consecuencia no aplican para continuar con el proceso de zonificación de áreas críticas, análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

### 4.2.1. Áreas Críticas por Inundaciones

Los resultados de la zonificación por susceptibilidad a inundaciones fueron validados por los actores sociales de la cuenca durante el panel de gestión del riesgo; apreciación, que no dista mucho de los resultados obtenidos en el análisis técnico para susceptibilidad, donde como ya se mencionó se definieron sectores de alta, media, baja y nula susceptibilidad a inundaciones.

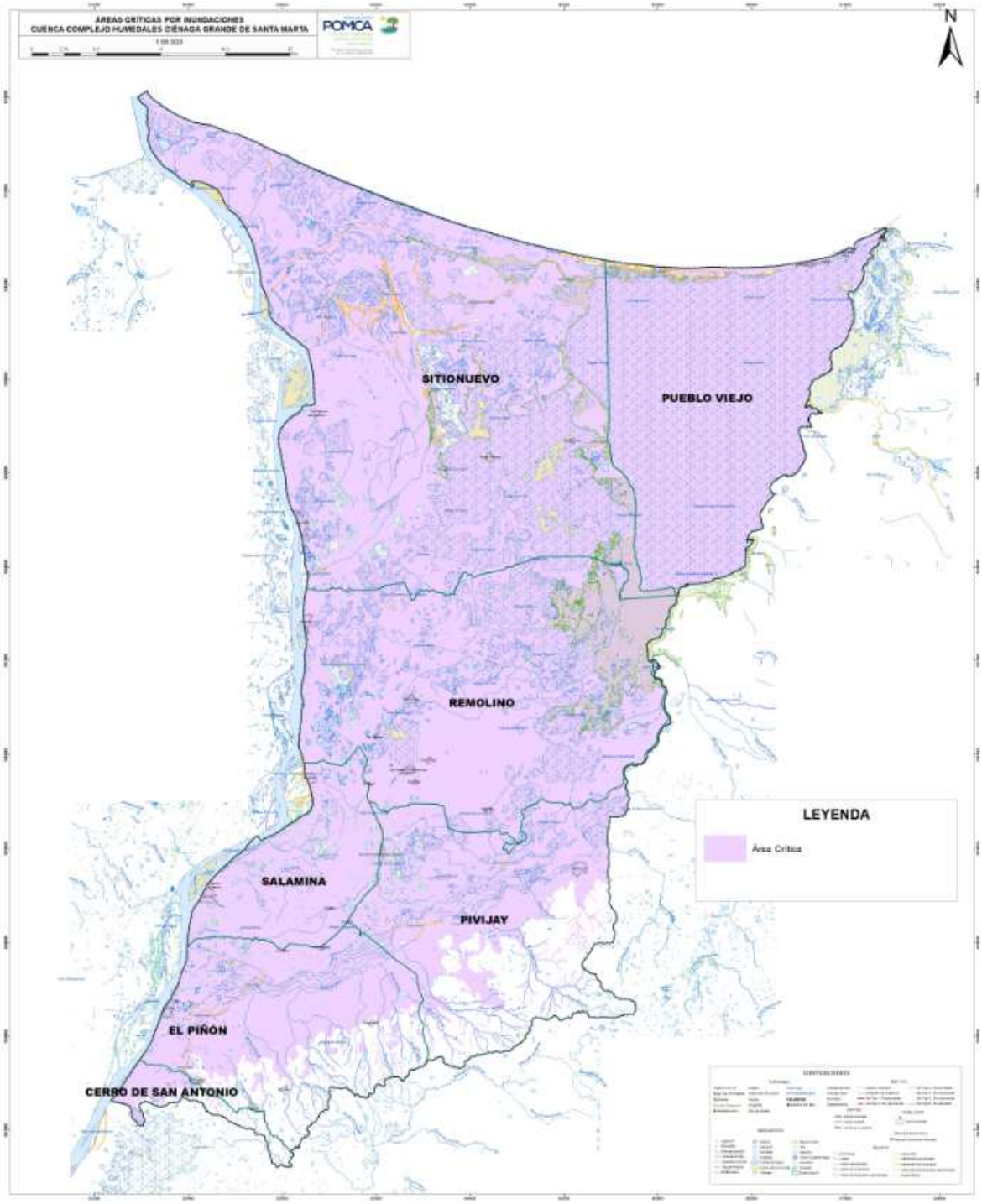
Luego del análisis contrastado de las diferentes fuentes de información, se definió el mapa de áreas críticas por inundación dando como resultado que el 92.08% del área total de la cuenca se encuentra en zona crítica frente a este fenómeno, mientras que el 7,93% restante, corresponde a zonas en las que usualmente no sufren afectaciones significativas por este tipo de eventos.

**Figura 4.41. Inundación en el corregimiento de Tasajera, sector obra mega colegio, octubre de 2016**



Fuente: http://www.eltiempo.com/multimedia/fotos/colombia14/inundados-la-embestida-de-la-cienaga-grande-y-el-mar-caribe-contra-los-pueblos-del-magdalena/16743953

**Figura 4.42. Área crítica por inundación en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.**



### 4.2.2. Áreas Críticas por Incendios forestales

Las áreas críticas por incendios son el resultado del contraste entre la información aportada por los actores estratégicos durante el panel de gestión del riesgo y los condensado en el análisis de susceptibilidad. Los habitantes de la cuenca, aseguraron que la generación de incendios forestales en la zona, es causado principalmente por actividades antrópicas (caza y limpieza de potreros para extender la frontera agrícola, generando afectaciones en áreas como: Martinete, Condazo, Sabanas, El Playón y en los alrededores de la Ciénaga de Buenavista.

Adicionalmente, se reportan en época seca numerosos eventos asociados a incendios forestales, como los ocurridos al inicio del año 2016, los cuales afectaron especialmente a las poblaciones de Pueblo Viejo, Pivijay y Sitio Nuevo.

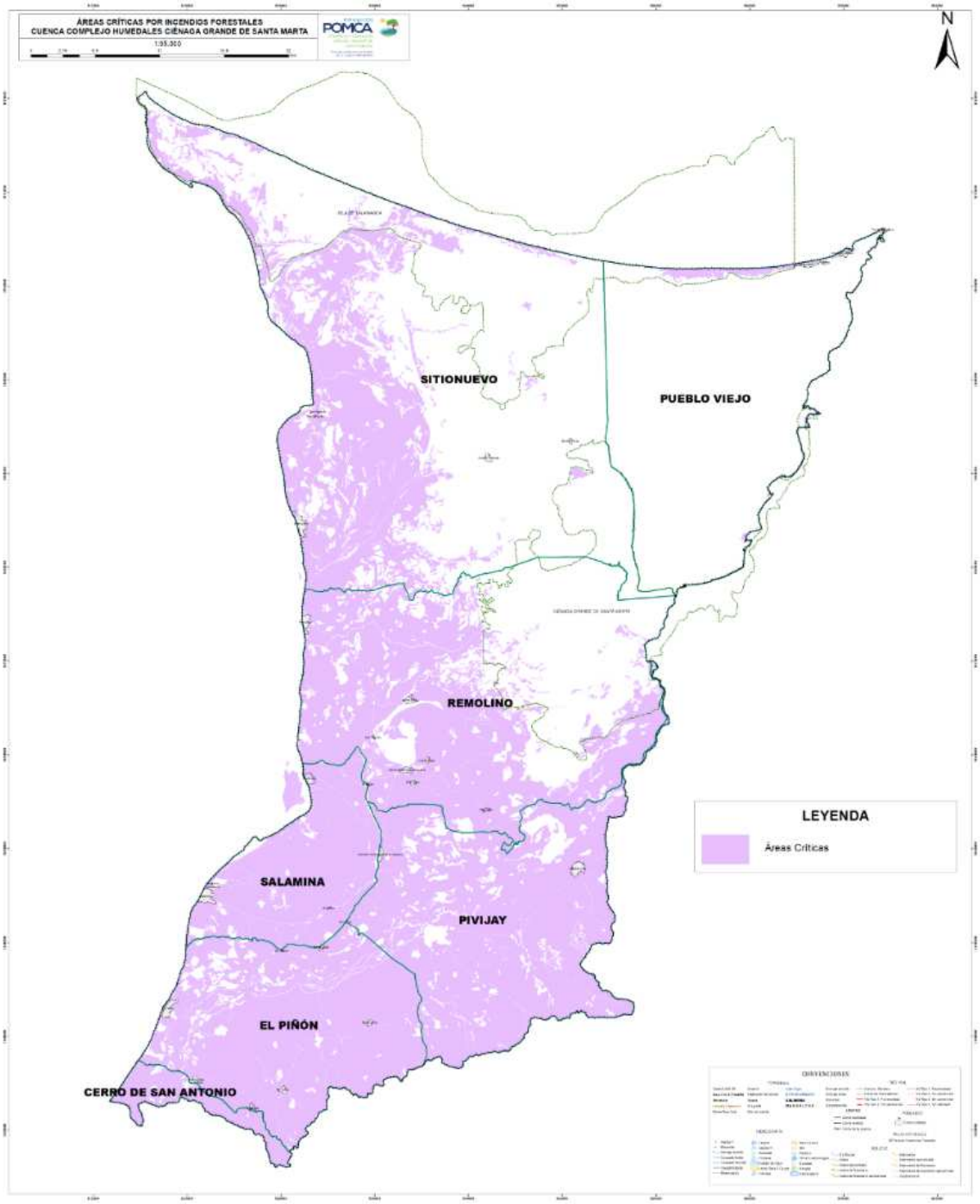
**Figura 4.43. Incendio forestal en la Ciénaga Grande de Santa Marta, mayo de 2014**



Fuente: http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/incendio-forestal-en-la-cienaga-grande-de-santa-marta-/14107415

Es así, como el análisis de todas las fuentes de información permitió definir las zonas de alta criticidad, en las cuales se evaluará y zonificará la amenaza, para el 50,76% del área total del territorio. Como se puede evidenciar en la Figura 4.43, las zonas críticas por incendios forestales son coincidentes con las áreas de alta y moderada susceptibilidad descritas en el numeral 3.1.4 del presente documento.

**Figura 4.44. Áreas críticas por incendios forestales en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta**



### 4.2.3. Áreas críticas por Otros eventos

Los fenómenos de Erosión costera, Sequía, Sismos, Vendavales y Marejadas corresponden a eventos a los cuales no se les puede dar un tratamiento detallado dentro de este documento en lo referente al análisis de susceptibilidad, por lo mismo, no es posible identificar áreas críticas para ellos y por tanto no se describen en este numeral, sino que se presentan de forma general directamente dentro de la Evaluación y zonificación de la amenaza.

## *4.3. EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA*

El tercer ítem dentro del proceso de identificación, clasificación y caracterización de fenómenos amenazantes y evaluación de la amenaza correspondiente con la Evaluación y zonificación de la Amenaza, propiamente dicha, se presenta a continuación, para los tipos de eventos que siguiendo la guía de análisis dada en el Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (2014), fueron catalogados como críticos (áreas con susceptibilidad alta o media) dentro del área de la cuenca, estos corresponden a Inundaciones e Incendios Forestales. Adicionalmente, y como se explicó antes, otros eventos como Erosión costera, Sequias, Sismos, Marejadas y Vendavales, que no hacen parte de los tipos de eventos objeto de análisis también se referirán dado que son considerados por las comunidades habitantes en la cuenca como eventos generadores de riesgo.

Es importante conocer la definición de Amenaza, este término hace referencia Condición latente derivada de la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, que puede causar daño a la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente, y la economía pública y privada[13].

La Evaluación de amenazas, es una evaluación sobre la ubicación, severidad y posibilidad de que ocurra un evento natural dentro de un período de tiempo determinado, se centra en la valoración de la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos naturales potencialmente dañinos en el territorio, considerando diferentes escenarios o factores detonantes; de este modo, se logra una apreciación de las posibles consecuencias que se puedan dar sobre el área de estudio al determinar algún tipo de uso en las zonas catalogadas dentro de los diferentes grados de amenaza frente a uno u otro evento, convirtiéndose la síntesis de este análisis en soporte esencial de los procesos de planificación para el desarrollo de una cuenca.

### 4.3.1. Amenaza por movimientos en masa

4.3.1.1. *Resumen*

Para la zonificación de amenaza por movimientos en masa de la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, se aplicó una metodología basada en análisis de estabilidad de taludes por el método de talud infinito, a partir del cual se calculó la probabilidad de falla de las laderas, definiendo finalmente las categorías de amenaza.

El principal insumo para la zonificación de amenaza es el mapa de unidades geológicas superficiales, en cuyos atributos se presentan las características geológico-geotécnicas de los materiales

[13] Metodologías de análisis de Riesgo. Resolución 004/09 del FOPAE. Alcaldía Mayor de Bogotá. 2014

presentes en la zona de estudio. Posteriormente, para determinar la estabilidad de las laderas se combinaron análisis espaciales y cálculos estadísticos para la simulación de las distribuciones de probabilidad de cada uno de los escenarios establecidos.

Sin embargo, de acuerdo, con el numeral 2.2 del anexo B de la guía POMCAS, la evaluación de amenaza para los eventos considerados (Movimientos en masa, inundación, avenidas torrenciales e incendios forestales), solo se efectuará para las áreas definidas como críticas. De igual manera, en el numeral 1.3.7.1, aparte 2 de los alcances técnicos, se establece que la evaluación de amenaza por movimientos en masa se establecerá en las zonas establecidas como de susceptibilidad alta y media.

En este sentido y de acuerdo con los resultados presentados en el 4.1.1.5 del presente documento, la Cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, no posee áreas con susceptibilidad alta y media por movimientos en masa; razón por la cual, la presente sección corrobora la existencia de categoría de amenaza baja.

4.3.1.2. *Metodología para la Evaluación y zonificación de la amenaza por movimientos en masa*
El desarrollo metodológico de la zonificación de amenaza por movimientos en masa, está fundamentado en el numeral 3.4.1 del Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas; en el cual, se analizan solamente las áreas categorizadas como de susceptibilidad media y alta, mediante un análisis determinístico.

El análisis determinístico tiene como base los modelos hidrológicos y de estabilidad que consideran la información detallada de las pendientes fundadas en la mecánica de suelos. Éste método, busca eliminar la subjetividad cuantificando los grados de riesgo en valores absolutos (Barredo et al., 2000). Es un modelo que incluye gran variedad de parámetros geotécnicos, supeditando su desempeño a la calidad y cantidad de los datos recolectados. Para la cuenca objeto de ordenación, se considera el equilibrio mecánico de una ladera, en términos de un parámetro denominado factor de seguridad (FS), en el cual se comparan las fuerzas que tienden a desestabilizarla y las fuerzas que resisten la inestabilidad (Cheng & Lau, 2008). Basado en el FS, un talud es inestable cuando las fuerzas que resisten son superadas por las que desestabilizan, es decir si el FS < 1. De otra manera, si las fuerzas consideradas son iguales, el FS = 1, se encuentra en un equilibrio límite.

Uno de los métodos de mejor implementación para el cálculo del FS en zonificaciones y análisis de estabilidad de laderas homogéneas, es el método de talud infinito, el cual se puede aplicar a una unidad de trabajo tipo celda, la cual contiene tanto las características geométricas del talud, como sus propiedades geo mecánicas (SGC, 2015). En la Figura 4.45 se presenta el mapa conceptual para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa.

**Figura 4.45. Esquema para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa para la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**




Fuente: Adaptado del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, 2014.

Aunque no se identificaron áreas críticas por movimientos en masa para el territorio objeto de ordenación, dado que el análisis de susceptibilidad revela la existencia de la categoría baja para toda la superficie de la cuenca, en la Figura 4.46 se presenta en el mapa de unidades geológicas superficiales para la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

De acuerdo con la exploración geológica se identificaron unidades de macizos rocosos, los cuales se clasificaron en rocas blandas de origen sedimentario según sus propiedades físico-mecánicas; de igual manera se presentan las diferentes unidades de suelos que son de tipo transportado (fluvial, lagunar, terrazas, eólico, costero). Si bien los materiales de las unidades geológicas superficiales, pueden tener algún grado de incidencia en la generación de movimientos en masa, al contrastarlo con las características del relieve, principalmente la pendiente, se observa que la amenaza por este tipo de fenómenos es baja.

**Figura 4.46. Unidades Geológica Superficiales para el cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**

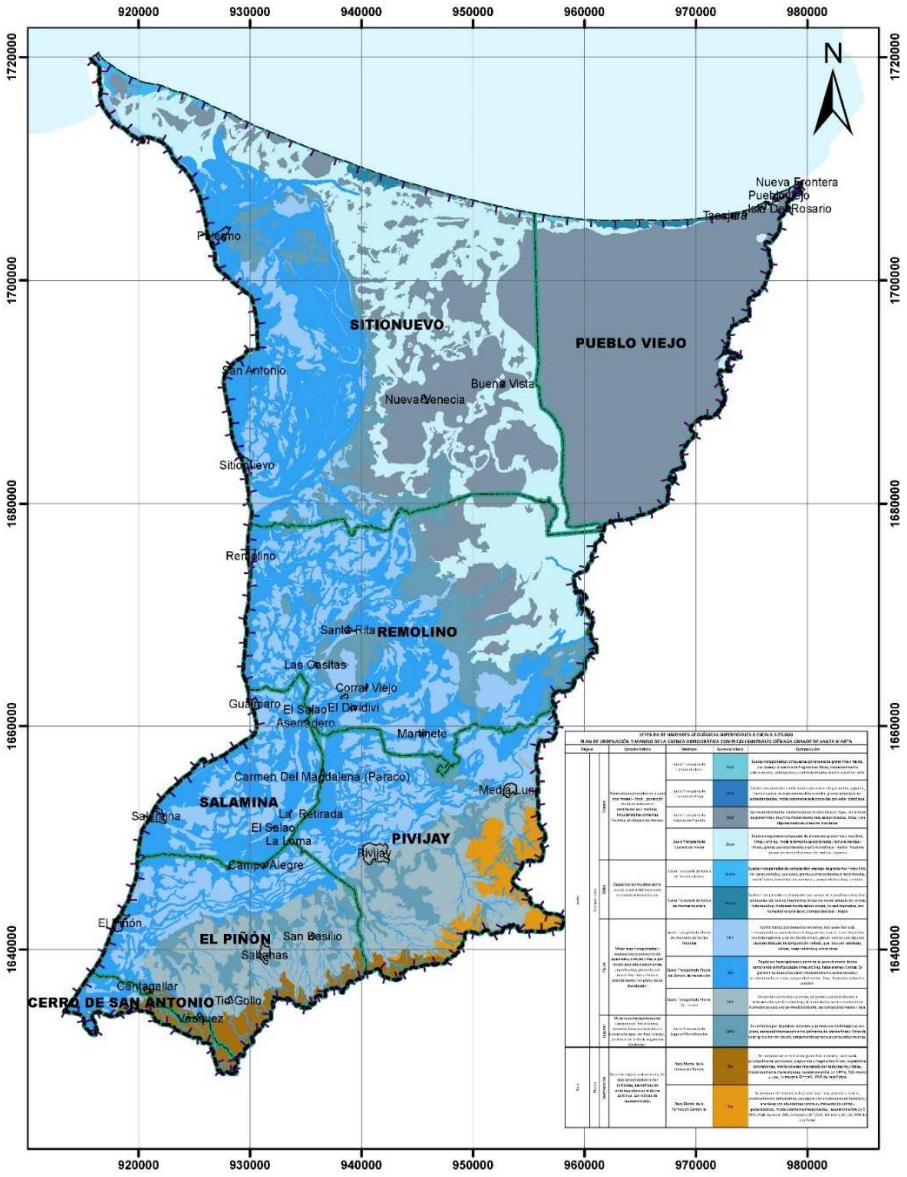



**Tabla 4.31. Características de las Unidades Geológicas Superficiales**

| Nombre | Características |
|---|---|
| Roca Blanda de la Formación Rancho (Rbr) | Esta unidad se presenta en el sur del área de la cuenca, en los municipios de Pivijay, el Piñon y Cerro de San Antonio. Se compone en general de areniscas cuarzo feldespáticas, con textura de grano fino a medio, color ocre a pardo, con intercalaciones de limolitas y arcillolitas en lentes gruesos. Corresponde a macizos rocosos moderadamente descompuestos (grado III de la clasificación de Dearman, 1976) con una resistencia a la compresión simple entre 5 – 25 R2 en la caracterización del ISRM (1981), con calidad de roca mala con RQD = 25 – 50, índice de fracturamiento Jv entre 10 y 30 fr/m3 que corresponde a bloques muy pequeños, con |

| Nombre | Características |
|---|---|
| | un índice de resistencia geológico (GSI) con valores variables entre 30 y 40, caracterizada a partir del RMR de Bieniawski (1989) en roca pobre. |
| Roca Blanda de la Formación Zambrano (Rbz) | Esta unidad se presenta en el sureste del área de la cuenca, en el municipio de PIvijay, se compone de macizos rocosos moderadamente descompuestos en base a la clasificación de Dearman (1976), con resistencia a la compresión simple R2 con valores entres 5 – 25 MPa, tamaño de bloques muy pequeños con un índice de fracturamiento Jv entre 31 y 60 fr/m3, índice geológico de resistencia con valores variables entre 20 y 30, calidad de roca muy mala de acuerdo al Rock Quality Designation (RQD = < 25%), clasificación del macizo rocoso RMR de roca pobre con valores entre 21 y 40 a partir de la caracterización de Bieniawski (1989). Se compone generalmente por areniscas de grano fino a grueso, de matríz calcárea, con intercalaciones de limolitas y arcillolitas con abundante presencia de conchas, moluscos, gasterópodos y restos fosilíferos. |
| Suelo Transportado Costero de Barra (Stc2) | Esta unidad se identifica en el área norte de los municipios de Sitio Nuevo y Puebloviejo. Constituida por arenas de grano fino a medio, matríz limoarenosa, deleznable, friable, con granos moderadamente seleccionados, presenta un espesor entre 2 y 3 metros. Se constituye por una textura limoarenosa de granos subredondeados – subangulares, esfericidad baja, humedad natural o condición de humedad va de seco a húmedo, con permeabilidad moderada. En algunas zonas, estos suelos presentan aportes de origen aluvial donde se disponen algunas gravas y materiales finos como arcillas. |
| Suelo Transportado Costero de Playa (Stc3) | Se identifica en el norte del área de la cuenca, en los municipios de Puebloviejo y Sitio Nuevo. Se caracteriza por ser depósitos muy recientes formados a partir de la acción del mar en el margen de la línea de costa formando geoformas de playa. Composicionalmente se constituye de arenas de grano fino a medio, moderadamente seleccionadas, mal calibradas, de color blancuzco a pardo amarillento, retrabajadas en algunos sectores debido a la variación en las corrientes marinas, se presentan conchas que componen el depósito, con espesores de 2 a 3 metros. Se compone de una textura arenosa, con matríz limosa, granos subredondeados a redondeados, esfericidad media, condición de humedad o humedad natural es mojado, consistencia variable de baja a media y permeabilidad variable en la longitud del depósito. |
| Suelo Transportado Costero de Planicie (Stc6) | Se identifica en los municipios de Sitio nuevo, Pueblo Viejo y Remolino en el área norte y central de la cuenca. Se compone de depósitos de arenas de grano fino a grueso, localmente limosos, con textura arenosa, tamaño de partículas finas a gruesas, clastos redondeados a subredondeados y baja esfericidad, la humedad natural o condición de humedad es seco a mojado y la permeabilidad varía de media – alta, compacidad floja. Presenta un espesor de 2 a 3 metros. |
| Suelo Transportado Costero de Marea (Stcm) | Depósito caracterizado por presentar arcillas y limos en el tope, con arenas en algunos sectores con matriz muy fina. Las arenas presentan coloraciones ocres a blancas-amarillas y retrabajadas debido al transporte. Su espesor puede variar entre 1 y 3 m. El suelo se caracteriza por presentar una textura de tipo arcillosa, arenosa y limosa heterogénea, con granos subredondeados a redondeados en las arenas y de esfericidad baja, la condición de humedad o la humedad natural según Varnes (1978) es seca y la permeabilidad puede variar entre moderada y buena en algunos sectores, de acuerdo a su consistencia es blanda y de plasticidad alta en las arcillas. |
| Suelo Transportado Eólico de Llanura Arenosa (Stella) | Esta unidad se identifica al noroeste de la cuenca, en el municipio de Sitio Nuevo. Constituida por material arenoso de grano fino y limoso, deleznable, moderadamente seleccionada y con matriz limoarenosa, su espesor varía entre 1 y 3 m. Texturalmente es areno-limosa de granos subredondeados a subangulares, y esfericidad baja, su humedad natural o condición de humedad según Varnes (1978) es seca y de permeabilidad moderada a baja. De acuerdo al ISRM (1982) presenta una resistencia a la compresión simple rígida entre 0,10 – 0,25 MPa. |
| Suelo Transportado Eólico de Mantos de Arena (Stema) | Esta unidad se presenta en el norte del área de la cuenca, en los municipios de Sitio Nuevo y Pueblo Viejo. Se constituye por arenas de grano fino y limos, es disgregable, moderadamente seleccionada y con una matriz limoarenosa, de espesores variables entre 1 y 3 m. Caracterizada por tener una textura arenosa-limosa de granos subangulares a subredondeados y esfericidad baja, su humedad natural o condición de humedad según Varnes (1978) es seca y de permeabilidad baja a moderada. De acuerdo al ISRM (1981) presenta una resistencia a la compresión simple rígida entre 0,10 – 0,25 MPa. |
| Suelo Transportado | Se identifican ampliamente distribuidos en el área de la cuenca en los municipios de Sitio Nuevo, Remolino, Salamina, Pivijay, El Piñon y Cerro de San Antonio. Están conformados por depósitos recientes, los cuales |

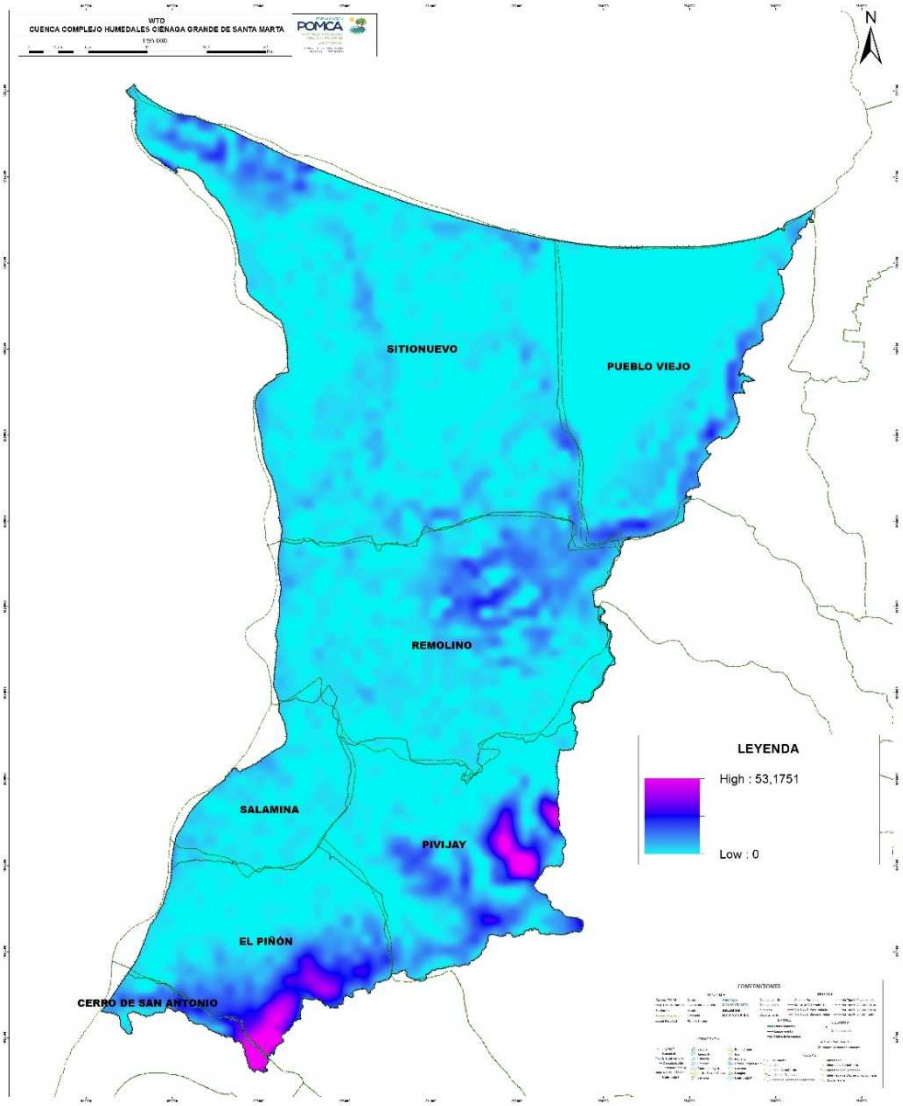
| Nombre | Características |
|---|---|
| Fluvial de Aluviones de Lechos Fluviales (Stf1) | han sido transportados y acumulados a lo largo de los cauces. Estos depósitos son heterogéneos y varían desde arenas, gravas, cantos y en algunos sectores bloques de composición variada, que incluyen areniscas, material calcáreo, entre otros. En general, los depósitos están pobremente seleccionados, compuestos principalmente de arenas finas, medias y gruesas, cantos y bloques, con una textura limosa, arenosa y gravosa, y matriz areno-limosa. La humedad natural o condición de humedad según Varnes (1978) es seco, de compacidad media, y permeabilidad baja a moderada. |
| Suelo Transportado Fluvial de Llanura de Inundación (Stf2) | Se presenta distribuida en toda el área de la cuenca, en los municipios de Sitio Nuevo, Remolino, Pivijay, Pueblo Viejo, El Piñon, Salamina y Cerro de San Antonio. Son depósitos de material arenoso de grano fino a medio, con niveles de gravas embebidos en matríz de arenas gruesas y materiales finos como limos y arcillas. El depósito presenta en general una textura arenosa, de granos subredondeados a redondeados y esfericidad baja, la humedad natural o condición de humedad según Varnes (1978) es seco y la permeabilidad presente es alta, de compacidad media a baja y resistencia a la compresión simple de S3 con valores entre 0,05 y 0,10 MPa según el ISRM (1981). |
| Suelo Transportado Fluvial de Terraza (Stf3) | Unidad de suelo localizada en los municipios de Pivijay y El Piñon. Se compone de materiales limoarcillosos, hacia el tope alcanzan 1 m de espesor y hacia la base se presentan arenas de grano fino a medio, con pequeños lentes de gravas orientadas embebidas en materiales arenosos gruesos. Presenta una textura arenosa, con granos redondeados a subredondeados con esfericidad media, la humedad natural o condición de humedad según Varnes (1978) es seco, compacidad media a baja y permeabilidad alta. |
| Suelo Transportado Lagunar Depósito Fluviolacustre (Stlf1) | Se presenta de forma distribuida en toda el área de la cuenca, conformada por depósitos recientes y constituye geoformas con pendientes suaves a planas. Se compone generalmente de sedimentos principalmente de arenas finas y limos de color gris a marrón oscuro, presentando estructuras onduladas masivas. Estos suelos transportados en general se muestran bien seleccionados. Presenta textura limosa-arenosa, de granos redondeados a subredondeados, con esfericidad baja, permeabilidad moderada y su condición de humedad o humedad natural es seca. |

Teniendo estos parámetros se realiza la determinación de los detonantes de acuerdo con las especificaciones del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA; los detonantes a considerar son: Amplificación sísmica y nivel freático.

4.3.1.2.2. *Detonante Lluvia*

Para el caso del nivel freático, se adquiere ráster (resolución 10m x 10 m) de profundidad de nivel freático (WTD) con promedios históricos para la cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, obtenidos de una modelación realizada para la Agencia mundial contra la escasez de agua con una resolución de 1Km x 1Km, el cual fue remuestrado con una interpolación cúbica para transformar la información acorde con la escala de trabajo como se muestra en la Figura 4.47.

**Figura 4.47. Profundidad de nivel freático con promedios históricos para la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**

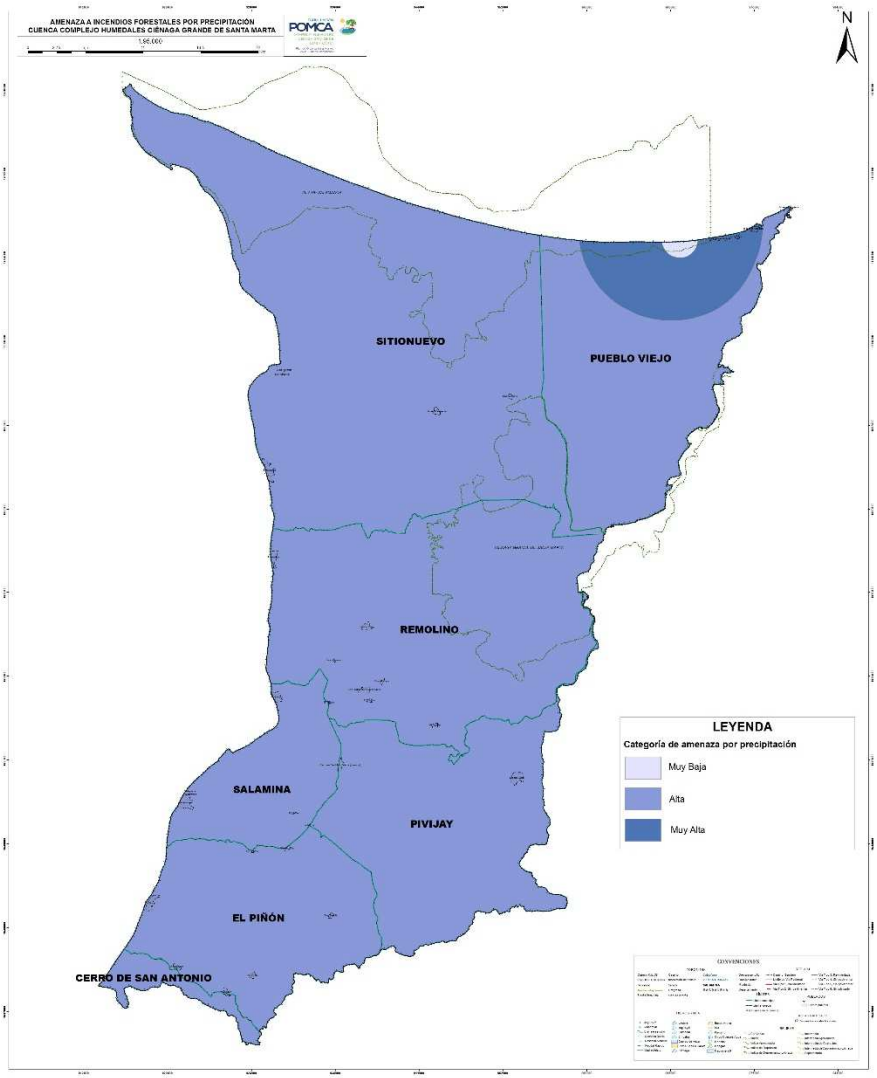



Con base en el inventario de eventos activos efectuados en la fase de análisis se correlacionaron con la precipitación máxima diaria para obtener un margen detallado de los eventos activadores para los eventos por movimientos en masa, para la cuenca en evaluación no se realiza esta correlación ya que la caracterización histórica y elaboración del inventario de eventos, no se tuvo presencia de este tipo de fenómenos en el área de la cuenca.

La determinación de la precipitación media diaria se obtuvo a partir de la precipitación media anual. Para ampliar el análisis climatológico de la cuenca con información regional, se obtuvo la información del IDEAM de las rosas de los vientos de los municipios aledaños, teniendo en cuenta que este parámetro climatológico es considerado de difícil espacialización, la cual se muestra en la

Figura 4.48. En el análisis de precipitación de la cuenca requerido, fueron 13 las estaciones útiles para el desarrollo del presente estudio, categorizadas todas como Pluviométricas y localizadas en la cuenca y en sus alrededores, para mayor detalle sobre la caracterización temporal y espacial del clima, se remite al lector al volumen 1. Componente Biofísico, numeral 3. Clima.

**Figura 4.48. Precipitación media máxima diaria en la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**




Para establecer el valor de P(Tr), se extrajo de las series pluviométricas, la precipitación máxima de cada estación según el periodo de retorno analizado, obteniendo los resultados que se observan en la siguiente tabla:

**Tabla 4.32. Precipitación máxima diaria por periodo de retorno para la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**

| ESTACIÓN | Periodo de retorno | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 10 | 25 | 100 | 500 |
| EL BONGO | 10,46 | 13,09 | 16,67 | 20,63 |
| CAMPO DE LA CRUZ | 6,38 | 7,69 | 9,44 | 11,34 |
| EL DESTINO | 11,09 | 13,84 | 17,67 | 21,94 |
| LA ESPERANZA | 11,99 | 16,17 | 22,49 | 30,07 |
| FUNDACIÓN | 9,91 | 12,40 | 15,91 | 19,92 |
| GAVILÁN | 7,63 | 9,77 | 12,78 | 16,13 |
| LA LOMA | 8,18 | 9,90 | 12,19 | 14,69 |
| MONTERRUBIO | 13,20 | 16,06 | 19,99 | 24,27 |
| LA PALMA | 6,38 | 8,06 | 10,38 | 12,96 |
| PTO GIRALDO | 6,84 | 8,42 | 10,57 | 12,90 |
| SAN RAFAEL | 8,23 | 10,02 | 12,40 | 14,97 |
| SEVILLANO | 9,31 | 12,60 | 17,53 | 23,42 |
| TIOGOLLO | 8,40 | 10,03 | 12,20 | 14,56 |

#### 4.3.1.2.3. *Detonante Sismo*

Los sismos pueden activar deslizamientos al aumentar el esfuerzo cortante, disminuir la resistencia por aumento de la presión de poros y por deformaciones asociadas por la onda sísmica, llegando a la falla por esfuerzo cortante. Se deben tener en cuenta varios factores en taludes expuestos a eventos sísmicos tales como el valor de la fuerza sísmica aplicada sobre los materiales potencialmente inestables, disminución de la resistencia de los materiales producto de las fuerzas dinámicas, que generan deformaciones cíclicas, el aumento de la presión de poros especialmente en materiales granulares limoarenosos, la amplificación sísmica, entre otros.

La importancia de la onda en cada sitio ha sido demostrada en los sismos recientes, habiéndose usado los resultados de estos estudios para desarrollar recomendaciones específicas de espectro de diseño que se aplican en los códigos.

Para la cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, el valor de coeficiente de aceleración horizontal se obtuvo de la plataforma geoportal del servicio geológico colombiano en la temática de amenaza sísmica para cada municipio con jurisdicción en el área de la cuenca como se muestra en la Tabla 4.33. Esta información revela que el territorio en ordenación se encuentra en una zona de amenaza sísmica baja, lo cual no contribuye significativamente a la generación de eventos asociados a movimientos en masa.

**Tabla 4.33. Aceleración horizontal por municipios en el área de la cuenca.**

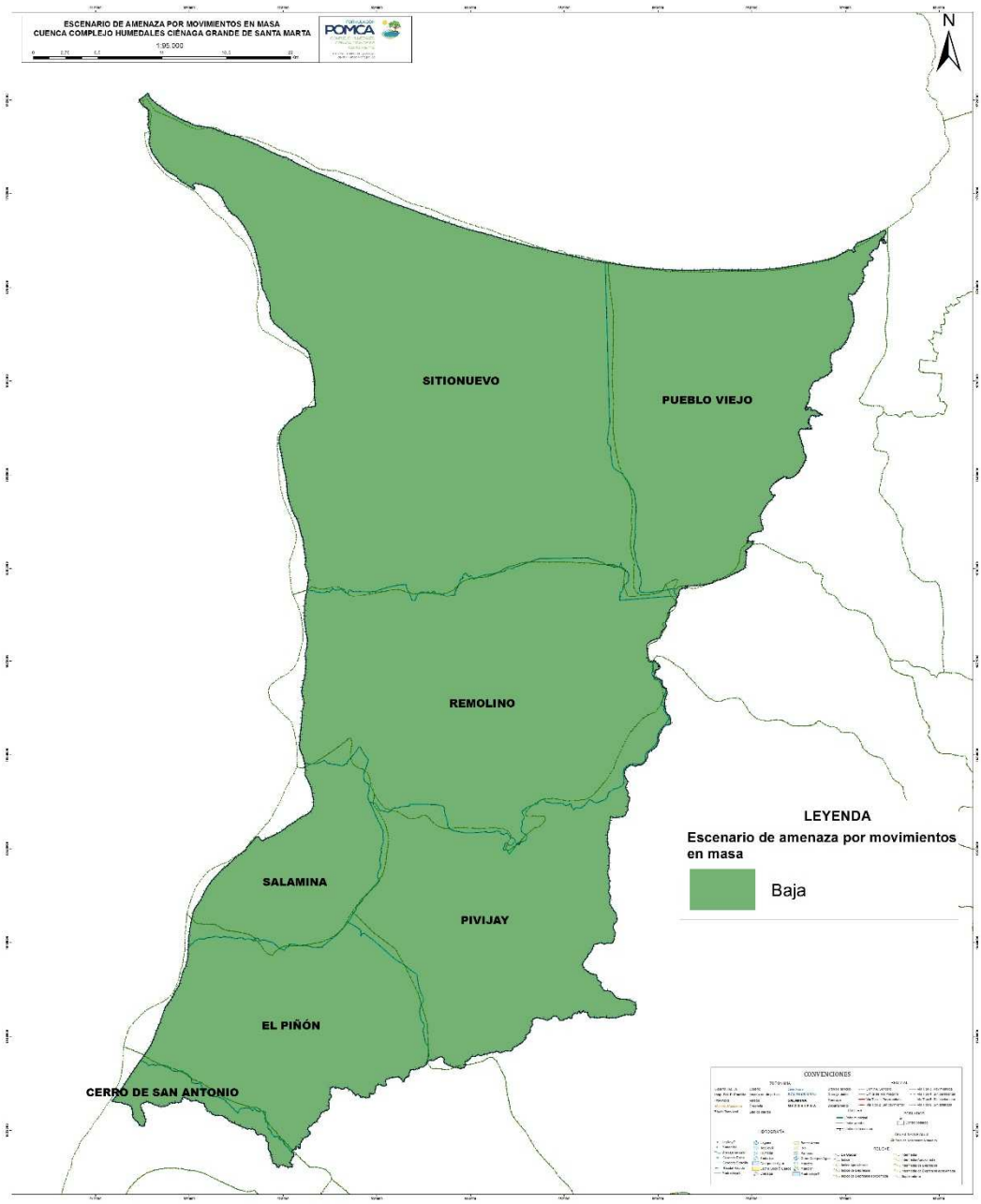
| NOMBRE MUNICIPIO | ACELERACION cm/s² | ZONA DE AMENAZA SÍSMICA |
|---|---|---|
| El Piñón | 100 - 150 | Baja |
| Pivijay | 100 - 150 | Baja |
| Sitio Nuevo | 50 - 100 | Baja |
| Remolino | 100 - 150 | Baja |
| Salamina | 100 - 150 | Baja |
| Cerro de San Antonio | 100 - 150 | Baja |
| Pueblo Viejo | 50 - 100 | Baja |

Como criterio para determinar preliminarmente la inexistencia de factores que generen amenazas por fenómenos de remoción en masa, se partió de la caracterización geomorfológica de la cuenca, desde las geoformas presentes en el área y la nula ocurrencia de eventos de movimientos en masa reportada en las rutas realizadas para cada componente, en la información dada por la comunidad, y en la información secundaria analizada, la cual a pesar que reporta la ocurrencia de tan sólo dos movimientos en masa, registraron a mediados del siglo XX (1950 y 1952), durante la temporada invernal, en cercanías al Caño Don Diego, en jurisdicción del municipio de Salamina, los cuales generaron afectaciones sobre el centro poblado a causa de las lluvias intensas; actualmente no se observan manifestaciones que puedan volver a ocurrir, de hecho porque en sector ya se ha modificado la morfología del terreno.

Lo que sí es relevante observar, es que debido a la forma como se definió el límite de la cuenca hidrográfica del Complejo Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los ríos que drenan en ella (Aracataca, Fundación, Sevilla, y Río Frio) descendiendo de terrenos con topografías altas e inclinadas del flanco suroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentran por fuera del área de este estudio, estos, ocasionalmente podrían manifestar fenómenos de estos dos tipos (Movimientos en masa o Avenidas Torrenciales), en todo caso, por fuera del área de la cuenca.

Por todo lo anterior, se concluye que la amenaza por este tipo de eventos es baja (ver Figura 4.49) dentro del área estudio. Actualmente este tipo de eventos no se presentan dentro del área de la cuenca, y en este documento su tratamiento solo llega hasta el análisis de susceptibilidad, ya que la evaluación de su amenaza, el análisis de vulnerabilidad y riesgos se manejara en categoría baja.

**Figura 4.49. Escenario de amenaza por movimientos en masa**




En el anexo 10, se presenta los diez escenarios amenazantes para la cuenca hidrográfica de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

4.3.1.3. *Necesidades de Información y recomendaciones finales*

Contar con estudios detallados geotécnicos, que alimenten la elaboración cartográfica a la escala requerida en los POMCA para cada municipio, ya que es de gran utilidad para la determinación del enfoque investigativo aplicado en las áreas de mayor importancia contando los sectores donde se tiene el mayor reporte de eventos, tipos de materiales y geoformas generalmente susceptibles a generar fenómenos de este tipo, con el fin de prever estos eventos y mitigar los daños que se puedan causar, previniendo y aumentando el conocimiento de la población en la reducción de este tipo de amenaza en los lugares de mayor cuidado en el área de la cuenca.

Generación de cartografía temática por las entidades oficiales para cada variable utilizada en el análisis de factor de seguridad, integrando las bases de datos con los eventos recurrentes y una caracterización general con información valiosa y pertinente de los tipos de procesos, la ocurrencia, detonantes, condicionantes y otras características definidas por las entidades gubernamentales para la caracterización de los eventos.

El inventario de movimientos en masa con la cantidad de información específica por cada proceso georreferenciado con sus caracterización y morfometría respectiva, es de gran importancia en la evaluación de la zonificación de amenaza por movimientos en masa, por lo cual es preciso contar con bases de datos donde se encuentre disponible la mayor información posible recopilada y referenciada espacialmente, ya que es necesario realizar verificaciones más precisas y tener una visión clara del modelo a elaborar.

Cabe resaltar que por las características morfológicas y morfométricas de la cuenca no son recurrentes este tipo de eventos, se debe enfatizar y priorizar en mayor detalle otros tipos de amenaza identificados con mayor afectación (inundación e incendios forestales).

### 4.3.2. Amenaza por Inundaciones

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 los eventos; 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)

4.3.2.1. *Metodología para la Evaluación y zonificación de la amenaza por Inundaciones.*

Para el caso de la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, no se cuenta con información topográfica ni batimétrica de detalle, adicionalmente sus relieves se pueden definir como relieves simples, sin mayores modificaciones antrópicas lo que permite optar por la vía de realizar una modelación en un entorno 2D. A modo general, en la Figura 4.50 se describe la metodología empleada para la evaluación de la amenaza por inundación, cuya estructura contempla las siguientes etapas:

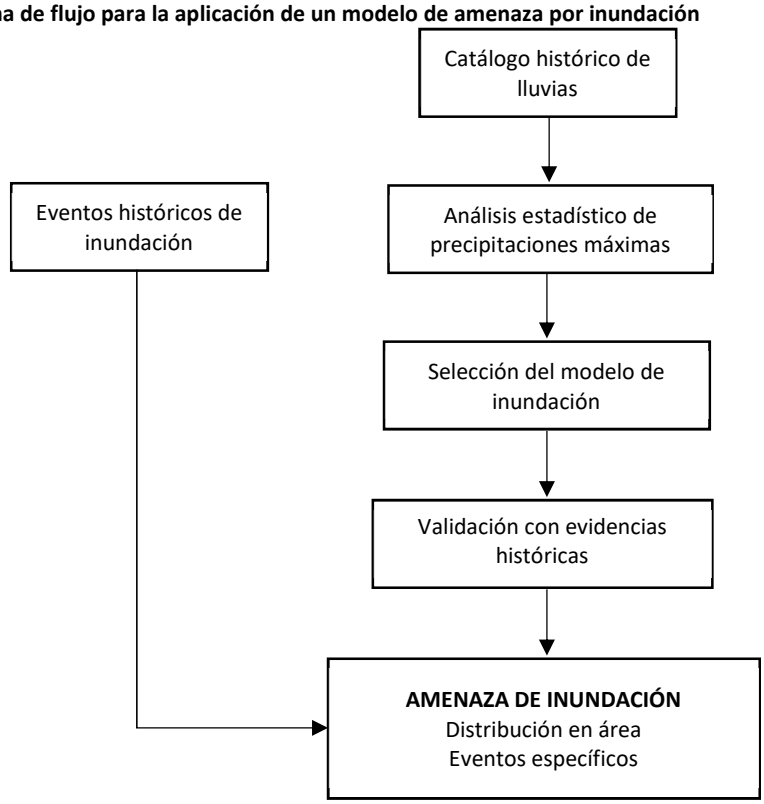
- Análisis estadístico de precipitaciones máximas. A partir de la evolución histórica de los datos máximos de precipitación diaria, se realiza el ajusta según la distribución de probabilidad más apropiada. Esta etapa se surtió en el análisis de eventos extremos del capítulo de Clima contenido en el Volumen 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, 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)

- 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 en la decisión tomada 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:

$$P_e = \frac{\left[P_m - \frac{508}{N} + 5{,}08\right]^2}{P_m + \frac{2032}{N} + 20{,}32}$$

En donde $P_e$ es la precipitación efectiva en cm, $P_m$ es la precipitación de la tormenta en cm y N es el número de escurrimiento o “de curva”

**Figura 4.50. Diagrama de flujo para la aplicación de un modelo de amenaza por inundación**




Fuente: El Consorcio. Adaptado de ERN (2011Diagrama de flujo para la aplicación de un modelo de amenaza por inundación.

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)Dada la extensión de la Cuenca y sus condiciones de relieve se procedió a construir el hietograma de diseño para cada uno de los períodos de retorno de interés, tomando como base el modelo de Tormenta II del SCS para una duración de 24 horas. La distribución de lluvia acumulada para el modelo del SCS se resume en la siguiente tabla.

**Figura 4.51. Distribución en escala de tiempo, de lluvia según los tipos de tormenta del Servicio de Conservación de suelos**

| Tormenta de 24 horas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $P_t/P_{24}$ | | | |
| Hora t | í/24 | Tipo I | Tipo IA | Tipo II | Tipo III |
| 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2.00 | 0.083 | 0.035 | 0.050 | 0.022 | 0.020 |
| 4.00 | 0.167 | 0.076 | 0.116 | 0.048 | 0.043 |
| 6.00 | 0.250 | 0.125 | 0.206 | 0.080 | 0.072 |
| 7.00 | 0.292 | 0.156 | 0.268 | 0.098 | 0.089 |
| 8.00 | 0.333 | 0.194 | 0.425 | 0.120 | 0.115 |
| 8.50 | 0.354 | 0.219 | 0.480 | 0.133 | 0.130 |
| 9.00 | 0.375 | 0.254 | 0.520 | 0.147 | 0.148 |
| 9.50 | 0.396 | 0.303 | 0.550 | 0.163 | 0.167 |
| 9.75 | 0.406 | 0.362 | 0.564 | 0.172 | 0.178 |
| 10.00 | 0.417 | 0.515 | 0.577 | 0.181 | 0.189 |
| 10.50 | 0.438 | 0.583 | 0.601 | 0.204 | 0.216 |
| 11.00 | 0.459 | 0.624 | 0.624 | 0.235 | 0.250 |
| 11.50 | 0.479 | 0.654 | 0.645 | 0.283 | 0.298 |
| 11.75 | 0.489 | 0.669 | 0.655 | 0.357 | 0.339 |
| 12.00 | 0.500 | 0.682 | 0.664 | 0.663 | 0.500 |
| 12.50 | 0.521 | 0.706 | 0.683 | 0.735 | 0.702 |
| 13.00 | 0.542 | 0.727 | 0.701 | 0.772 | 0.751 |
| 13.50 | 0.563 | 0.748 | 0.719 | 0.799 | 0.785 |
| 14.00 | 0.583 | 0.767 | 0.736 | 0.820 | 0.811 |
| 16.00 | 0.667 | 0.830 | 0.800 | 0.880 | 0.886 |
| 20.00 | 0.833 | 0.926 | 0.906 | 0.952 | 0.957 |
| 24.00 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Fuente: Morales-Hernández, *et al.*, 2014 basado en Chow, *et al.* 1988

Para la construcción del hietograma 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:

$$P_m \geq \frac{508}{N} - 5{,}08$$

Con este hietograma 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 esta opción se realizaron las simulaciones hidráulicas y de inundación en llanura para la determinación de la amenaza por inundación.

- 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 categorización:

Tabla 4.34. **Categorías amenaza por inundación**

| Categoría de Amenaza | Descripción |
|---|---|
| Alta | Zona comprendida por la mancha de inundación para un periodo de retorno de 15 años. |
| Media | Zona comprendida entre las manchas de inundación de 15 a 100 años. |
| Baja | Zona comprendida entre las manchas de inundación de 100 a 500 años. |
| Nula | Zona comprendida por la mancha de inundación para periodos de retorno por encima de los 500 años. |

4.3.2.2. *Resultados Obtenidos*

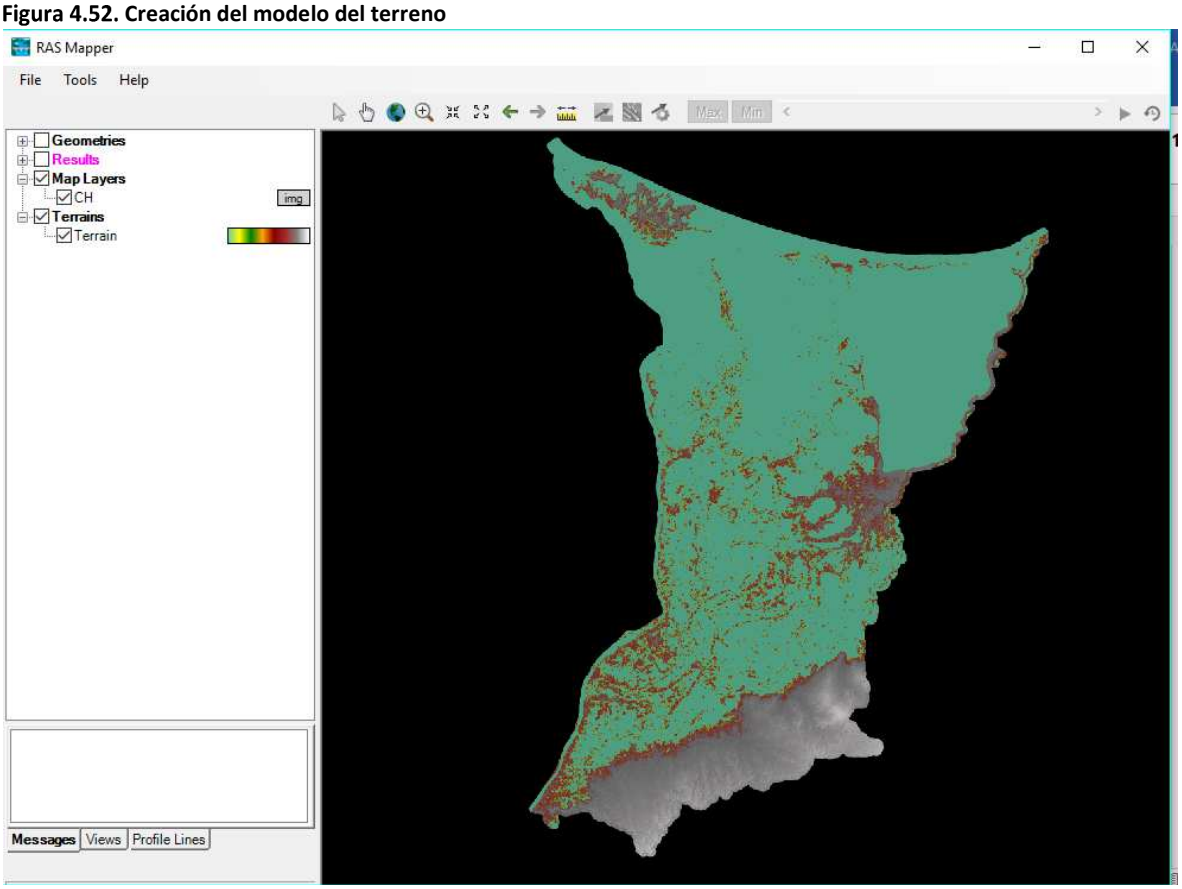
Dentro de la evaluación de la amenaza es necesario incluir el (los) detonante(s) que pueden provocar o desencadenar una determinada amenaza en el territorio. En este sentido, en la zonificación de la amenaza por inundación, se considera que "la alta precipitación es el evento detonante de la mayoría de las inundaciones con excepción de las producidas por los tsunamis y el ascenso del mar" (Guía Técnica, Anexo B Gestión del Riesgo); aseveración que es aplicable a la cuenca en ordenación, dónde se considera la alta precipitación como detonante para la evaluación de la amenaza por inundación.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó el análisis de las series mensuales de la precipitación máxima en 24 horas registrada en cada una de las estaciones seleccionadas por medio de las series anuales y las distribuciones Gumbel, Pearson, Log – Pearson, Log – Normal y Valores Extremos. De esta manera, se determinaron las frecuencias de ocurrencia, para períodos de retorno de 2 a 500 años como es exigido en la guía técnica para formulación de Planes de Ordenación de Cuencas Hidrográficas (MADS, 2014) para, de manera posterior, por medio de la distribución $Chi^2$, seleccionar aquella que presentara el mejor ajuste, determinado por el menor valor obtenido de $Chi^2$. El detalle sobre la caracterización temporal y espacial del clima, se remite al lector al volumen 1. Componente Biofísico, numeral 2. Clima.

La información consignada en la anterior tabla permitió construir el hietograma de diseño para cada uno de los períodos de retorno de interés, tomando como base el modelo de Tormenta II del SCS para una duración de 24 horas. Los pasos efectuados en la herramienta informática fueron los siguientes:

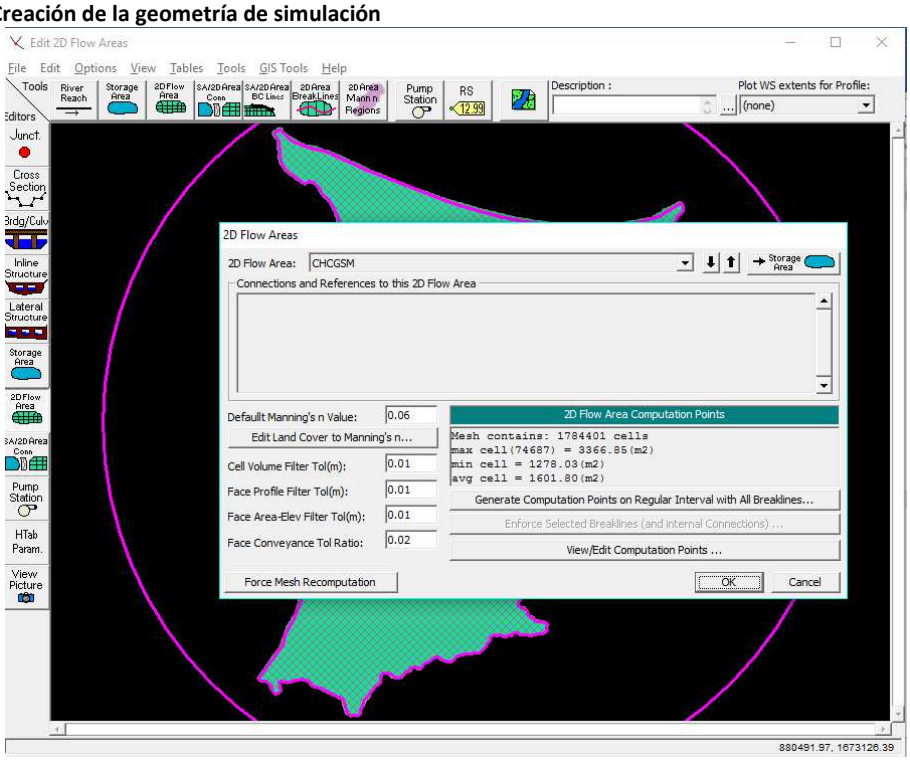
- *Creación del modelo del terreno:* A partir del modelo de elevación desarrollado para el POMCA, se efectúa el cargue del mismo a la plataforma informática para la reconstrucción del modelo digital de terreno. Esto se realiza a través de la opción RAS Mapper que viene integrada en el menú.

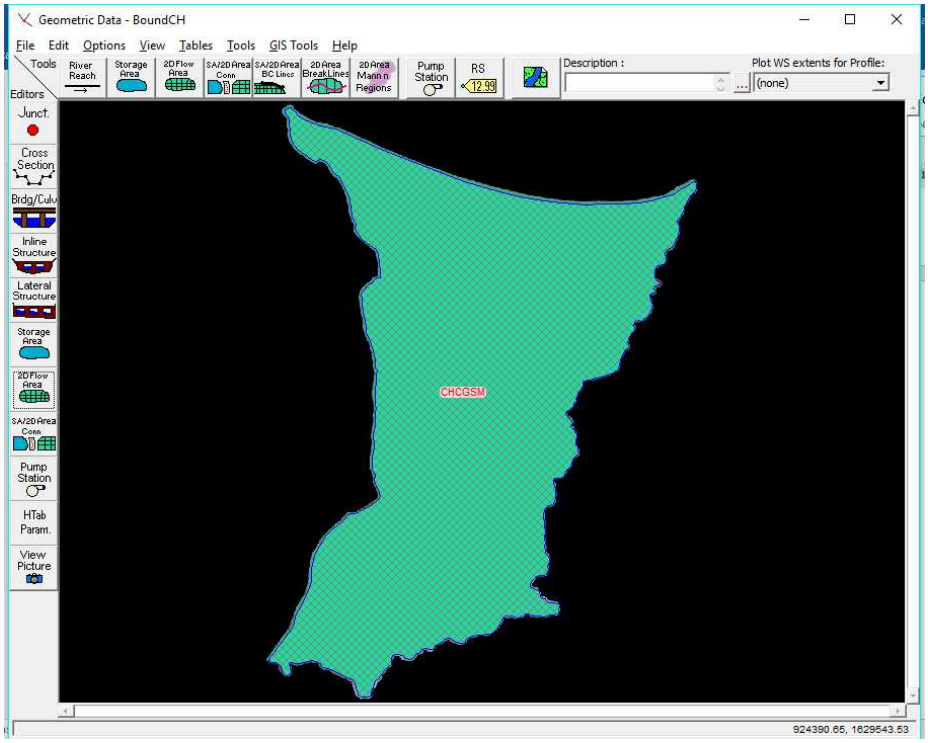
**Figura 4.52. Creación del modelo del terreno**




- *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 rectangular conforme; a partir de diferentes ensayos se definió un tamaño de malla que permitiera un equilibrio entre la resolución espacial deseada y las necesidades computacionales para poder ejecutar el modelo.

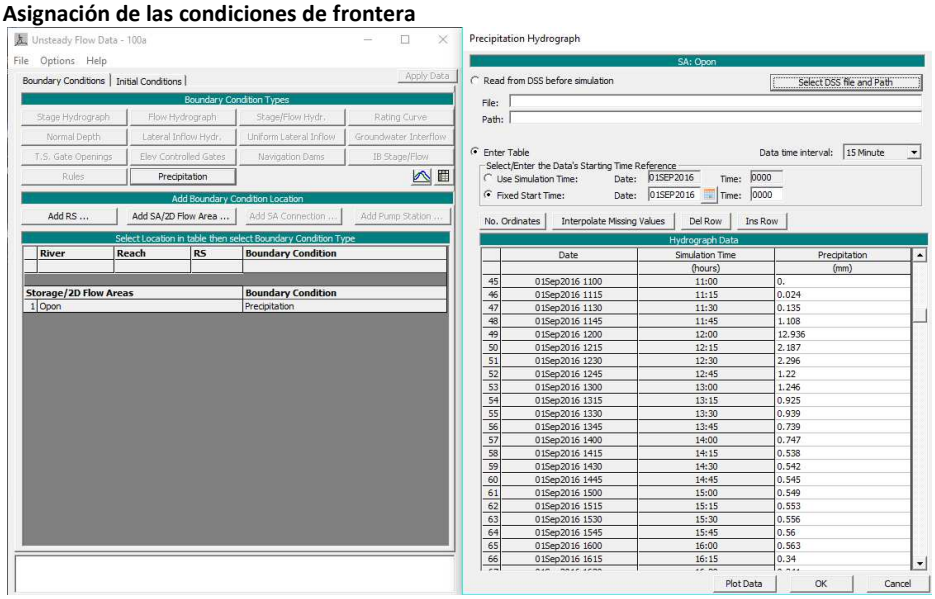
**Figura 4.53. Creación de la geometría de simulación**



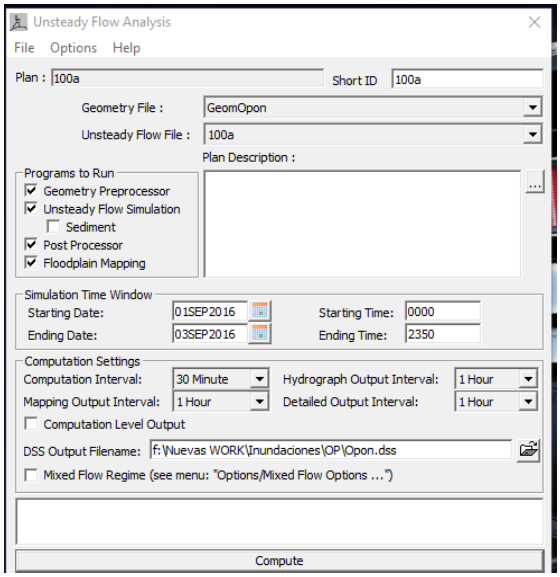
- *Asignación de las condiciones de frontera:* Tomando en consideración la aplicación del modelo como se describió, se aplicó la condición de frontera correspondiente al hietograma sintético calculado. Este se aplica mediante una condición de frontera superficial en el menú Unsteady Flow Data de la herramienta.

**Figura 4.54. Asignación de las condiciones de frontera**



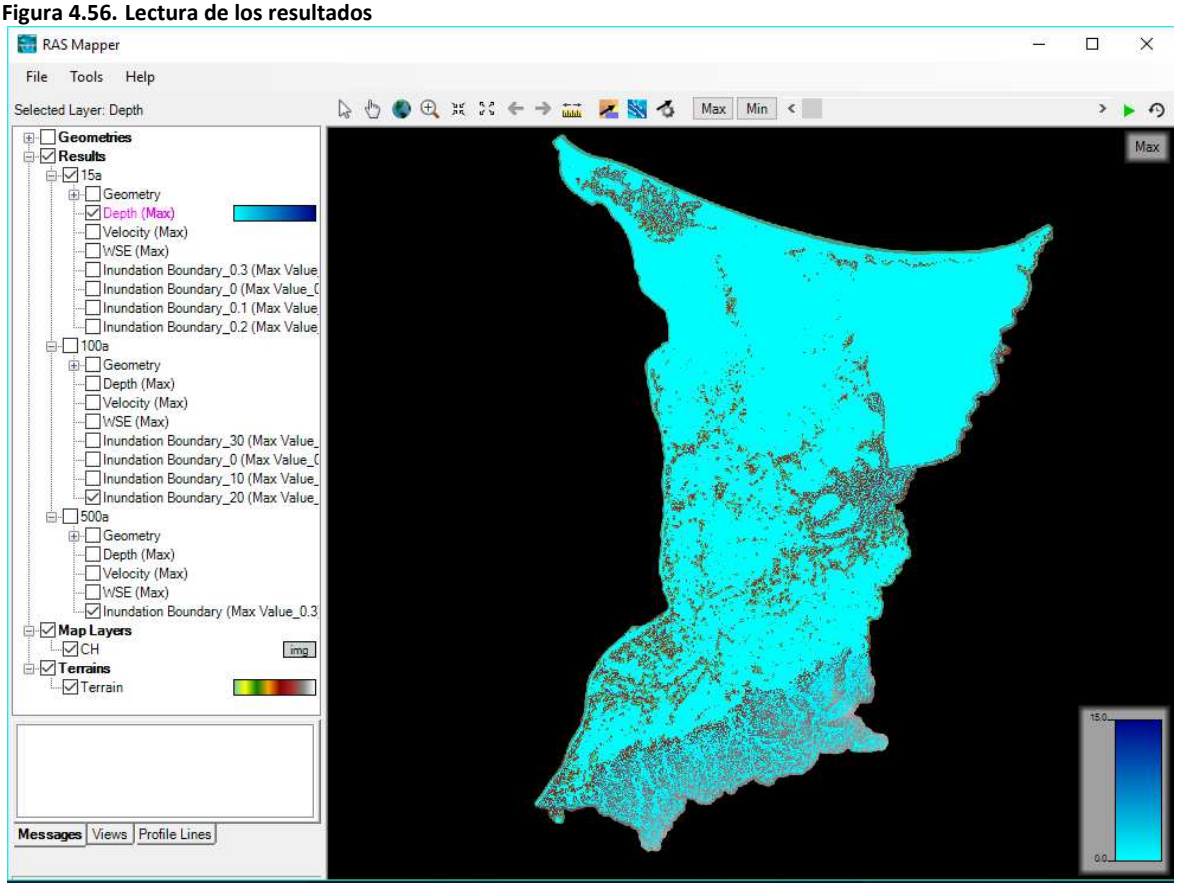

- *Definición de la simulación.* La simulación se aplicó de manera no estacionaria, en un lapso de 24 horas con tamaños de paso temporal de 15 minutos y presentación de resultados cada hora simulada.

**Figura 4.55. Definición de la simulación**



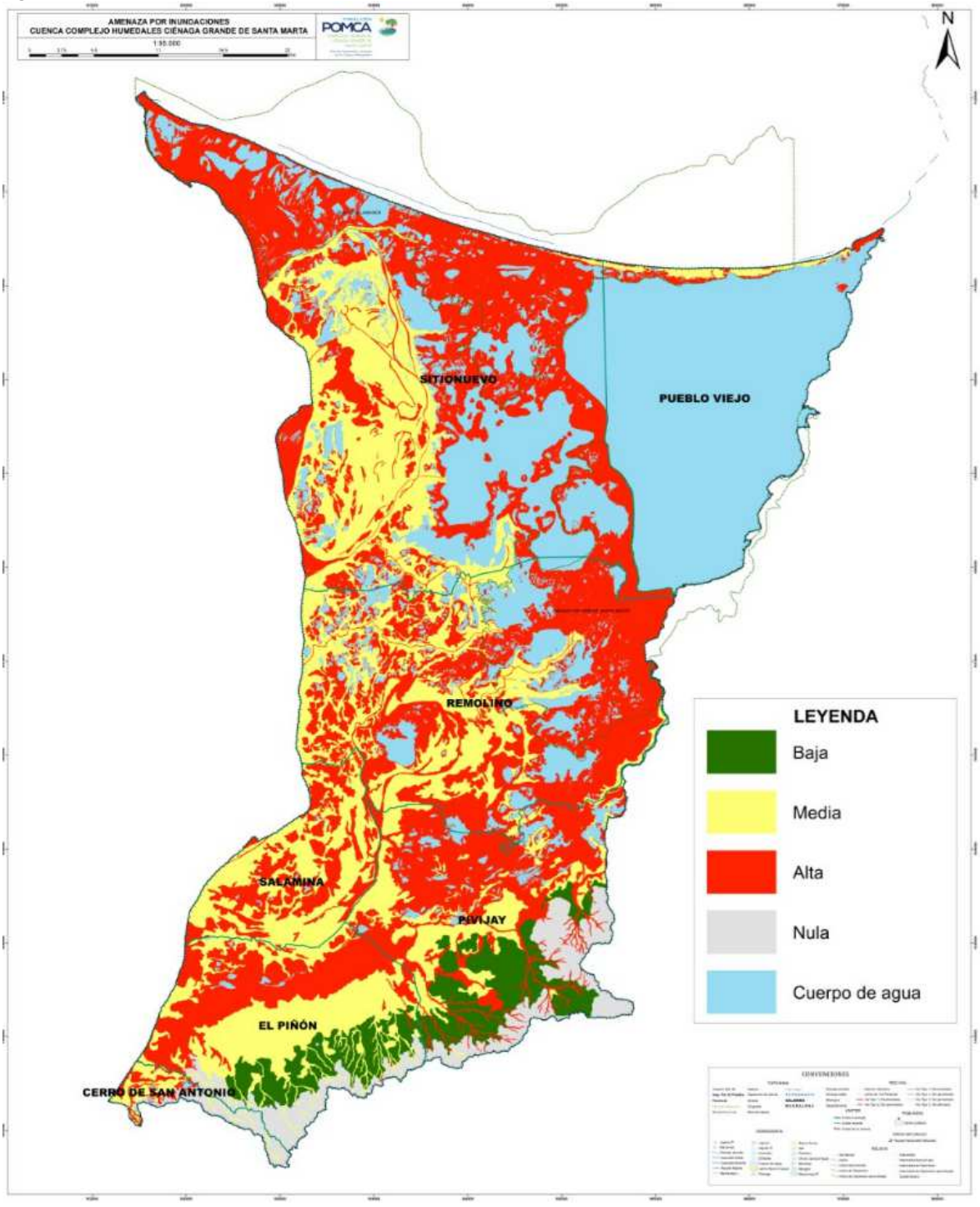
- *Lectura de resultados.* Nuevamente, haciendo uso del RAS Mapper, se puede visualizar directamente para la simulación efectuada, los resultados de profundidad y velocidad de la lámina de agua, así como la creación de los contornos de la cota de inundación máxima. Los pasos anteriormente descritos se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

**Figura 4.56. Lectura de los resultados**




- 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, como se muestra en la Figura 4.57 y se adjunta en el Anexo 11.

**Figura 4.57. Zonificación de amenaza por inundaciones**



- **Amenaza alta:** Corresponde a las superficies próximas a los cauces y ciénagas, con diferencias altitudinales menores a 50 m, y pendiente topográfica plana a suavemente inclinada (< 5°); se caracteriza por tener níveles de 0,33m y velocidades de flujo de hasta 14m/s. La categoria representa el 37,03% de área total en ordenación y practicamente cobija toda superficie no anegada de la cuenca, encontrándose en amenaza alta por inundación los municipios de Sitio Nuevo, Pueblo Viejo, Remolino, Salamina y Pivijay principalmente.

- **Amenaza media:** Zona comprendida entre las manchas de inundación de los periodos de retornos de 15 a 100 años, con diferencias altitudinales menores a 50 m, y pendiente topográfica plana a suavemente inclinada (< 5°); se caracteriza por tener níveles de 0,477m y velocidades de flujo de hasta 17m/s. La categoria representa el 24,30% de área toral de la cuenca, y se encuentra distribuida en toda la cuenca, en llos municipios de Sitio Nuevo, Remolino, Salamina, Pivijay y el Piñón.

- **Amenaza baja:** Esta categoría refleja la recurrencia de eventos mayores a 100 y hasta 500 años de periodo de retorno o mayores. Corresponde a las manchas de inundación de los periodos de retorno entre 100 y 500 años, se caracteriza por tener níveles de 0,577m y velocidades de flujo de hasta 20m/s. La categoria representa el 4,22% de área total de la cuenca, y se encuentra distribuida en la cuenca en los municipios de Ciénaga y Santa Marta.

- **Amenaza nula:** Ocupa el 3,71% de la superficie de la cuenca y se encuentra asociada a zonas de susceptibilidad nula o baja con procesos morfodinámicos de tipo denudacional; se evidencia al calcular a partir de modelamientos hidrodinámicos para periodos cortos de retorno; no se considera como amenaza severa, dadas las características de espesor de lámina de agua que podría acumularse en un evento torrencial, la cual está entre los 0 y 50 cm. de espesor, y su tiempo de retención es corto, depende de la duración del evento de lluvia que lo genere.

**Tabla 4.35. Áreas que categorizan la amenaza por inundación en la Cuenca CHCGSM**

| CATEGORÍA | ÁREA (ha) | % ÁREA (ha) |
|---|---|---|
| Alta | 103.101,85 | 37,03 |
| Media | 67.646,59 | 24,30 |
| Baja | 11.739,88 | 4,22 |
| Nula | 10.317,54 | 3,71 |
| Cuerpos de Agua | 85.617,56 | 30,75 |

4.3.2.3. *Necesidades de información e investigación*

Tomando en consideración que el modelo 2D aplicado para la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se basa en el análisis de los datos de precipitació y el Modelo Digital del Terreno (MDT), se requiere un MDT de mayor precisión, que permita delimitar con exactitud las categorías de amenaza alta y media por inundaciones.

Es muy poca la información existente sobre inundaciones para el área de la cuenca, tampoco es fácil la obtención de datos requeridos para el análisis de este fenómeno, por esto, se hace necesario y urgente, gestionar la instalación de estaciones de caudales, pluviométricas, y en general estaciones de monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca; adicionalmente es necesario mejorar los mecanismos comunitarios para desarrollar sistemas de alertas tempranas y a la vez para poder levantar de manera completa, y con más detalle el inventario de los eventos que ocurren. También sería bueno contar a futuro con estudios batimétricos y de determinación de las tazas de sedimentación para esta cuenca.

Considerando la importancia del inventario de eventos dentro del análisis, es indispensable contar registros detallados de los eventos donde se incluya coordenadas, fecha de ocurrencia, factor detonante y afectaciones, con el objetivo de realizar un análisis de mayor exactitud que permita precisar las áreas en las cuales dichos eventos son más recurrentes, obteniendo un resultado más consistente con las condiciones de la zona.

Identificar las obras de protección contra inundaciones que se han realizado sobre el margen del río Magdalena, analizando su relación con la dinámica hidrológica de las cuencas y el impacto en las comunidades asentadas en cercanía a los caños que reciben el flujo de este cuerpo hídrico.

Analizar la ubicación de las vías de comunicación como caminos, vías férreas y estructuras de cruce (puentes o alcantarillas, terraplenes longitudinales o transversales), principalmente la vía a la prosperidad y la vía que conduce del municipio de Pivijay a Fundación, con el fin de determinar su efecto en el escurrimiento ya que en muchas ocasiones influyen en la generación de inundaciones.

Con relación al componente geomorfológico, no se presentan necesidades de información, dado que fue desarrollado conforme a las metodologías descritas por las entidades encargadas del avance en el conocimiento de los suelos (IGAC -Metodología Zinck-, 2012) y la evaluación de amenazas naturales (SGC -Metodología Carvajal-,2011), obteniendo un producto a escala 1:25.000, que cumple con los criterios establecidos para el análisis de susceptibilidad a inundaciones en la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

4.3.2.4. *Recomendaciones finales*

Tomando en consideración que las áreas urbanas de los municipios de Pueblo Viejo, Sitio Nuevo, Salamina, Remolino y El Piñón, se encuentran dentro de la zona de amenaza alta por inundaciones, a causa de la dinámica del río Magdalena y de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se requiere elaborar un estudio detallado que considere el aumento de la población y el consecuente desarrollo urbano, para determinar con exactitud los elementos expuestos y niveles de riesgo; de manera que se establezca un modelo de ocupación seguro y sostenible para sus habitantes.

Incluir en los instrumentos de planificación municipal, políticas y/o estrategias que impidan la ocupación de las áreas con categoría de amenaza alta por inundaciones; reduciendo así, los niveles de vulnerabilidad y riesgo de las comunidades de la cuenca.

Implementar programas de protección y reforestación de las rondas hídricas de los caños Clarín, El Salao, Aguas Negras, Martinete, El Oso, Paraco, El Burro, Rabón y El Condazo, con el propósito de construir barreras naturales ante la ocurrencia de un evento amenazante de este tipo. Estas acciones, deben estar acompañadas por campañas de concientización orientadas a la evitar la disposición de residuos sólidos en los cauces, ocupación de las rondas hídricas y deforestación.

Controlar la modificación y/o taponamiento de los cauces, evitando de esta manera que la categoría de amenaza por inundaciones se incremente aguas abajo, en la desembocadura de los mismos.

### 4.3.3. Amenaza por Incendios Forestales

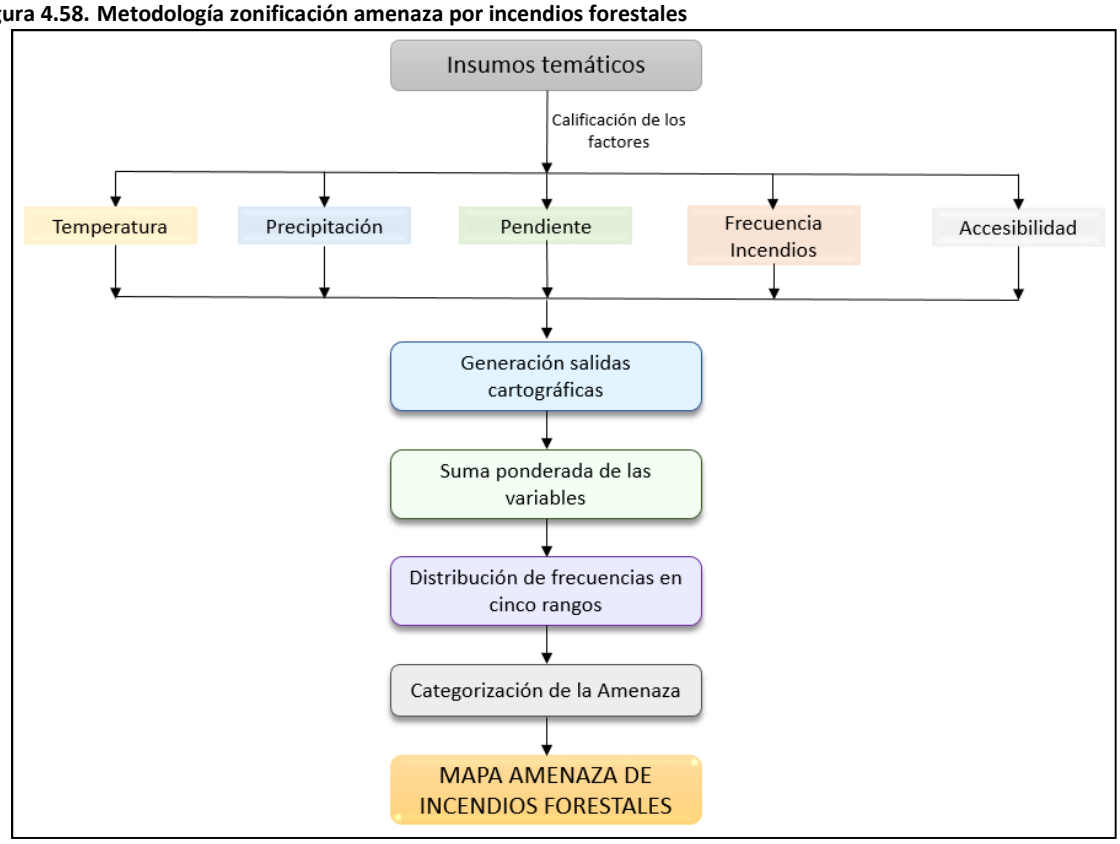
Una amenaza natural puede definirse como un proceso geológico o climatológico potencialmente dañino para las comunidades (UNSL, 2007). Su ocurrencia, de acuerdo a su intensidad, puede provocar “desastres”, que involucran pérdida de vidas humanas, daños en la infraestructura y/o detrimentos económicos; siendo imperativo el conocimiento de las áreas con mayor probabilidad de ser afectadas, a fin de definir medidas de prevención que permitan disminuir el riesgo.

En este aparte se presenta los insumos, metodología y resultados obtenidos del desarrollo de cada uno de los factores de la amenaza con fines de zonificación de riesgos por incendios de la cobertura vegetal.

#### 4.3.3.1. *Metodología para la Evaluación y zonificación de la amenaza por Incendios forestales*

La evaluación de la amenaza de incendios de la cobertura vegetal, se realiza a partir de la calificación y categorización de los factores propios del territorio, tales como: precipitación, temperatura, pendiente, accesibilidad y frecuencia de los eventos amenazantes; los cuales, le confieren al territorio una menor o mayor probabilidad de ser afectado por incendios forestales. En la Figura 4.79, se presenta un esquema general de la ruta metodológica que se debe seguir para la zonificación de la amenaza.

**Figura 4.58. Metodología zonificación amenaza por incendios forestales**




Fuente: Adaptado IDEAM, 2011

- *Amenaza por temperatura:* Para esta variable, se utiliza el mapa de isotermas, escala 1:25.000; el cual, es categorizado de acuerdo con los siguientes rangos:

**Tabla 4.36. Categoría de amenaza – 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 |
| Frío (12-18) | Moderada | 3 |
| Templado (18-24) | Alta | 4 |
| Cálido (>24) | Muy Alta | 5 |

Fuente: IDEAM, 2011

Posteriormente, se realiza la generalización de los polígonos, de manera que se unan los polígonos adyacentes con el mismo nivel de amenaza, generando así, la capa final, que será empleada como factor en la generación de la amenaza total a incendios de la cobertura vegetal.

- *Amenaza por precipitación:* Para esta variable, se utiliza el mapa de precipitación, escala 1:25.000; el cual, es categorizado de acuerdo con los siguientes rangos:

**Tabla 4.37. Categoría de amenaza – Precipitación**

| Precipitación Media Anual (mm) | Categoría de Amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| Árido (0-500) | Muy Baja | 1 |
| Pluvial (>=7000) | Muy Baja | 1 |
| Muy Húmedo (3000-7000) | Moderada | 2 |
| Húmedo (2000-3000) | Moderada | 3 |
| Seco (1000-2000) | Alta | 4 |
| Muy Seco (500-1000) | Muy Alta | 5 |

Fuente: IDEAM, 2011

Posteriormente, se realiza la generalización de los polígonos, de manera que se unan los polígonos adyacentes con el mismo nivel de amenaza, generando así, la capa final, que será empleada como factor en la generación de la amenaza total a incendios de la cobertura vegetal.

- *Amenaza por pendiente:* El ángulo de inclinación de la pendiente del terreno inciden en la velocidad y facilidad con que se propaga un incendio forestal; razón por la cual, el modelo de zonificación propuesto por el IDEAM, considera esta variable dentro de la evaluación de la amenaza. Para este factor, se emplea el mapa de pendientes en porcentaje, categorizándolo de acuerdo con los valores de la Tabla 4.38

**Tabla 4.38. Categoría de amenaza – Pendiente**

| Pendiente Media (%) | Categoría de Amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| 0-7% | Muy Baja | 1 |
| 7-12% | Baja | 1 |
| 12-25% | Moderada | 2 |
| 25-75% | Alta | 3 |
| >75% | Muy Alta | 4 |

Fuente: IDEAM, 2011

Como resultado se genera una salida cartográfica, la cual será empleada como variable en la generación de la amenaza total a incendios de la cobertura vegetal.

- *Amenaza por factor histórico:* A partir del catálogo histórico de eventos amenazantes, se calcula el índice de frecuencia de incendios forestales, de acuerdo con la siguiente ecuación (IDEAM, 2011):

$$f_{(i)} = \frac{1}{a}\sum_{1}^{a}(ni)$$

Donde,

$f_{(i)}$: Frecuencia de incendio de la cobertura vegetal
$a$: Número de años
$ni$: Número de incendios cada año

Una vez, calculado el índice se procede a realizar la normalización de los datos y su posterior calificación en cinco (5) rangos, mediante una distribución de frecuencias (cuartiles), generando de esta manera, una salida cartográfica en formato vector.

Sin embargo, tomando en consideración la información disponible de la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, fue necesario realizar un análisis de proximidad, dónde se identifiquen áreas con mayor concentración de eventos amenazantes. Lo anterior, debido a que no se no se han registrado dos o más incendios forestales en un mismo punto, lo cual dificulta el análisis de frecuencia, por el método expuesto en el numeral 5.3.4 del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal publicado por el IDEAM en el año 2011.

- *Amenaza por accesibilidad:* A partir de la cartografía base y con ayuda de las herramientas SIG, se genera un buffer sobre las vías (Buffer 500m vías tipo 1 y 2, 200m vías tipo 3 y 4); obteniendo como resultado, un mapa que representa las distintas densidades viales presentes en el territorio, las cuales se deben reclasificar de acuerdo con los siguientes criterios:

**Tabla 4.39. Categoría de amenaza – Accesibilidad**

| Distancia a la vía (m) | | Categoría de Amenaza | Calificación |
|---|---|---|---|
| **Vías tipo 1 y 2** | **Vías tipo 3 y 4** | | |
| Más de 2000 | Más de 2000 | Muy Baja | 1 |
| 1500-2000 | 1500-2000 | Baja | 2 |
| 1000-1500 | 1000-1500 | Moderada | 3 |
| 500-1000 | 500-1000 | Alta | 4 |
| 0-500 | 0-200 | Muy Alta | 5 |

Fuente: IDEAM, 2011

Como resultado se genera una salida cartográfica, formato raster, la cual será empleada como variable en la generación de la amenaza total a incendios de la cobertura vegetal.

- *Zonificación amenaza por incendios forestales:* Con base en las capas temáticas de: susceptibilidad de la vegetación, precipitación, temperatura, pendientes, accesibilidad y frecuencia de los eventos históricos, se genera el mapa de amenaza total de incendios forestales, mediante la suma ponderada de los valores asignados a cada una de las categorías de amenaza de las diferentes variables, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$At = Sv * (0.17) + P * (0.25) + T(0.25) + PD * (0.03) + F * (0.05) + A * (0.03)$$

Dónde,

$At$: Amenaza total
$Sv$: Susceptibilidad de la vegetación
$P$: Precipitación
$T$: Temperatura
$PD$: Pendiente
$F$: Frecuencia de ocurrencia de incendios
$A$: Accesibilidad

Posteriormente se establece una distribución de frecuencia en tres rangos, para así llegar a categorizar el nivel de amenaza entre baja (rango menor con calificación 3) a alta (rango mayor con calificación 1).

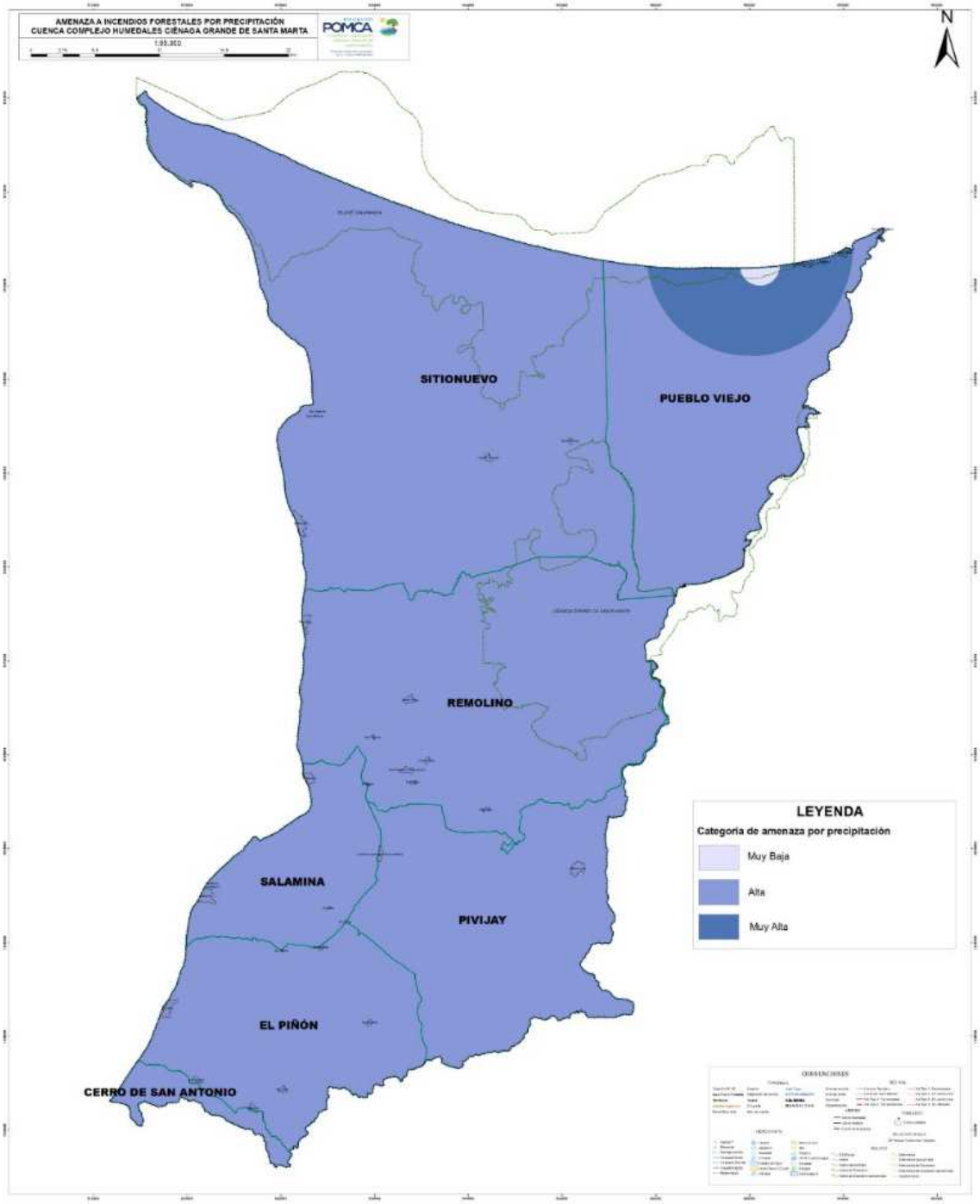
4.3.3.2. *Resultados obtenidos*

Los incendios de la cobertura vegetal de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta están relacionados, en la mayor parte de los casos con la intervención del hombre en actividades como las fogatas, eliminación de basura, preparación de la tierra para actividades agropecuarias y caza furtiva de animales. Empero, los factores climáticos e intrínsecos del territorio también juegan un papel preponderante en la generación y propagación del fuego.

En este sentido, para la zonificación de amenaza se generaron cinco mapas, más el mapa de susceptibilidad de la vegetación a incendios, los cuales muestran los diferentes niveles de amenaza por los factores físicos y ambientales del área en ordenación. Estos factores corresponden a temperatura, precipitación, pendiente, accesibilidad y frecuencia de los eventos amenazantes.

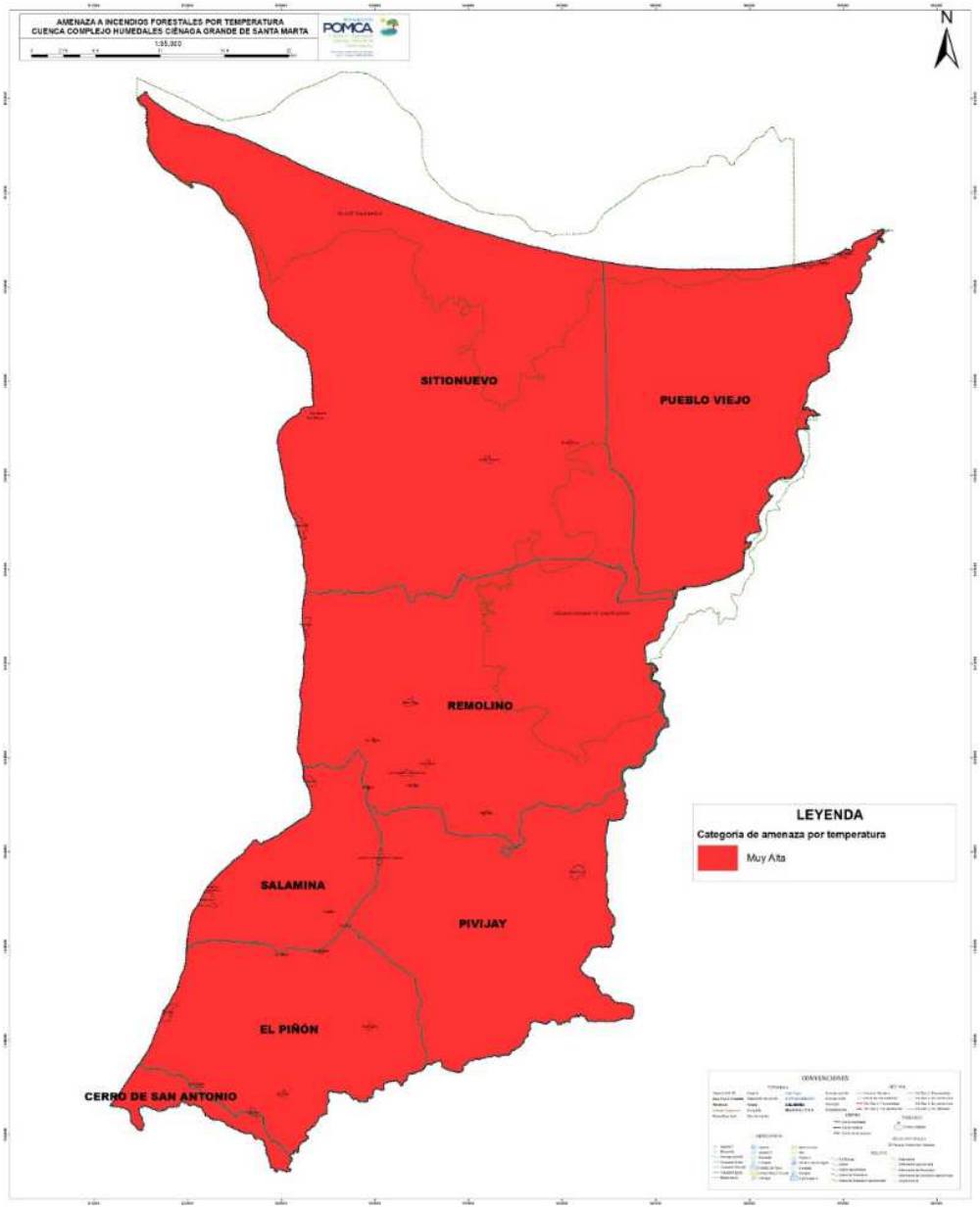
La amenaza por precipitación, se convierte en un factor determinante en la generación de incendios forestales, ya que en combinación con la temperatura aumenta la humedad relativa del aire, disminuyendo la capacidad de combustión (Boulandier, 2001). La Cuenca Hidrográfica objeto de ordenación, cuenta con valores de precipitación que oscilan entre 450 y 2700 mm, presentando niveles de amenaza desde muy bajo, en una pequeña región en el sector norte del municipio de Pueblo viejo; muy alto, en una región un poco más extensa, que rodea a la región caracterizada por valores muy bajos de precipitación; y valores altos para la gran parte del territorio de la cuenca. Permitiendo concluir que tan solo el municipio de Pueblo Viejo se presentan valores de precipitación dentro de los tres rangos establecidos, mientras que del 90% de su territorio restante se puede decir que presenta una alta precipitación.

**Figura 4.59. Amenaza por precipitación**



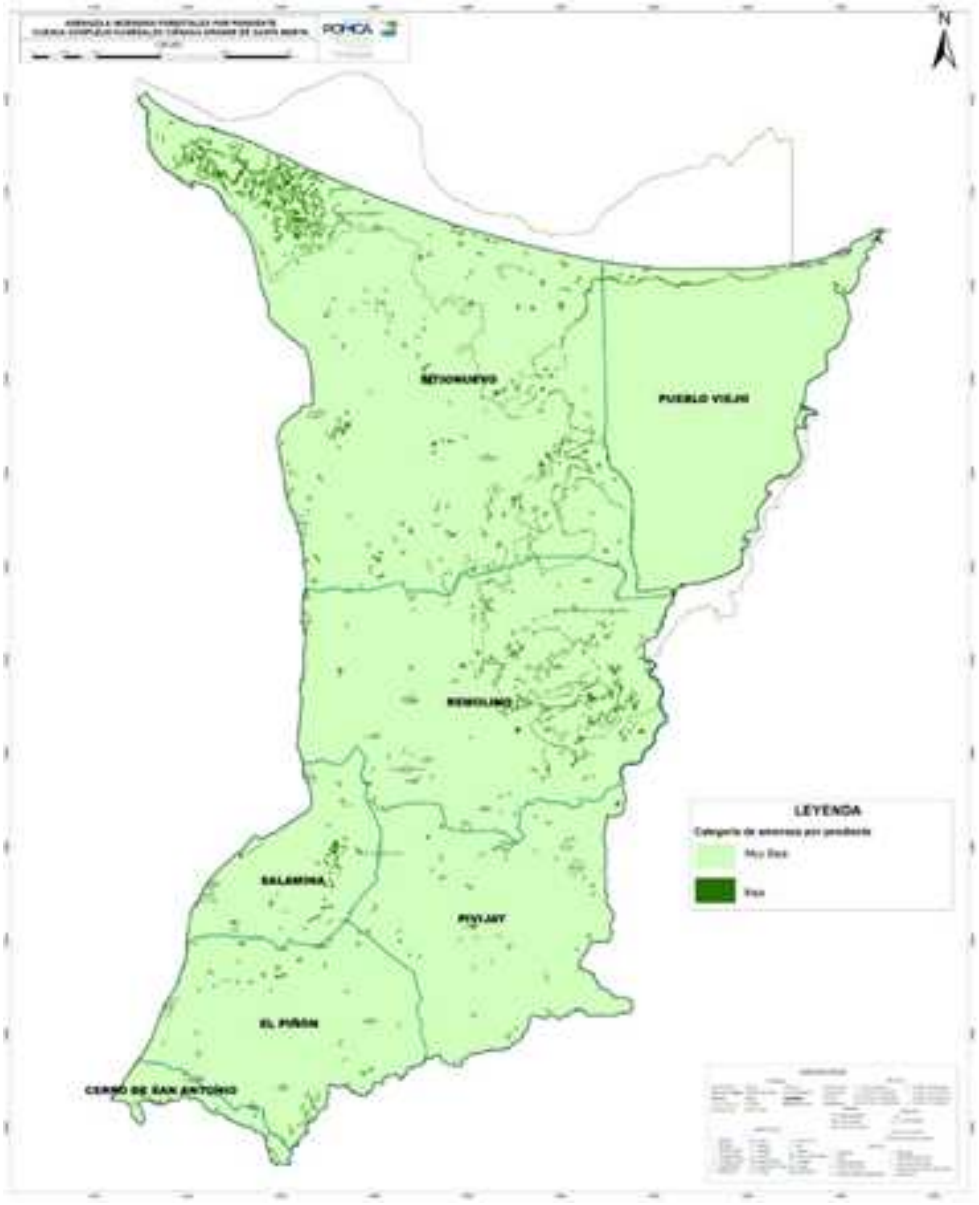
Por su parte, la temperatura influye en el contenido de humedad de la vegetación y la aparición de corrientes de aire que se elevan desde los suelos calientes. Estos eventos se potencializan en los meses de verano, especialmente al mediodía y primeras horas de la tarde (Boulandier, 2001). En el caso de la cuenca en ordenación, el 100% del área presenta una categoría de amenaza Muy Alta (Ver Figura 4.60) debido a que la temperatura promedio de la cuenca supera los 24°C; factor que incrementa la posibilidad de ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal.

**Figura 4.60. Amenaza por temperatura**



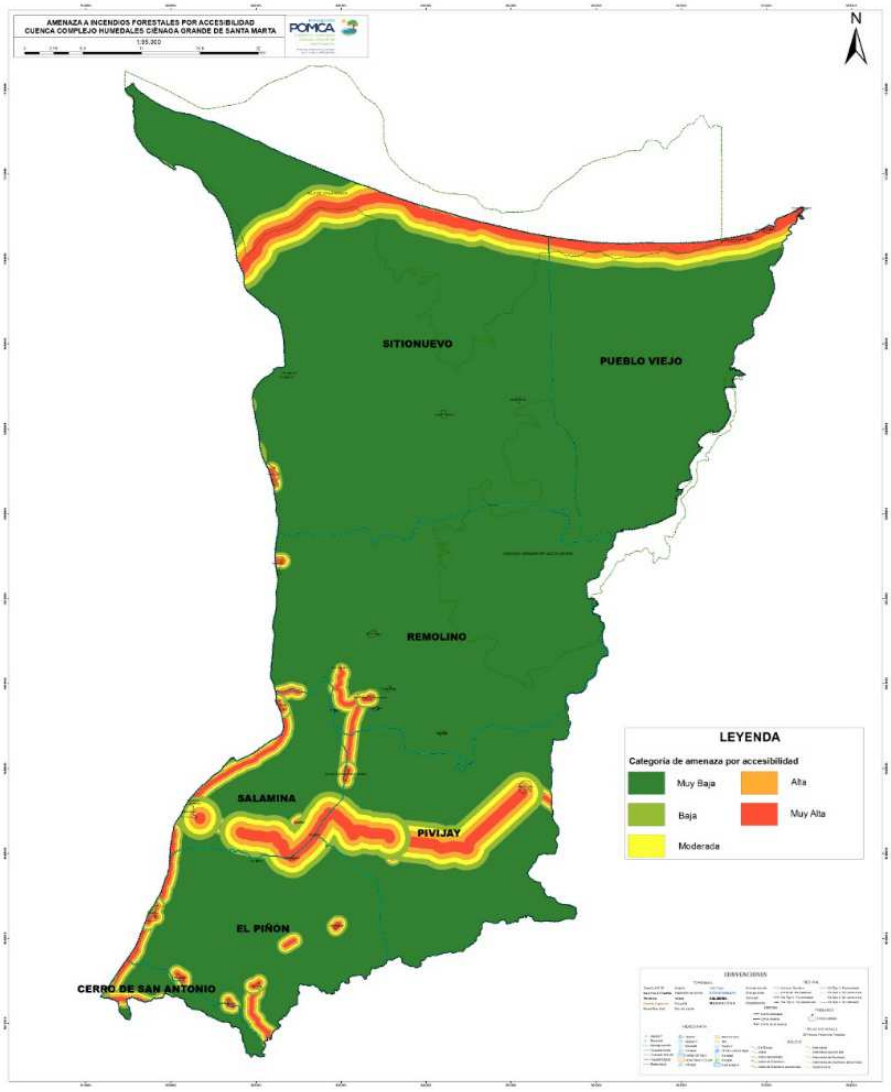
La pendiente se considera un factor importante dentro de la amenaza, pues favorece la propagación del calor, debido a que la velocidad del viento aumenta, los combustibles están más cerca de las llamas y se genera un precalentamiento rápido del combustible (Boulandier, 2001). Para la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se presentan dos categorías de amenaza por pendiente, muy baja y baja, siendo esta última la más extensa dentro del territorio en ordenación. El nivel de amenaza bajo, se observa en pequeñas extensiones distribuidas a lo largo del territorio, con pendientes que oscilan entre el 7% y 12%; ocupando una superficie de 6.879,35 hectáreas, equivalente al 2,47 % del área total de la cuenca.

**Figura 4.61. Amenaza por pendientes**



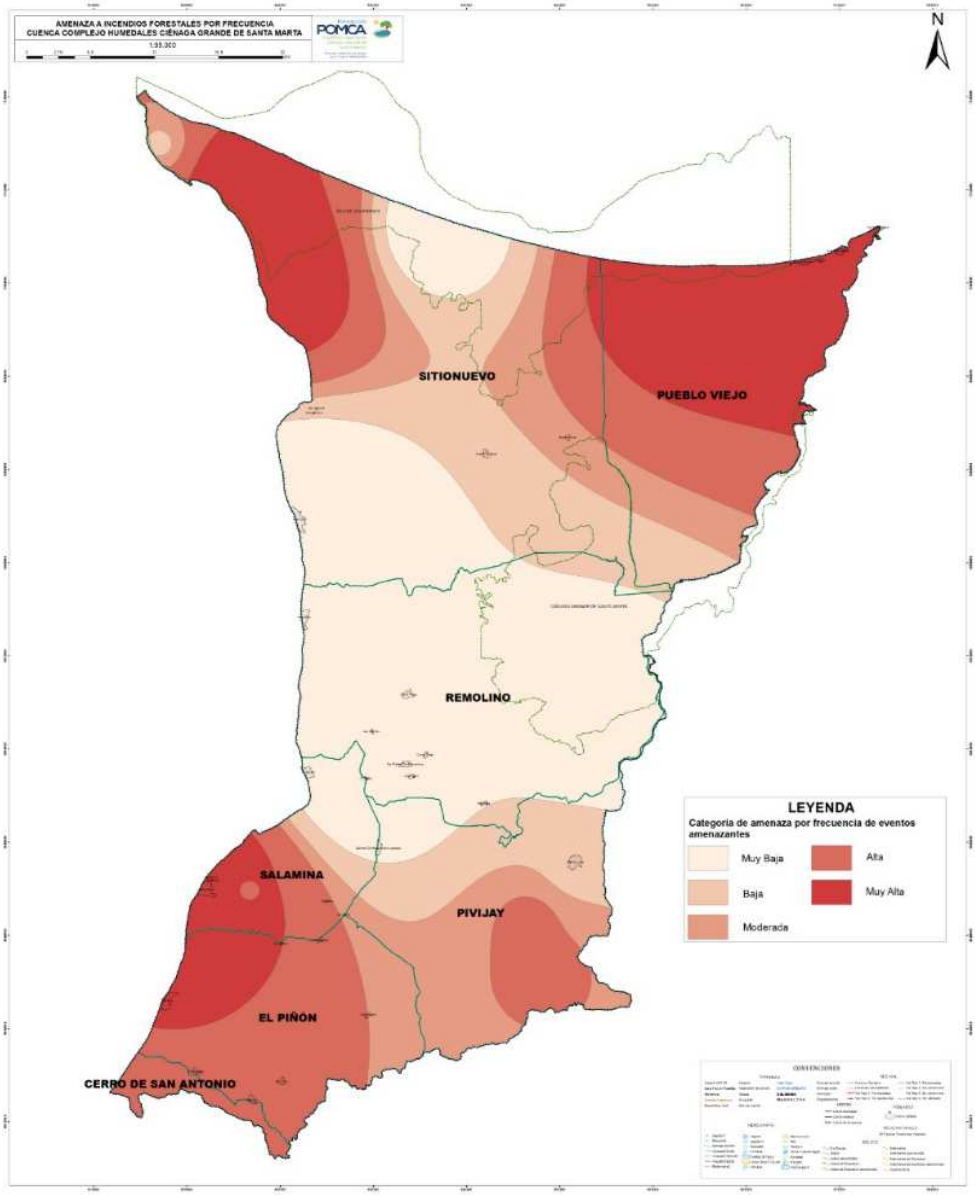
En lo relativo a la accesibilidad, el 85,17% del área de la cuenca se encuentra en amenaza muy baja; seguida por la categoría Baja, con el 3,90% de la superficie total de la cuenca. Cabe resaltar que los otros niveles de amenaza tienen valores similares, representando el 3,83%, 3,63% y 3,48% para las categorías muy alta, moderada y alta respectivamente. Los mayores niveles de amenaza por accesibilidad se encuentran en dos sectores, el primero hacia el Norte de la cuenca, debido a la vía de orden nacional que comunica a las ciudades de Barranquilla y Santa Marta y el segundo, en el extremo sur, por causa de las vías que comunican a Salamina con los municipios vecinos como Pivijay, Remolino y El Piñón.

**Figura 4.62. Amenaza por accesibilidad**



El análisis de la frecuencia de los incendios forestales en la cuenca objeto de ordenación, permite identificar áreas con mayor susceptibilidad a la generación y propagación del fuego; ya que en los sitios donde se han registrado eventos amenazantes, pueden presentarse nuevamente con mayor facilidad. Para el caso de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, el mayor nivel de amenaza por este factor se presenta en los municipios de Pueblo Viejo, Sitio Nuevo, Salamina y El Piñón; ocupando el 18,11% de la superficie de la cuenca.

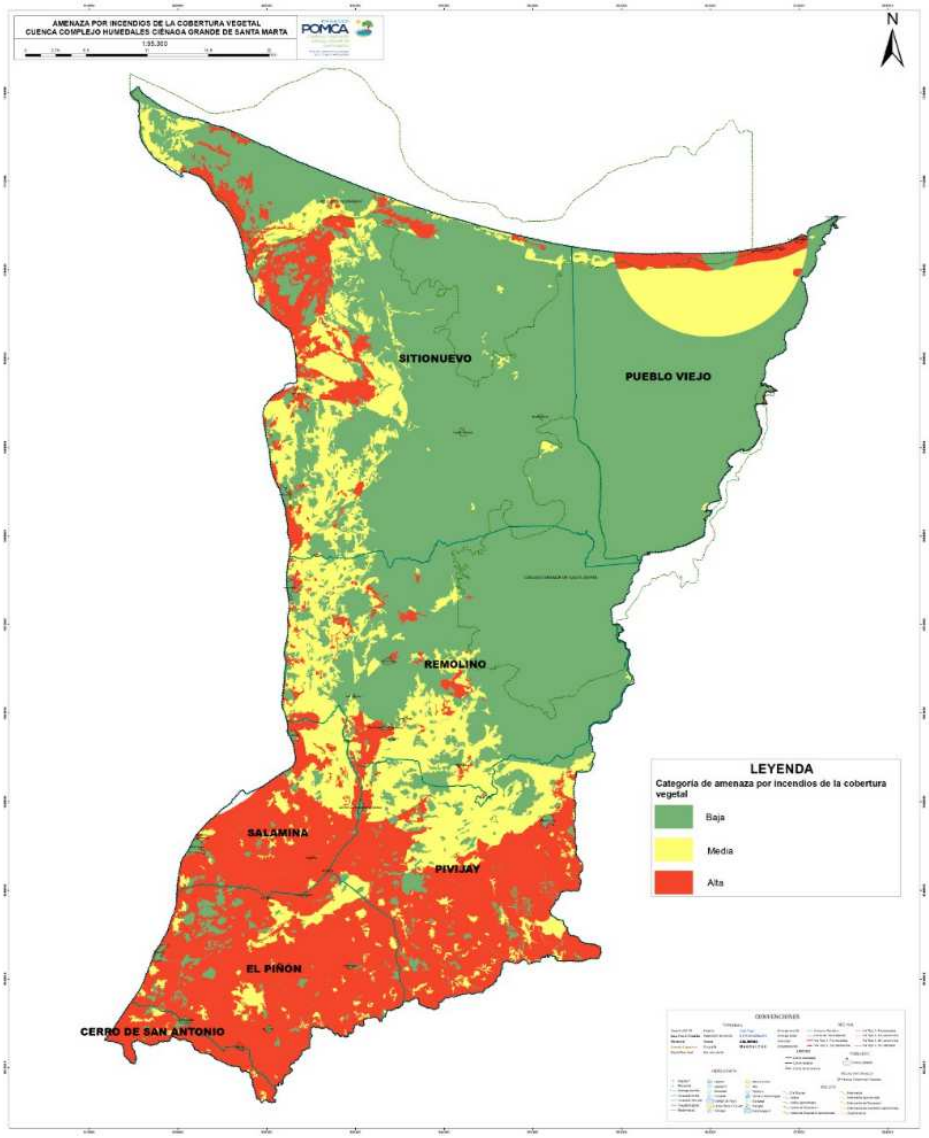
**Figura 4.63. Amenaza por frecuencia eventos históricos**



Una vez generados todos los factores, se procedió a realizar el mapa de zonificación de amenaza por incendios de la cobertura vegetal para la cuenca hidrográfica (Ver figura 4.23), observando que la mayor superficie de la cuenca, la ocupan la categoría baja (54,71%) y alta (26,63%). De igual manera, el territorio con categoría de amenaza alta, se localiza en: a) los municipios de Salamina, El Piñón y Pivijay, b) costado Nororiental del municipio de Sitio Nuevo, en cercanías al parque vía Isla Salamanca y c) En un tramo desde el casco urbano del municipio de Pueblo Viejo hasta el centro poblado de Tasajera.

*Anexo 12. Amenaza por Incendios Forestales*

**Figura 4.64. Mapa de Amenaza por Incendios Forestales para la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.**



4.3.3.3. *Identificación de necesidades de información*

De acuerdo con la zonificación de amenaza, es importante analizar detalladamente las presiones y afectaciones sobre los Parques Nacionales Naturales Santuario de Fauna y flora de la Ciénaga Grande de Santa Marta y Vía Isla Salamanca, debido a la ocurrencia de incendios forestales en la zona de influencia de estos ecosistemas estratégicos.

En municipios de Salamina, el Piñón y Pivijay, los cuales presentan los mayores niveles de amenaza ante incendios forestales, es importante determinar las causas y/o detonantes de los eventos, con el propósito de establecer las medidas de mitigación más acorde con la dinámica territorial.

Es poca la información existente sobre incendios forestales para el área de la cuenca, ya que no existe la cultura del reporte, y son escasos los entes que puedan encargarse de llevar un registro sistemático de estos. Es necesario mejorar los mecanismos comunitarios para desarrollar sistemas de alertas tempranas y a la vez para poder levantar de manera completa y con más detalle el inventario de los eventos que ocurren. Se deben fortalecer e incentivar la creación de entes como la Defensa Civil y los Bomberos en cada municipio de la cuenca.

Con relación al componente de cobertura y uso de la tierra, no se presentan necesidades de información, dado que fue desarrollado conforme a la metodología Corine Land Cover, obteniendo un producto a escala 1:25.000, que cumple con los criterios establecidos para el análisis de susceptibilidad a incendios forestales.

4.3.3.4. *Recomendaciones Finales*

En los municipios de Salamina, Sitio Nuevo, El Piñón y Pivijay; en los cuales, se presenta mayor superficie con categoría de amenaza alta y media, se requiere implementar planes de contingencia para la atención de incendios forestales, especialmente durante las temporadas secas.

Incorporación de la zonificación de amenaza por incendios forestales en la revisión y ajuste de los planes o esquemas de ordenamiento territorial de los municipios con jurisdicción en la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, definiendo su respectiva reglamentación de uso.

Para la prevención de los incendios forestales, se requiere que las entidades agropecuarias y ambientales del orden departamental y municipal, realicen acompañamientos y/o asistencias técnicas a los agricultores, con el objetivo de modificar las prácticas inadecuadas de renovación de cultivos y/ caza (Quema); ya que, son los detonantes principales de este tipo de eventos, según los reportes de los habitantes de la cuenca.

Para el manejo y atención de este tipo de eventos, es indispensable el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana, para controlar oportunamente la propagación del fuego. De igual manera, se requiere que los organismos de socorro, cuenten con el recurso humano, técnico y físico necesario para la atención de emergencias.

Establecer barreras cortafuego en las áreas con mayor recurrencia de incendios forestales (municipios de Salamina, Sitio Nuevo, El Piñón y Pivijay), con el propósito de establecer un limitante para la propagación del fuego.

### 4.3.4. Amenaza por Avenidas Torrenciales

Para las áreas críticas definidas en la evaluación de la susceptibilidad por avenidas torrenciales, la caracterización se realiza a partir del trabajo de campo donde se asignaron categorías de amenaza integrándolas con el análisis de eventos históricos y los parámetros morfométricos para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta siguiendo lo establecido en la Figura 4.65, es de resaltar que para el área en evaluación no se identificó susceptibilidad de amenaza con categorías media y alta, sin embargo, se establece un análisis general de las características principales de la cuenca, complementando la determinación de la zonificación de amenaza por este tipo de eventos.

**Figura 4.65. Diagrama de flujo para la evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales en áreas críticas.**




Fuente: Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.

#### 4.3.4.1. *Metodología*

A partir del análisis de áreas críticas se priorizaron las zonas con categoría media y alta de susceptibilidad de amenaza por avenidas torrenciales teniendo en cuenta las 4 categorías establecidas (Tabla 4.40), integrando los índices morfométricos de torrencialidad ya establecidos para la susceptibilidad.

**Tabla 4.40. Categorización de amenaza por avenidas torrenciales**

| Grado de Amenaza | Descripción |
|---|---|
| **Amenaza Baja** | Áreas torrenciales identificadas por fotointerpretación (a la escala de trabajo o mayores), las cuales no pueden ser identificadas dentro de las categorías anteriores (zonas alejadas de los canales torrenciales y sin evidencias claras de eventos históricos y sus afectaciones). |
| **Amenaza Nula** | No presenta ningún tipo de afectación a partir de los rasgos geomorfológicos, geológicos y áreas reportadas por la comunidad |

Fuente: Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas

Para el trabajo en campo, se tuvo en cuenta cuatro indicadores y aspectos fundamentales (multitemporalidad propuesta por Parra, 1995) establecidos en la Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (Figura 4.66) donde se integra la caracterización de los materiales, la geomorfología, multitemporalidad de las geoformas identificadas y la información de las comunidades presentes en el área:

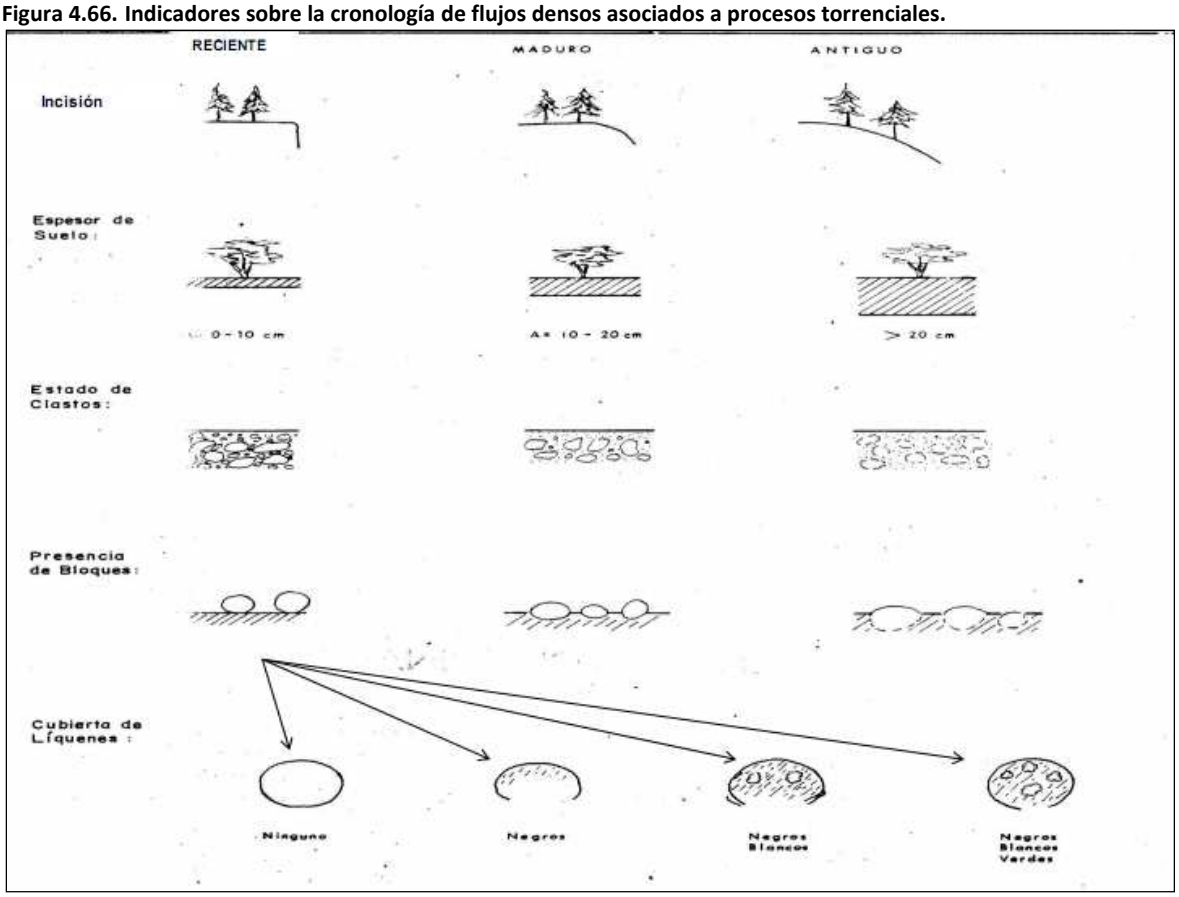
❖ Textura de los depósitos torrenciales formados por diferentes mecanismos de transporte (depósitos formados por flujos de detritos, flujos de lodo, flujos de tierra o depósitos de origen fluvio-torrencial).

❖ Morfologías superficiales: presencia de diques o muros naturales de material de arrastre (“levees”), lóbulos frontales, bloques de más de 1m de diámetro, daños a la vegetación, canal trapezoidal. Este análisis debe tener como soporte la información de la cartografía geomorfológica y geológica del área en evaluación.

❖ Años: Huellas en el cauce, sin vegetación o rastrojo bajo en márgenes, depósito y cicatrices de movimientos en masa asociados, afectación de la corteza de árboles mayores, ausencia de líquenes en bloques de roca, ausencia de horizontes A y B de suelo. Coronas de cicatrices agudas.

❖ Decenas de años: Rastrojo alto o árboles mayores en márgenes, depósito y cicatrices de movimientos en masa asociados, líquenes en bloques, matriz fresca, coronas de cicatrices subredondeadas.

**Figura 4.66. Indicadores sobre la cronología de flujos densos asociados a procesos torrenciales.**

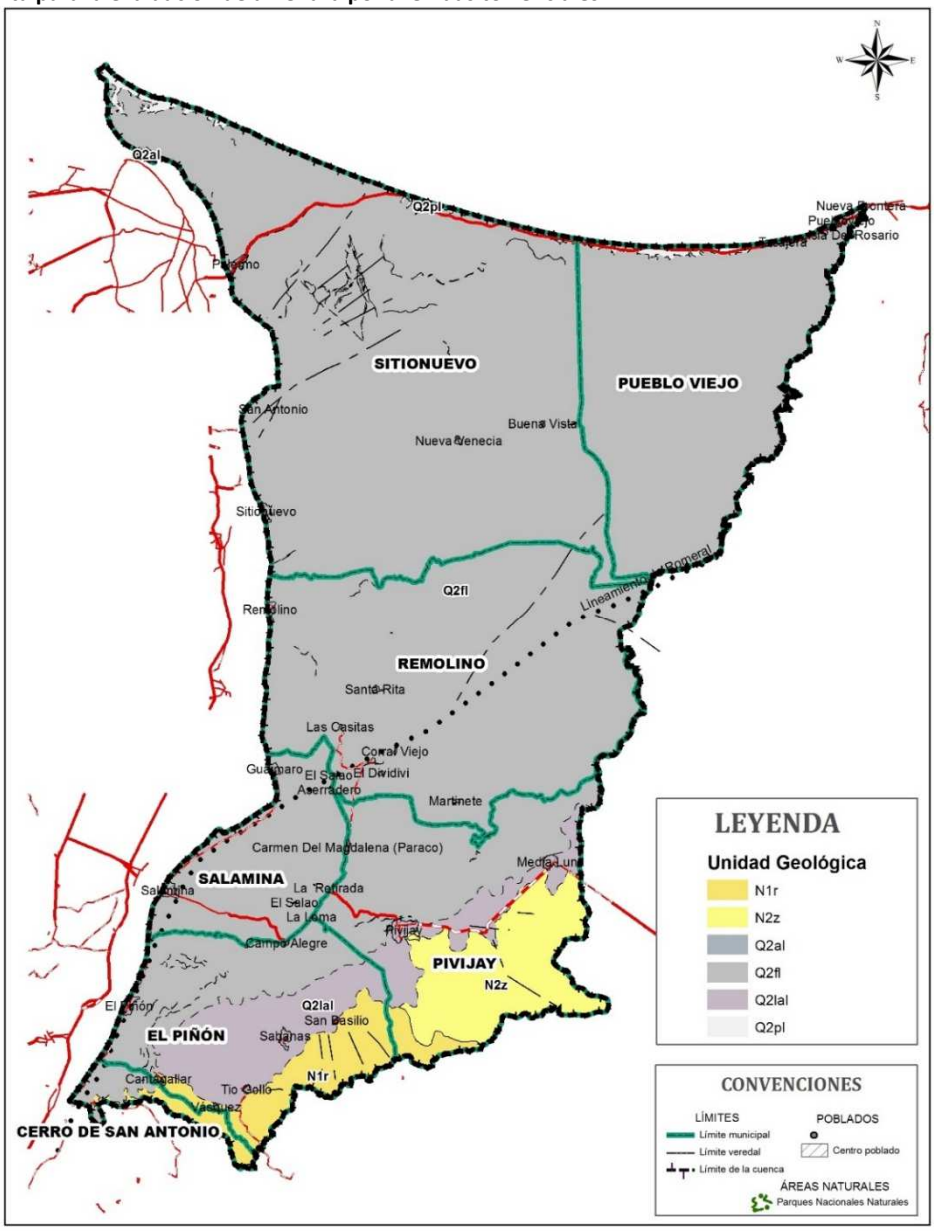



Fuente: Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (Adaptado de Parra, 1995)

### 4.3.4.2. *Análisis de resultados*

Teniendo en cuenta los parámetros para identificar los procesos en campo, se tomó desde la variable geología los tipos de depósitos presentes en las áreas críticas registradas como se observa en la Figura 4.67, donde se identifican depósitos cuaternarios de terraza, aluviales, fluviolacustres y llanuras de inundación, unidades que no presentaron rasgos caracteristicos de ocurrencia por eventos de avenidas torrenciales.

**Figura 4.67. Geología en el área correspondiente a las áreas críticas de la cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta para la evaluación de amenaza por avenidas torrenciales.**



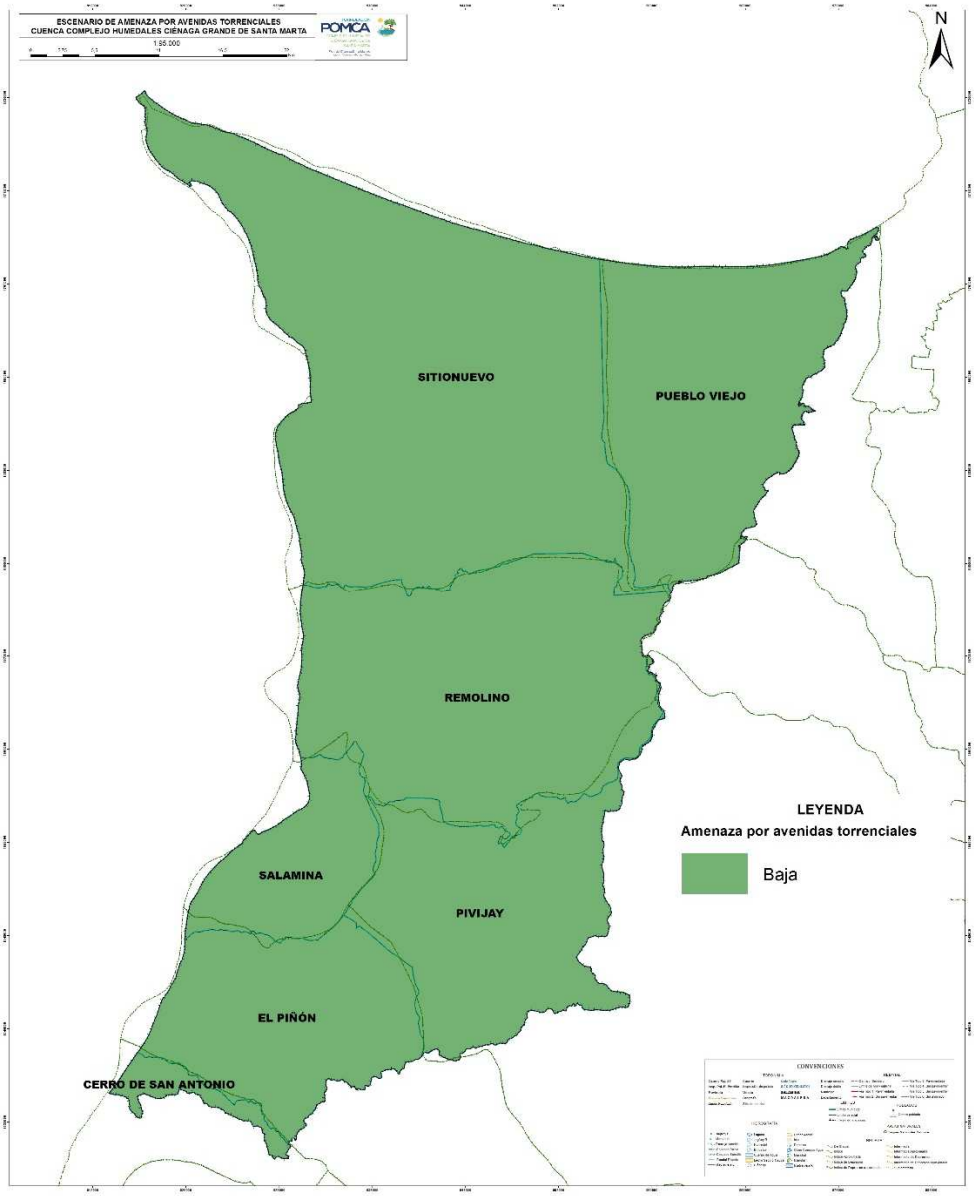

Al realizar el análisis en conjunto de la calificación geomorfológica y el reporte de eventos históricos los cuales pueden estar asociados a la dinámica erosiva del río Magdalena y las comunidades la toman como un proceso de avenida torrencial, aun cuando no lo sea. Se determinan las probables áreas a recurrencia de avenidas torrenciales, las cuales presentan características similares por la morfología de la cuenca, teniendo en cuenta los parámetros estableciendo la relación de las subunidades geomorfológicas con la ocurrencia a generar eventos de avenidas torrenciales tal como se muestra en la Tabla 4.41.

**Tabla 4.41. Caracterización geomorfológica relacionada con procesos morfodinámicos**

| Región geomorfológica | Código | Unidad y subunidad geomorfológica | Litología | Relieve | Procesos morfodinámicos |
|---|---|---|---|---|---|
| Ambiente Denudacional | Dld | Laderas de lomas denudacionales | Depósitos poco consolidados de arenitas, lodolitas | Bajo | Escurrimiento superficial difuso |
| Ambiente Marino | Mpy | Llanura marina: Playa | Depósito de arenas transportadas por el oleaje | Muy Bajo | Erosión costera e inundaciones por oleaje |
| | Mbe | Llanura marina: Barra espiga | Depósito de arenas y lodos | Muy Bajo | Inundaciones por oleaje |
| | Mpml | Llanura marina: Plano de marea lodoso | Depósito de limos y arenas | Muy Bajo | Encharcamientos e inundaciones |
| | Mlc | Llanura marina: Laguna costera | Depósitos de arenas finas, limos y arcillas | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Mpmm | Llanura marina: Plano de marea con manglar | Depósito de arenas, limos con vegetación halófita y abundante materia orgánica | Muy Bajo | Inundaciones |
| Ambiente Eólico | Ela | Llanura eólica: Llanura arenosa | Depósito de arenas transportadas por el viento | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Ema | Llanura eólica: Manto de arena | Depósito de arenas | Muy Bajo | Inundaciones |
| Ambiente Fluvial | Fdl | Delta | Arenas finas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fpt1 | Plano de terraza aluvial nivel 1 | Arenas finas y limos | Muy Bajo | Encharcamientos |
| | Fpt2 | Plano de terraza aluvial nivel 2 | Arenas finas | Muy Bajo | Escurrimiento superficial difuso |
| | Fcd | Llanura de inundación: Cuencas de decantación | Depósito de limos y arenas finas | Muy Bajo | Encharcamientos e inundaciones |
| | Fo | Llanura de inundación: Orillares | Depósito de arenas | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fc | Llanura de inundación: Cauce | Arenas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fcq | Llanura de inundación: Cauce de quebradas | Gravilla, arenas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fa | Llanura de inundación: Albardones | Depósito de arenas finas | Muy Bajo | Escurrimiento superficial difuso |
| | Fpi | Llanura de inundación: Planicie de inundación | Depósito de arenas muy finas | Muy Bajo | Encharcamientos |
| | Fcb | Llanura de inundación: Cubeta de desborde | Depósito de arenas muy finas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fca | Llanura de inundación: Cauce abandonado | Arenas y limos | Muy Bajo | Inundaciones |
| | Fba | Llanura de inundación: Banco de arena | Depósito de arenas | Muy Bajo | Inundaciones |

Teniendo la integración temática entre las subunidades geomorfológicas y las unidades geológicas en las áreas críticas reportadas, con el control de campo enfocado en las áreas de posible ocurrencia a procesos de avenidas torrenciales y con el catalogo histórico analizado junto a los eventos reportados por la comunidad, se determina la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales para el área de la cuenca hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, como se muestra en la Figura 4.68 y se adjunta en el Anexo 13.

**Figura 4.68. Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales**



4.3.4.3. *Amenaza Baja por Avenidas Torrenciales*

Presenta amenaza baja con un porcentaje de 87,62% del área total de la cuenca, localizada de forma distribuida en toda el área de la cuenca.

**Tabla 4.42. Porcentajes de amenaza en el área total de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**

| Categoría de Amenaza | Porcentaje (%) |
|---|---|
| Baja | 100 |
| Total | 100 |

4.3.4.4. *Necesidades de Información*

Es de gran importancia contar con una base de datos clara y especifica con la mayor información detallada reportada (fecha de ocurrencia, fuente, detonante, causas, afectaciones) y georreferenciada que aporte un conocimiento claro en las zonas donde se presentan recurrentemente este tipo de procesos con el fin de nutrir y especificar las áreas críticas con mayor afectación en el área de la cuenca, y así, lograr una modelación acorde a la realidad, obteniendo una zonificación de susceptibilidad y amenaza por avenidas torrenciales que refleje la posible ocurrencia de estos eventos, y realizar una determinación clara de la mitigación y formas de disminuir la vulnerabilidad y riesgo en las áreas con mayor afectación por estos eventos.

Contar con estudios geomorfológicos a escalas más detalladas en las áreas determinadas en amenaza media y alta, que permita precisar con mayor exactitud el área de ocurrencia de estos eventos, disminuyendo de esta manera las afectaciones y aumentando el conocimiento para la mitigación de este tipo de amenaza.

Verificar los procesos morfodinámicos (Avenidas Torrenciales, Derrumbes) que se generan al interior del Parque Nacional Natural Sierra Nevada y zonas aledañas topográficamente accidentadas que puedan ocasionar movimientos en masa tipo flujo en los drenajes contiguos a la zona en evaluación, donde ocasionan afectación dentro del área de la cuenca (Río Fundación Aracataca, Río Frío, entre otros), con el propósito de integrar en su plan de manejo, medidas de reducción y/o mitigación de este tipo de eventos.

### 4.3.5. Amenaza por otros eventos

En la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta se han identificado como Otros Eventos Amenazantes, los fenómenos de Sequias, Erosión costera, Sismos, Vendavales y Marejadas. A estos eventos no se les dio un tratamiento detallado dentro en los ítems de Análisis de susceptibilidad ni en la definición de Áreas críticas, debido a que su análisis no hace parte del objeto de este estudio; sin embargo, se incluye una breve reseña para cada uno, construida a partir de información secundaria principalmente, y con los apartes recibidos de las comunidades durante las fases de campo y en los talleres realizados en la Fase de diagnóstico.

4.3.5.1. *Amenaza por Sequía.*

La sequía supone una anomalía transitoria, más o menos prolongada, caracterizada por un periodo de tiempo con valores de las precipitaciones inferiores a los normales en el área. La causa inicial de

toda sequía es la escasez de precipitaciones (sequía meteorológica) lo que deriva en una insuficiencia de recursos hídricos (sequía hidrológica) necesarios para abastecer la demanda existente (MAPAMA, s.f.).

Este fenómeno debería considerarse como una característica repetitiva del clima y es una condición, más relativa que absoluta, que debería ser definida para cada región y para cada grupo de organismos vivos. Todas las sequías difieren entre sí en intensidad, duración y extensión en el espacio geográfico (PAN, 1995). La sequía se considera como un problema social que genera una cadena de sub-problemas tales como, reducción de la producción, falta de seguridad alimentaria, migración, problemas de salud e incremento de la pobreza; reduciendo significativamente las condiciones de vida de las poblaciones.

El territorio colombiano no es ajeno a esta realidad, se han registrado eventos de sequía con diferentes intensidades y escalas espacio temporales, afectando la disponibilidad de agua de las regiones; siendo el evento del año 1992, el que presenta mayor recordación en la población, debido a que la escasez del recurso hídrico generó una crisis energética, la cual se extendió por varios meses.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), revela que dentro del área de la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se han presentado dos periodos de sequía de intensidad significativa (marzo/76-febrero/78 y agosto/82-junio/84) clasificada entre ligera y moderada, con mayor déficit hídrico en el municipio de Pivijay.

**Figura 4.69. Sequia en la Ciénaga Grande de Santa Marta. El loteo y el represamiento de las aguas por parte de particulares es evidente en esta imagen de la Ciénaga Grande septiembre de 2015.**



Fuente: http://www.elheraldo.co/magdalena/si-no-se-frenan-danos-cienaga-grande-podria-desaparecer-en-diez-anos-219156

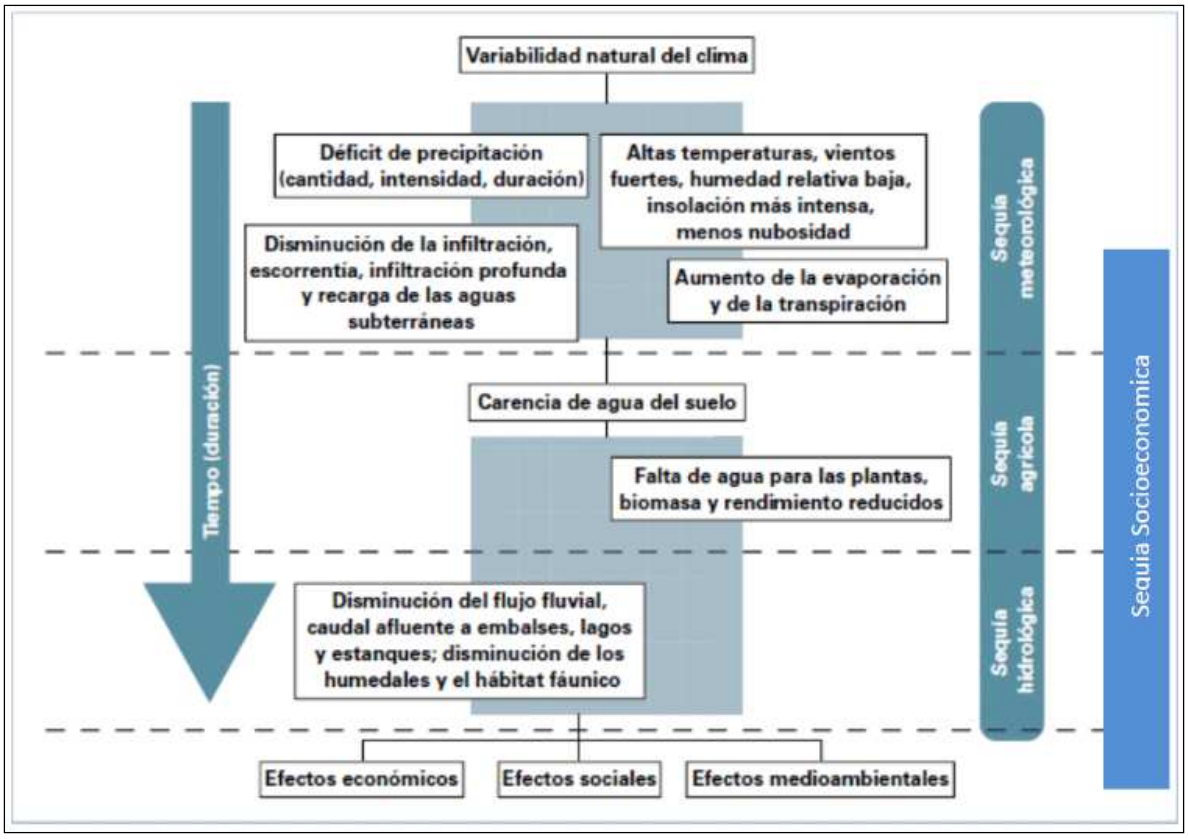
El desarrollo del este ítem, busca contribuir con la evaluación de la sequía meteorológica de la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, aplicando el método del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), el cual considera que las condiciones de sequía se presentan, al disminuir la cantidad de lluvia acumulada por debajo del valor promedio.

4.3.5.1.1. *Generalidades*

La sequía es una manifestación de la variabilidad del ciclo hidrológico y es uno de los fenómenos climáticos más complejos que afectan las estructuras socioeconómicas y ambientales de un territorio (Wilhite, 1993). Su complejidad radica, en parte, en la inexistencia de una variable física que se pueda medir para cuantificarla (Vicente-Serrano, 2012), conllevando a la generación de diversas conceptualizaciones del fenómeno, en función de los efectos o impactos que tenga sobre los tipos de sistemas (Agricultura, recursos hídricos, ecosistemas, economía).

En la Figura 4.70**,** se puede observar la secuencia de sucesos de sequía y sus efectos para tipos de sequía comúnmente aceptados:

**Figura 4.70. Comportamiento de la sequía**




Fuente: Centro Nacional de Mitigación de Sequías, Universidad de Nebraska-Lincoln, Estados Unidos de América.

Todas las sequías son consecuencia de un déficit de precipitación provocando diferentes tipos de sequía y de efectos. Los principales tipos de sequías que existen son: Meteorológica, Agrícola, e hidrológica.

- Sequía Meteorológica: La sequía meteorológica es definida usualmente comparando la precipitación del momento (días, meses e incluso años) de una zona específica con el registro histórico de la precipitación media para esa zona o región. Esta sequía está basada en un solo parámetro, la cantidad de precipitación que se registra debido a unas condiciones atmosféricas dadas; si hay reducción de la precipitación existió sequía meteorológica (IDEAM, 2006). Este tipo de sequía es la que se desea evaluar para la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, debido a que permite evidenciar la dinámica del fenómeno de acuerdo con el comportamiento climático de la zona.

- Sequía Hidrológica: Esta sequía es producida cuando los suministros de agua de la superficie terrestre y del subsuelo son deficientes e inferiores a los normales. La frecuencia y severidad de esta sequía es a menudo definida por el nivel de los ríos u otras escalas. Aunque todas las sequías se originan de un déficit de precipitación, en la sequía hidrológica se profundiza en cómo ésta forma parte del sistema hídrico. Además, esta sequía está usualmente desfasada de la ocurrencia de sequías meteorológicas o agrícolas; lo anterior, debido a que toma más tiempo que se evidencien las deficiencias de precipitación en los componentes del sistema hídrico como son humedad del suelo, niveles de los ríos, lagos, embalses y aguas freáticas (IDEAM, 2006).

- Sequía Agrícola: La sequía agrícola se presenta cuando el agua con la que se cuenta, ya sea por precipitación o por almacenamiento en el suelo o en los diferentes cuerpos de agua, no es suficiente para que los cultivos puedan crecer y desarrollarse de manera adecuada. La sequía agrícola tiene lugar cuando hay periodos de baja precipitación, evapotranspiración actual y potencial altas, déficit de agua en el suelo, reducción del nivel de agua en los ríos y acuíferos, entre otros. La sequía agrícola y su severidad dependen en buena proporción de las actividades humanas. Este tipo de sequía se manifiesta justo después o en el transcurso de una sequía meteorológica y es previa a la sequía hidrológica. Sus impactos se limitan al estado de los cultivos y no tienen en cuenta ninguna otra consecuencia que pueda originar una sequía (IDEAM, 2006).

Por otro lado, el comportamiento temporal, geográfico o espacial y la variedad de factores y escalas que involucran la sequía, la hacen difícil de definir y medir. Muchas mediciones cuantitativas han sido desarrolladas dependiendo de la región, disciplina o propósito; dentro de las que se destacan: índices de déciles de precipitación, índice normalizado de precipitación (SPI), Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI) e Índice de Disponibilidad Hídrica (IDH). Para el caso particular de la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se ha seleccionado el índice estandarizado de precipitación, debido a su sencillez y a su practicidad en la identificación y seguimiento del fenómeno.

El índice normalizado de precipitación (SPI), es un método utilizado por el Centro de Mitigación de la Sequía de Estados Unidos (NDMC); el cual se fundamenta en el ajuste de una serie de lluvia mensual a una distribución probabilística tipo Gamma, que posteriormente se trasforma en una distribución normal. De esta manera, el SPI representa el número de desviaciones estándar que cada registro se aparta de su valor normal para el periodo analizado; deduciendo que registros de precipitación superiores al promedio histórico, darán valores positivos, representando condiciones de humedad; y, por el contrario, registros de precipitación inferiores al promedio histórico, arrojarán valores negativos, indicando un déficit de humedad.

El SPI puede calcularse para distintas escalas temporales (3, 6, 9, 12, 24 y 48 meses), lo cual permite evaluar la severidad de la sequía en el corto y largo plazo, de acuerdo con la intensidad del fenómeno, la cual se clasifica en los siguientes rangos:

**Tabla 4.43. Categorización de eventos de sequía de acuerdo con el Índice SPI**

| Rango | Clasificación | Identificación |
|---|---|---|
| Desde -2 y menos | Extremadamente seco | |
| Desde -1,5 a -1,99 | Severamente seco | |
| Desde -1,0 a -1,49 | Moderadamente seco | |
| Desde -0,99 a 0,99 | Normal o aproximadamente normal | |
| Desde 1,0 a 1,49 | Moderadamente húmedo | |
| Desde 1,5 a 1,99 | Muy húmedo | |
| Desde 2,0 y > | Extremadamente húmedo | |

Fuente: OMM, 2012

Es importante reconocer que el cambio climático está alterando el perfil de los riesgos de desastres, no solo con el incremento de los riesgos relacionados con el clima (inundaciones, sequías) sino también con el aumento de los efectos o vulnerabilidades en la sociedad, convirtiéndose en tarea imprescindible la generación de acciones en torno a la reducción del riesgo y adaptación al cambio climático, a fin de minimizar el número e intensidad de los efectos generados, especialmente en las épocas de sequía.

4.3.5.1.2. *Metodología*

El procedimiento metodológico utilizado para el análisis de las condiciones de sequía de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, consideró los siguientes pasos:

- *Selección de la Información*

Los registros de precipitación se tomaron de la base de datos del IDEAM, seleccionando aquellas estaciones que cumplieran con algunos parámetros, tales como: extensión de la serie histórica, localización, representatividad y calidad de los datos. Escogiendo finalmente 56 estaciones, a fin de regionalizar el comportamiento de la precipitación de la cuenca hidrográfica.

**Tabla 4.44. Estaciones meteorológicas para la evaluación de la sequía**

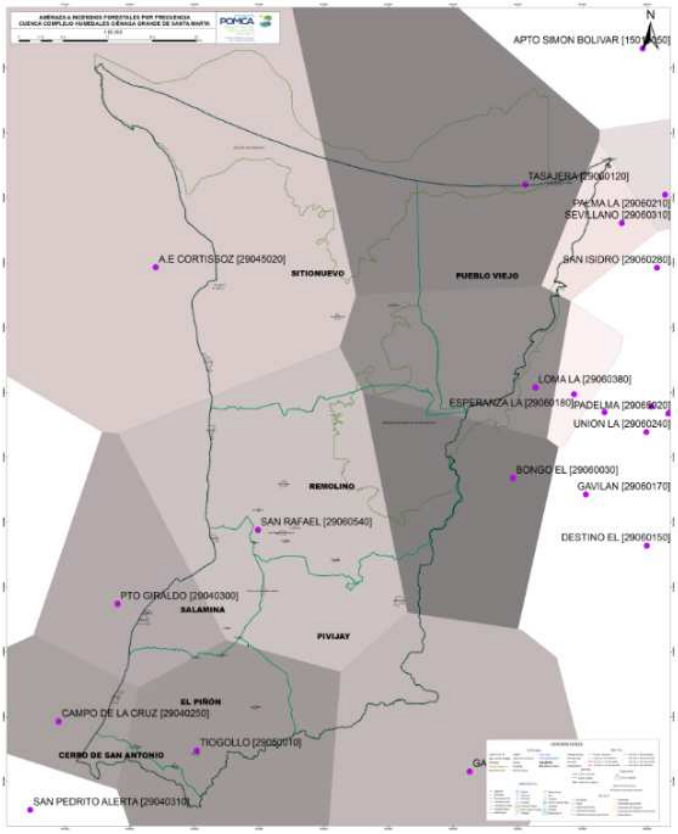
| N° | CODIGO | NOMBRE ESTACIÓN | CATEGORIA | COOR ESTE | COOR NORTE |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 29045020 | A.E CORTISSOZ | SP | 923218,804 | 1695420,46 |
| 2 | 15015050 | APTO SIMON BOLIVAR | SP | 983463,111 | 1722433,35 |
| 3 | 25021600 | APURE | PM | 944842,409 | 1583561,43 |
| 4 | 29060030 | BONGO EL | PM | 967395,089 | 1669399,34 |
| 5 | 28040320 | BRILLANTE EL | PM | 1012989,52 | 1564746,76 |
| 6 | 28040360 | CABANA LA HDA | PM | 1000086,2 | 1582247,95 |
| 7 | 29030450 | CALMA LA | PM | 870055,086 | 1590440,36 |
| 8 | 29040290 | CAMPANOS LOS | PM | 902120,891 | 1659457,96 |
| 9 | 29040250 | CAMPO DE LA CRUZ | PM | 911203,137 | 1639392,12 |
| 10 | 28030190 | CARACOLI | PM | 1037901,64 | 1607452,67 |
| 11 | 29060140 | CARMEN | PM | 987424,853 | 1670949,96 |
| 12 | 29030410 | CASA DE BOMBAS | PM | 884666,381 | 1653679,69 |
| 13 | 29060060 | CENIZO EL | PM | 1000468,94 | 1669697,04 |
| 14 | 29060150 | DESTINO EL | PM | 983955,508 | 1661079,27 |
| 15 | 15030010 | DIBULLA | PM | 1084198,12 | 1738333,44 |
| 16 | 29060560 | DOÑA MARIA | PM | 989001,436 | 1640147,09 |
| 17 | 29060160 | ENANO EL | PM | 987874,574 | 1696166,53 |
| 18 | 29060180 | ESPERANZA LA | PM | 974976,767 | 1679762,91 |
| 19 | 28020150 | ESPERANZA LA HDA | PM | 1044803,11 | 1600965,34 |
| 20 | 29060040 | FUNDACION | PM | 988538,093 | 1655623,61 |
| 21 | 29030170 | GAMERO | PM | 876786,32 | 1619988,93 |
| 22 | 29020020 | GARRAPATA | PM | 962051,621 | 1633209,86 |
| 23 | 29060170 | GAVILAN | PM | 976432,661 | 1667391,54 |
| 24 | 15010300 | GUACHACA | PG | 1026025,79 | 1735621,48 |
| 25 | 29060380 | LOMA LA | PM | 970195,088 | 1680593,32 |
| 26 | 28040270 | MANATURE HDA | PM | 1031680,29 | 1601519,84 |
| 27 | 15010010 | MINCA | PM | 995358,362 | 1723812,16 |
| 28 | 29030520 | MONTECRISTO | PM | 875018,421 | 1592230,01 |
| 29 | 28040100 | MONTERRUBIO | PM | 978554,435 | 1623477,43 |
| 30 | 29065020 | PADELMA | CO | 986631,114 | 1677387,26 |
| 31 | 29060210 | PALMA LA | PM | 986235,124 | 1704371,12 |
| 32 | 29060270 | PALO ALTO | PM | 978733,843 | 1677544,96 |
| 33 | 28010370 | PARIS DE FRANCIA | PM | 1081990,18 | 1652179,72 |
| 34 | 28040350 | PASO EL | PM | 1036027,27 | 1559710,78 |
| 35 | 29060250 | PROYECTOS LOS | PM | 984513,629 | 1678260,79 |
| 36 | 29040300 | PTO GIRALDO | PM | 918471,713 | 1653896,34 |
| 37 | 29035070 | REPELON | CP | 885966,273 | 1653146,77 |
| 38 | 28030220 | SAN ANGEL | PM | 1069684,12 | 1636503,35 |
| 39 | 28020410 | SAN BENITO | PM | 1082985,88 | 1618360,11 |
| 40 | 29030200 | SAN CAYETANO | PM | 884056,073 | 1608840,13 |
| 41 | 28020420 | SAN GABRIEL | PM | 1046742,76 | 1589276,91 |
| 42 | 29060280 | SAN ISIDRO | PM | 985235,155 | 1695368,75 |
| 43 | 15015060 | SAN LORENZO | CP | 1004796,09 | 1717083,11 |
| 44 | 29060070 | SAN PABLO | PM | 1005544,64 | 1687017,58 |
| 45 | 29040310 | SAN PEDRITO ALERTA | PM | 907681,809 | 1628480,45 |

| N° | CODIGO | NOMBRE ESTACIÓN | CATEGORIA | COOR ESTE | COOR NORTE |
|---|---|---|---|---|---|
| 46 | 29060540 | SAN RAFAEL | PM | 935852,284 | 1663010,02 |
| 47 | 29060090 | SAN SEBASTIAN DE R | PM | 1052260,98 | 1660341,16 |
| 48 | 29060310 | SEVILLANO | PM | 980871,234 | 1700870,95 |
| 49 | 29030370 | STA ANA | PM | 838535,321 | 1623892,21 |
| 50 | 29060100 | STA ROSA DE LIMA | PM | 996661,066 | 1642170,35 |
| 51 | 29060120 | TASAJERA | PM | 968933,271 | 1705618,03 |
| 52 | 29050010 | TIOGOLLO | PM | 928305,132 | 1635791,5 |
| 53 | 29060240 | UNION LA | PM | 983925,696 | 1675090,13 |
| 54 | 28040300 | VILLA CONCEPCION | PM | 1024962,72 | 1569979,02 |
| 55 | 28010070 | VILLA MARLENE | PM | 1066886,42 | 1618203,23 |
| 56 | 15010040 | VISTA NIEVES | PM | 1003855,28 | 1716990,84 |

Fuente: Adaptado del IDEAM, 2015

Sin embargo, cabe anotar que, en la cuenca en ordenación, el comportamiento del régimen de precipitación está influenciado directamente por quince estaciones (Apto E Cortissoz, El Bongo, Campo de la Cruz, El Destino, La Esperanza, Fundación, Gavilán, La Loma, Monterrubio, La Palma, Puerto Giraldo, San Rafael, Sevillano, Tasajera y Tiogollo), tal como se representa en la siguiente figura.

**Figura 4.71. Influencia de las estaciones meteorológicas**



Cada una de las estaciones meteorológicas seleccionadas, cuentan con series de precipitación completas de más de 30 años, evitando que los datos faltantes generen conclusiones erróneas y cumpliendo con los lineamientos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), quién no recomienda estaciones con menos tiempo de información.

- *Procesamiento de la 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).

- *Calculo de las intensidades de sequía*

Se eligió trabajar con períodos acumulados de 3 meses (SPI 3), doce meses (SPI 12) Y veinticuatro meses (SPI 24), ya que estos periodos permiten reconocer y analizar los tres tipos de sequía más frecuentes: Meteorológica, Agrológica e Hidrológica. Para cada uno de estos periodos, se realizó el análisis de intensidad, la cual corresponde al valor del SPI, es decir, la desviación de la precipitación acumulada; evidenciando que algunas estaciones alcanzan valores <-2, correspondiente a condiciones extremadamente secas.

- *Determinación de la Magnitud y Duración de los eventos de sequía*

La duración de un evento de sequía, se determinó según la longitud del periodo en el que se presente una secuencia continua de valores iguales o inferiores a -1, es decir, comienza cuando el SPI está por debajo de –1, y termina cuando el SPI se hace mayor de –1. Una vez identificados los periodos de sequía, se realizó una sumatoria de los índices SPI de cada estación para esos periodos. Estas series de sumas comprenden la magnitud de sequía en los sitios de estudio, los cuales resultaron con valores comprendidos en el intervalo entre –20 a 20 aproximadamente.

- *Zonificación de la amenaza por sequía*

Para la zonificación de la amenaza por sequía de la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se eligió trabajar con períodos acumulados de 3 meses (SPI 3), ya que los períodos mensuales mostraban gran variabilidad, y los acumulados de 12 meses o más, muestran tendencias asociadas a una sequía hidrológica y no meteorológica (la cual es el objeto del presente análisis). Adicionalmente, el SPI 3, permite analizar la dinámica del fenómeno de sequía, de acuerdo con el comportamiento climático de la cuenca hidrográfica, diferenciando con mayor claridad, las temporadas lluviosas y secas.

El procedimiento metodológico para la zonificación de la amenaza por sequía, se obtuvo a través de la combinación de los criterios de intensidad y probabilidad de ocurrencia, siguiendo los pasos descritos a continuación:

- Una vez calculados los 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 (Ver anexo 14)

**Figura 4.72. Intensidad de los eventos de Sequía**

| MONTERRUBIO | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AÑO | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| 1982 | | | -1,05 | -0,10 | -0,35 | -0,77 | -0,48 | -1,43 | -1,65 | -0,70 | -0,59 | -1,00 |
| 1983 | -1,10 | -0,55 | -1,40 | -2,75 | -1,72 | -0,73 | -0,81 | -0,90 | -0,13 | -0,04 | 1,58 | 1,13 |
| 1984 | 1,22 | -1,01 | -0,32 | -1,00 | -1,85 | -2,59 | -1,44 | -0,35 | -0,92 | -0,67 | -0,34 | -0,54 |
| 1985 | -1,39 | -1,77 | -0,16 | -0,90 | -0,54 | -1,54 | -0,22 | -0,65 | -0,61 | -1,25 | -1,43 | -0,98 |
| 1986 | -0,61 | -0,72 | -0,68 | -0,26 | -0,06 | -0,24 | -0,12 | 0,45 | -0,21 | -0,76 | -0,82 | -0,40 |
| 1987 | -0,71 | -0,05 | -0,17 | 0,84 | 1,40 | 1,50 | 0,21 | -0,74 | -0,27 | -0,26 | -0,48 | -0,06 |
| 1988 | -0,52 | -0,35 | -1,21 | -0,58 | -0,52 | -0,06 | -0,58 | -0,40 | -0,74 | -0,32 | -0,50 | -0,26 |
| 1989 | -0,20 | -0,09 | -0,06 | -0,49 | -0,27 | -0,44 | -0,52 | 0,23 | 0,42 | 0,26 | 0,55 | 0,78 |
| 1990 | 0,72 | -0,47 | -1,06 | -0,33 | -0,22 | -0,73 | -1,91 | -1,70 | -1,52 | -0,81 | -0,48 | -0,06 |
| 1991 | -0,65 | -0,10 | -0,07 | -0,09 | -0,82 | -0,96 | -1,02 | -0,59 | -1,11 | -2,31 | -0,97 | -0,42 |
| 1992 | -0,30 | -0,48 | -0,36 | -0,47 | -0,19 | -0,81 | -0,26 | -0,38 | -0,76 | -1,07 | -0,04 | -1,17 |
| 1993 | -0,93 | -0,60 | 0,07 | -0,13 | 0,43 | -0,20 | -0,34 | -0,82 | -0,72 | -0,63 | -0,56 | -0,45 |
| 1994 | -0,64 | -0,14 | -0,68 | -0,03 | -0,24 | -0,60 | -0,57 | -0,50 | -0,07 | -0,88 | -0,07 | -0,76 |
| 1995 | -1,15 | -1,86 | -0,58 | 0,47 | 0,65 | 0,65 | 0,15 | 1,60 | 1,49 | 1,21 | -0,93 | -0,71 |
| 1996 | -0,84 | -0,41 | 0,13 | -0,16 | 0,59 | 0,52 | 0,76 | 0,66 | 0,27 | 0,39 | -0,81 | -0,20 |
| 1997 | -0,16 | 0,78 | 0,22 | -0,55 | -0,91 | -1,02 | -0,35 | -0,48 | -0,23 | 0,17 | 0,44 | -0,70 |
| 1998 | -0,68 | -1,28 | -1,03 | -1,05 | -0,93 | -0,10 | -0,87 | -0,57 | -0,62 | -0,59 | -1,36 | -1,50 |
| 1999 | -0,99 | 0,85 | 0,71 | 0,20 | -0,27 | -0,11 | -0,17 | -0,15 | -0,44 | -0,36 | -0,14 | -0,65 |
| 2000 | -0,35 | -0,08 | -1,01 | -1,09 | -0,52 | -0,91 | -0,27 | -0,80 | -0,66 | -0,32 | -0,37 | -1,06 |
| 2001 | -0,12 | -0,23 | -0,73 | -0,85 | -0,94 | -1,16 | -1,16 | -1,73 | -1,17 | -1,76 | -0,45 | -0,06 |
| 2002 | -0,90 | -0,23 | -0,96 | -1,81 | -1,40 | -1,02 | -0,69 | -0,65 | -0,42 | -0,37 | -0,15 | -0,54 |
| 2003 | -1,57 | -0,92 | -2,61 | -1,40 | -1,06 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | -0,06 | -0,48 | -0,27 | -0,18 |
| 2004 | -0,44 | -0,88 | -2,72 | -0,10 | -1,06 | -1,00 | -0,50 | -0,47 | -0,92 | -0,99 | -0,15 | -0,22 |
| 2005 | -0,97 | -0,78 | -0,51 | -0,60 | -1,22 | -0,99 | -2,04 | -1,17 | -0,41 | -0,84 | -0,35 | -1,30 |
| 2006 | -0,92 | -0,09 | -0,31 | 0,00 | -0,02 | -0,69 | -0,90 | -0,13 | -0,54 | -1,16 | -1,12 | -0,39 |
| 2007 | -0,17 | -0,84 | -0,40 | -0,50 | -0,25 | -1,00 | -0,77 | -0,92 | -0,32 | -1,04 | -0,99 | -0,40 |
| 2008 | -0,92 | -0,60 | -0,50 | -0,40 | -0,93 | -0,80 | -0,77 | -0,73 | -0,87 | -0,17 | -0,37 | -0,81 |
| 2009 | -0,71 | -0,25 | -0,53 | -0,72 | -1,38 | -0,79 | -0,33 | -0,86 | -1,23 | -0,57 | -0,69 | -0,33 |
| 2010 | -0,69 | -1,63 | -0,78 | -0,14 | -1,00 | -0,34 | -0,50 | -0,03 | -0,80 | -0,91 | 0,38 | 0,71 |
| 2011 | 0,73 | 0,28 | -1,01 | -0,83 | -0,04 | -0,23 | -0,41 | -0,43 | -0,41 | -0,62 | 0,06 | 0,39 |
| 2012 | -0,14 | -1,06 | -0,51 | -0,79 | -0,42 | -0,42 | -0,84 | -0,50 | -1,70 | -0,91 | -1,99 | -1,34 |
| 2013 | -1,97 | -0,84 | -0,74 | -0,39 | -0,72 | -0,08 | -1,44 | -0,83 | -0,79 | -0,72 | -0,91 | -1,16 |
| 2014 | -0,92 | -0,60 | -0,37 | -0,50 | -0,04 | -0,37 | -0,54 | -1,15 | -0,76 | -0,44 | -0,35 | -0,05 |

- Posteriormente se realizó el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de cada nivel de intensidad, la cual se obtuvo en forma separada para cada una de las estaciones meteorológicas, empleando la siguiente ecuación:

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

Donde,
m: número de registros de un determinado nivel de intensidad

n: periodo de retorno del m-esimo evento de los n registrados

- El nivel de amenaza del fenómeno de sequía en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se determinó en función de la intensidad y probabilidad de ocurrencia de los eventos, de acuerdo con los criterios de la Tabla 4.45.

**Tabla 4.45. Amenaza por sequía meteorológica**

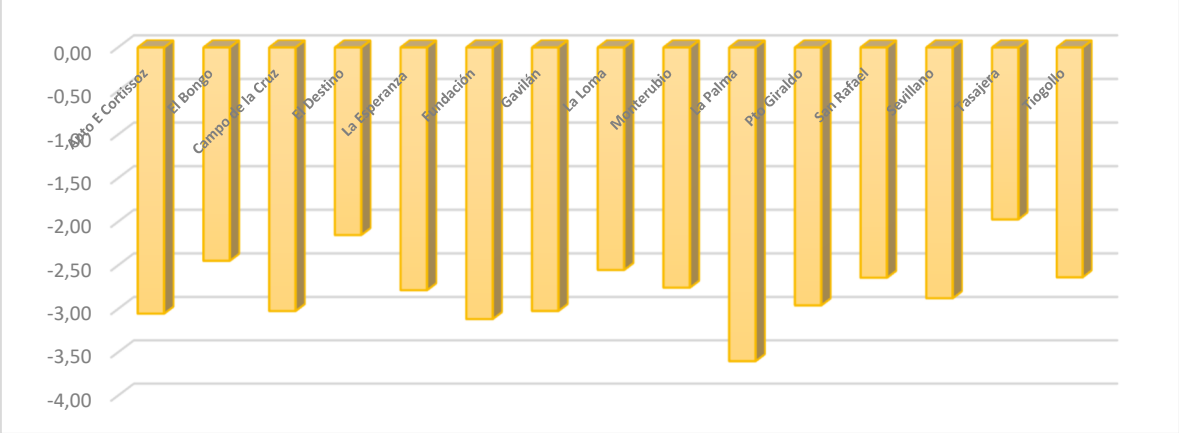
| | | | Intensidad | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Muy alta** | **Alta** | **Media** | **Baja** |
| | | | SPI <= -2,0 | -2,0 < SPI <= -1,5 | -1,5 < SPI <= -1,0 | -1,0 < SPI <= -0,5 |
| **Probabilidad** | **Muy alta** | > 40% | Muy alta | Muy alta | Alta | Media |
| | **Alta** | 30 - 40% | 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 |

- Se determinó el nivel de amenaza máximo mensual para cada estación meteorológica, y con apoyo del Surfer se elaboró una salida cartográfica de la probabilidad de ocurrencia de eventos de sequía para cada mes. De igual manera, se interpolaron los valores promedios de cada estación, obteniendo como resultado final la zonificación de amenaza por sequía de la cuenca hidrográfica objeto de ordenación.

4.3.5.1.3. *Análisis de intensidad de los eventos de sequía*

En todas las series de precipitación empleadas para el análisis del SPI en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se identificó al menos un evento de sequía, con intensidades máximas que oscilan entre -1,97 y -3,60; siendo la estación La Palma, la que presenta el nivel de sequía más crítico en todo el territorio (ver Figura 4.73), afectando al municipio de Pueblo Viejo, espacialmente a los centros poblados de Palmira y Tasajera.

**Figura 4.73. Intensidad máxima de los eventos de sequía**

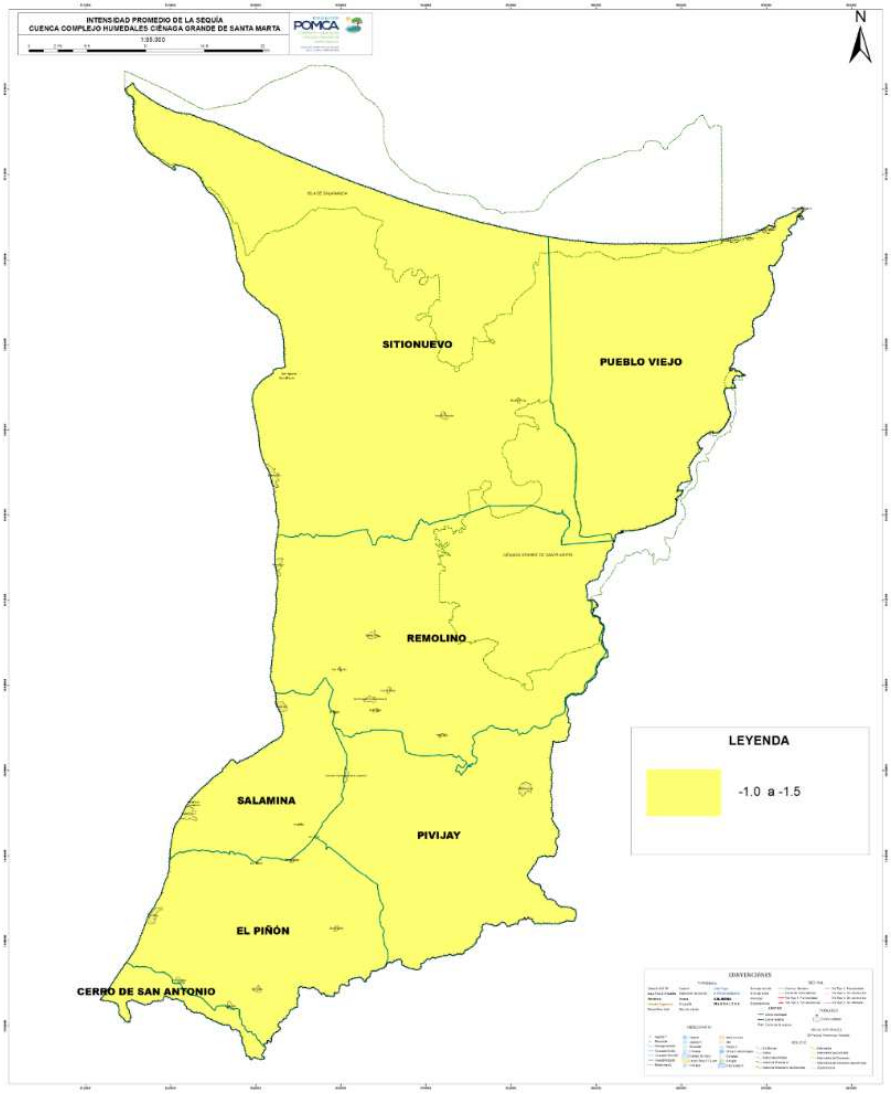



De acuerdo con los valores de SPI, los eventos de sequía extrema y severa, se presentan en el trascurso del año, con mayor incidencia dos periodos, el primero en los meses de julio y agosto y el segundo entre diciembre y abril; lo cual, es coincidente con el comportamiento climático de la zona. Esta situación, genera efectos adversos en el territorio, tales como, disminución de la disponibilidad

del recurso hídrico, altos índices de salinidad, reducción de las especies de peces, dificultad para la navegación de los pescadores y baja productividad de las actividades económicas de la zona.

En la Figura 4.74, se muestra la distribución espacial de la intensidad promedio de la sequía, calculada como el promedio de las intensidades <=-1 de todo el periodo de registro en cada estación. En ninguna estación se presentó como valor promedio de intensidad el de sequía extrema (SPI <=-2), pero si se presentó una zona con intensidad promedio severa (SPI entre -1.5 a -1.99) hacia el sector de la estación Gavilán. A su vez, la intensidad promedio predominante es la moderada (SPI entre -1 a -1.49), representando el 93,33% de las estaciones con incidencia en la cuenca en ordenación.

**Figura 4.74. Intensidad promedio de la sequía (SPI trimestral) en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

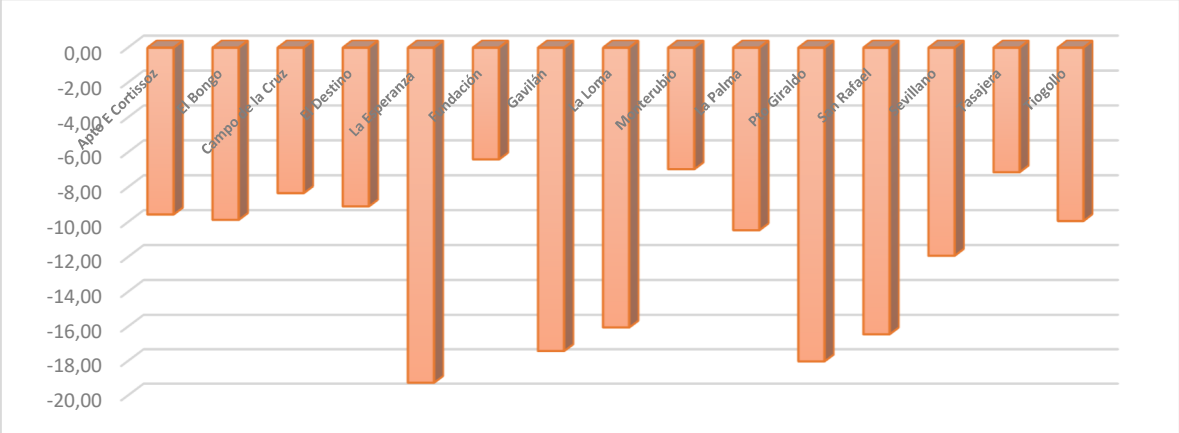


4.3.5.1.4. *Análisis de magnitud y duración de los eventos de sequía*

En la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se han presentado periodos de sequía con duraciones que oscilan entre dos y nueve meses; alcanzando magnitudes de hasta -19,26 (Ver Figura 4.75). Las estaciones meteorológicas que registraron épocas prolongadas de sequía fueron: La Esperanza, La Loma, Puerto Giraldo y San Rafael, con duraciones de hasta nueve meses.

El comportamiento de la estación La Esperanza revela la ocurrencia de 21 eventos de sequía en el periodo comprendido entre 1982 y 2014, presentando la mayor magnitud de -19,26 desde mayo de 1983 hasta enero de 1984, con un pico de intensidad de -2,78 en noviembre de 1983. Por su parte, en la estación La Loma, se han registrado 23 eventos, reportando una magnitud máxima de -16,04 en el periodo comprendido entre abril y diciembre de 1991, alcanzando una intensidad pico de -2,48 durante el mes de junio.

**Figura 4.75. Magnitud máxima de la sequía (SPI trimestral)**




La estación Puerto Giraldo, ha presentado 22 eventos de sequía, alcanzando la magnitud máxima de -18,02, entre mayo de 2012 y enero de 2013, con un pico de intensidad de -2,96 en enero de 2012; y en la estación San Rafael se registraron 26 eventos de sequía, presentando la mayor magnitud de -16,44 desde abril hasta diciembre de 1991, con un pico de intensidad de -2,64 en el mes de junio.

Cabe notar, que las épocas en las cuales se han presentado eventos de sequía muy prolongados son en su mayoría coincidentes con los procesos de variabilidad climática derivados del fenómeno del Niño (Ver Tabla 4.46); periodos en los que existe una clara tendencia hacia la disminución generalizada de los volúmenes de precipitación, ocasionando efectos negativos sobre el medio físico natural y sobre las estructuras socioeconómicas de la región.

**Tabla 4.46. Relación intensidad y magnitud máxima de los eventos de sequía por estación**

| Estación | Intensidad promedio | Intensidad máxima | Año Intensidad Máxima | Magnitud máxima | Año Magnitud máxima |
|---|---|---|---|---|---|
| Apto E Cortissoz | -1,34 | -3,05 | 1994 | -9,56 | 1994 |
| El Bongo | -1,38 | -2,45 | 2014 | -9,87 | 2014 |
| Campo de la Cruz | -1,43 | -3,02 | 2000 | -8,34 | 2001 |
| El Destino | -1,37 | -2,15 | 1985 | -9,09 | 1997 |
| La Esperanza | -1,38 | -2,78 | 1983 | -19,26 | 1983-1984 |
| Fundación | -1,34 | -3,11 | 1985 | -6,40 | 1996 |
| Gavilán | -1,55 | -3,02 | 2008 | -17,41 | 2009 |
| La Loma | -1,45 | -2,55 | 2009 | -16,04 | 1991 |
| Monterrubio | -1,42 | -2,75 | 1983 | -6,96 | 2001 |
| La Palma | -1,43 | -3,60 | 2014 | -10,46 | 2014 |
| Puerto Giraldo | -1,43 | -2,96 | 2012 | -18,02 | 2012-2013 |
| San Rafael | -1,39 | -2,64 | 1991 | -16,44 | 1991 |
| Sevillano | -1,43 | -2,88 | 2014 | -11,93 | 2014 |
| Tasajera | -1,32 | -1,97 | 2006 | -7,14 | 1997 |
| Tiogollo | -1,47 | -2,64 | 1990 | -9,93 | 1985 |

4.3.5.1.5. *Zonificación amenaza por sequía*

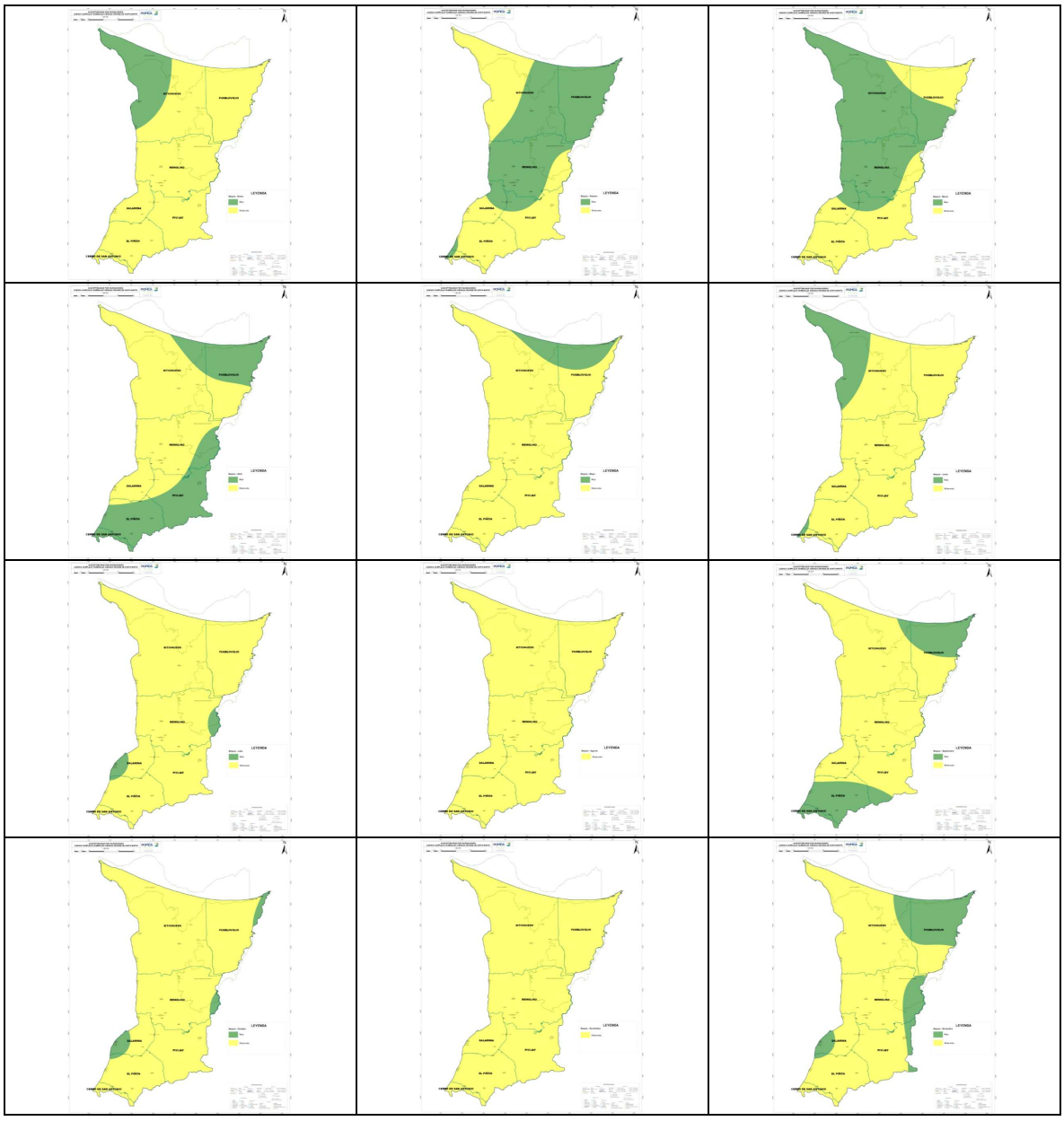
Para analizar el impacto de la sequía meteorológica en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se espacializó el nivel de amenaza mensual de acuerdo con el análisis de probabilidad e intensidad de los eventos ocurridos. Tal como se muestra en la Figura 4.76, el comportamiento de la sequía presenta una tendencia moderada en el trascurso del año, con menores impactos durante los meses de mayo y diciembre.

Para los meses de enero y junio, alrededor del 84% del área de la cuenca en ordenación presenta sequía moderada, excluyendo sectores del Parque Isla Salamanca y Caño Clarín, los cuales registran bajos niveles de sequía; en el mes de febrero, las estaciones meteorológicas Tasajera, Sevillano, La Palma, La Loma, La Esperanza y San Rafael influyen en el comportamiento de la sequía en los municipios de Pueblo Viejo y Remolino, en dónde se encuentra categorizada como baja.

Por otro lado, el mes de marzo, indica que el 39,32% del territorio en ordenación, presenta sequía moderada, en los municipios de Pivijay, Salamina, El Piñón y Cerro de San Antonio; y el mes de abril, se observan dos sectores categorizados como Sequía baja: el primero localizado en el extremo Nororiental de la cuenca, en el municipio de Pueblo Viejo y el segundo en el extremo sur, abarcando los municipios de Pivijay, El Piñón y Cerro de San Antonio.

Durante el mes de mayo, se observa una extensión significativa de la sequía categorizada como moderada; a excepción de un sector del municipio de Pueblo viejo, alrededor de la vía desde el Corregimiento de Palmira hasta el casco urbano, donde predomina las condiciones bajas de sequía.

**Figura 4.76. Comportamiento mensual de la sequía en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

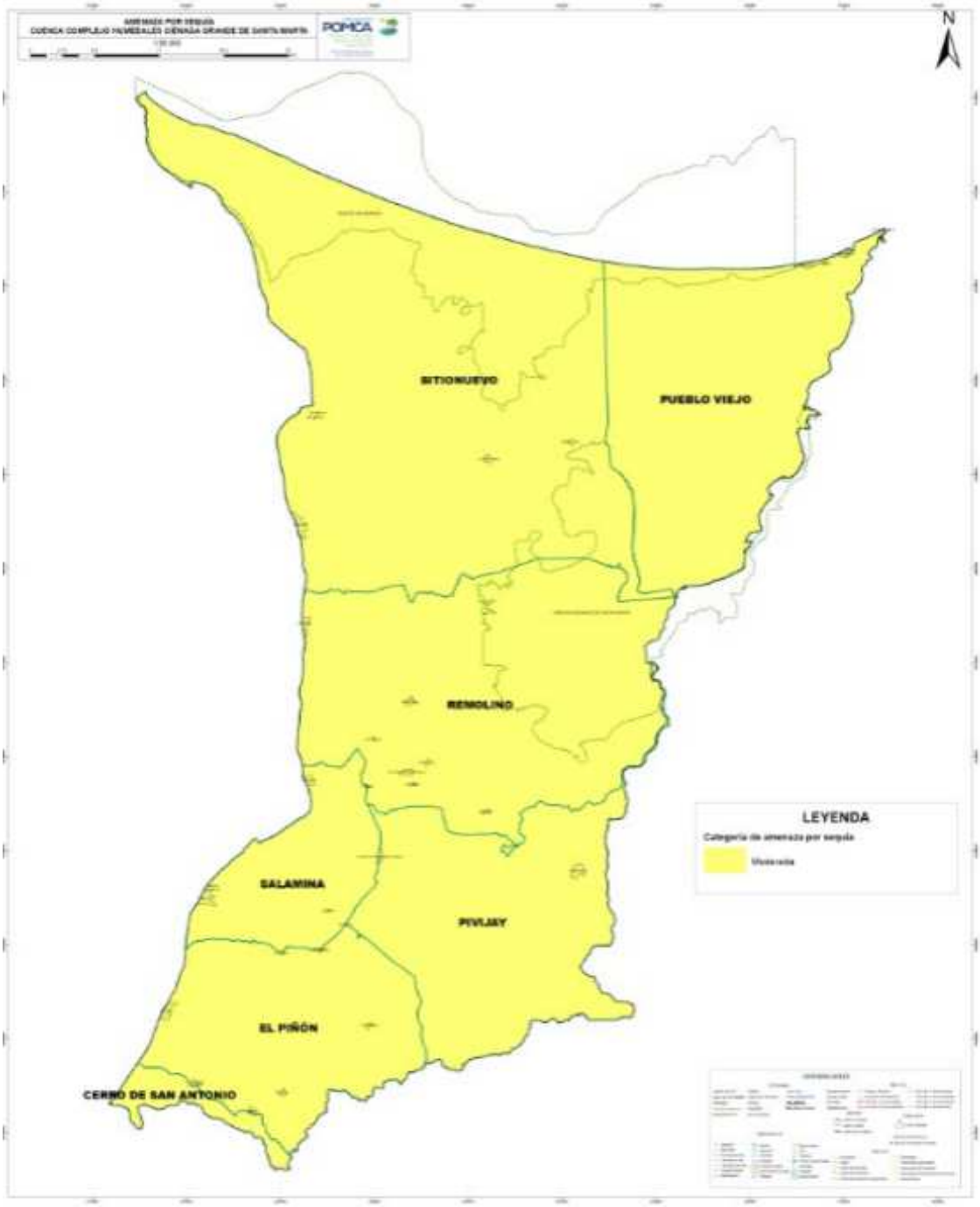


Los meses de julio y octubre poseen un comportamiento particular, observando la existencia de condiciones bajas de sequía focalizada en lugares específicos dentro de la jurisdicción de los municipios de Remolino y Salamina, debido a la influencia de las estaciones de El Bongo y Puerto Giraldo, las cuales registran mayores niveles de precipitación para esos meses. De otra parte, en el mes de agosto y noviembre, el 100% de la cuenca hidrográfica objeto de ordenación presenta condiciones de sequía moderada, como consecuencia del inicio de la temporada seca en el territorio.

En el mes de septiembre, las condiciones de sequía moderada abarcan el 78,76% de la cuenca en ordenación, evidenciando dos sectores con sequía categorizada como baja: a) extremo Nororiental de la cuenca dentro de la jurisdicción de Pueblo Viejo; b) Extremo sur, dentro de los municipios del Piñón y Cerro de San Antonio. A su vez, en el mes de diciembre, el 78,80% de la superficie del territorio, presenta condiciones moderadas de sequía.

En conclusión, la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, presenta condiciones de sequía de tipo moderado (Ver Figura 4.77), las cuales pueden aumentar su intensidad y/o duración, a causa de fenómenos de variabilidad climática como el “Fenómeno del Niño”.

**Figura 4.77. Zonificación amenaza por sequía en la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.**



Como se mensionó en el numeral 2.3.5.2. los factores naturales no solo son la causa de las sequía en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta; se podria afirmar que son los factores antropicos los que mas contribuyen para esta cuenca se encuentre afectada tan drasticamente por este fenomeno.

**Figura 4.78. Estado de la Cienga Grande de Santa Marta, Sector Remolinos. Consecuencia del desecamiento para actividades agricolas y de ganaderia bufalina.**




Fuente: http://blogs.elespectador.com/actualidad/el-rio/asi-luce-la-cienaga-grande-de-santa-marta-desde-el-aire

Actividades ilegales desarrolladas dentro de la Ciénaga Grande de Santa Marta como la tala y quema de mangle, incendios forestales provocados, deforestación de grandes extensiones de tierra que luego son empleadas para ganadería y agricultura, así como la existencia de maquinaria pesada y motores extractores de agua y varios kilómetros de diques o terraplenes construidos en diferentes sectores de la cuenca, sumado a la falta de integración entre entidades como Parques Nacionales y Corporación Autónoma Regional del Magdalena, Corpamag, la gobernacion Departamental y las Alacaldias municipales pone en tela de juicio el papel de control y vigilancia que estos entes deben ejercer para mantener este ecosistema sistema estratégico de interés mundial. Es importante definir en el ordenamiento del territorio, los sitios de conservación y de uso productivo, así como invertir en un componente social en los sectores zonas donde, en general, el Estado no ha hecho presencia con las inversiones correspondientes.

Se requiere de educación ambiental, y trabajo conjunto entre las comunidades y los entes del estado, para desarrollar procesos concertados de recuperación de este sitio Ramsar, declarado por la Unesco como Reserva de la Biosfera. Es importante involucrar las comunidades habitantes de la cuenca, ya que estas poseen el conocimiento y la experiencia de muchos años para recuperar los humedales que están destruidos, pues son comunidades de pescadores que históricamente han

derivado su sustento de este medio, que presta servicios ambientales a más de 170.000 habitantes de 11 municipios en donde más del 40% tiene necesidades básicas insatisfechas. De acuerdo con la Dra. Sandra Vilardy, la Ciénaga Grande de Santa marta debería verse como un sistema socio-ecológico y tratarse realmente como un sitio Ramsar.

"La Ciénaga presta unos servicios culturales, de abastecimiento y de regulación muy importantes que, hoy en día, se encuentran amenazados como consecuencia del conflicto armado, la erosión costera, la construcción de diques, incendios forestales, cultivos de palma y banano, ganadería extensiva bufalina, la sedimentación, la construcción de la vía La Prosperidad, la construcción de puertos, la ausencia del Estado, la construcción de canales para la extracción de madera de manglar, la deforestación y, por supuesto, el calentamiento global" (Vilardy. S. Comunicación verbal, mesas de trabajo POMCA).

4.3.5.2. *Amenaza por Erosión Costera*

La erosión costera ha pasado evolutivamente de ser un proceso por la acción de agentes eólicos (vientos) e hídricos (agua), perfectamente equilibrado por fenómenos de acreción y erosión que mantenían estables los bordes costeros alrededor del mundo, a ser un problema totalmente desequilibrado acentuado por efectos colinérgicos del cambio climático global que pone en riesgo la mayoría de los ecosistemas costeros, aquellos que sustentan más del 60% de la población mundial. (PNUMA, 1996).

4.3.5.2.1. *Factores naturales que causan la erosión costera*

Dentro de los factores naturales que causan la erosión costera en este segmento de la costa colombiana, se encuentran:

- El fácil desgaste de las rocas por las aguas de escorrentía y de infiltración durante los periodos de lluvia, principalmente en las coronas de los acantilados, límites de las terrazas frente al mar. El golpeteo incesante de las olas sobre la base de las rocas ocasiona la formación de hendiduras y colapso de bloques (Sanamura, 1992). Los bordes costeros con sustratos duros, como los encontrados en el litoral rocoso frente a la SNSM están condicionados por el fuerte diaclasamiento y fracturamiento al desgaste y al colapso causando un retroceso importante de la línea de costa (Rangel, 2008).
- El predominio de materiales frágiles (esquistos, granitos) y costas rocosas expuestas al interperismo, explica el retroceso de los acantilados.
- Fenómenos de tormentas tropicales o coletazos de huracanes del Caribe, comunes en el segundo semestre del año, las depresiones tropicales, marejadas, vendavales y el fenómeno del "mar de leva" producen un oleaje mucho más alto y frecuente que llega a las zonas costeras con gran fuerza y alcanza un área mucho mayor, donde produce remoción de los materiales que se pierden sobre la plataforma.
- El aumento relativo del nivel medio del mar, se relaciona con el cambio climático a nivel mundial, con el fenómeno de El Niño y con los procesos de levantamiento y hundimiento

de los terrenos. Los estudios de aumento del nivel del mar muestran un incremento para el Caribe colombiano de 22 cm en los últimos 50 años[14].

- El fenómeno de El Niño produce al menos temporales del nivel del mar del orden de 30 cm.
- La ocurrencia de sismos es otro factor a tener en cuenta, ya que puede generar tsunamis y subsidencia del terreno lo que incrementa las áreas intermareales; aunque en la costa caribe colombiana no es frecuente, tampoco se descarta su ocurrencia.

4.3.5.2.2. *Factores antrópicos que causan la erosión costera*

En las últimas décadas, la erosión de costas ha ido en crecimiento por los impactos de las intervenciones antrópicas y los fenómenos naturales en las zonas litorales. Colombia cuenta actualmente con 406 municipios costeros, 30 de ellos en el Caribe y 16 en el Pacifico. De acuerdo con los resultados del Censo General en el 2005, la población de estos municipios asciende a 4.2 millones, equivalente a 10.1% del total nacional, siendo la costa Caribe la que concentra el mayor número de porcentaje de población en el territorio costero con un 83% (DPN, 2007).

**Tabla 4.47. Municipios costeros del Departamento del Magdalena**

| DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | POBLACION | % |
|---|---|---|---|
| Magdalena | Santa Marta<br>Ciénaga<br>Pueblo Viejo<br>Sitio Nuevo | 566.937 | 13,4 |

Fuente: DANE, Censo General 2005.

Entre las principales acciones antrópicas que incrementan el problema erosivo se encuentran:

- Extracción de materiales para la construcción como gravas y arenas de las playas o el lecho de los ríos, y de las rocas de las zonas de las puntas rocosas y acantilados, lo que genera de un lado perdidas de material necesario para nutrir de sedimentos las playas, desestabiliza la línea de costa y produce cambios en el régimen hidráulico de los ríos.
- La tala de mangle, que es un ecosistema que brinda protección natural importante contra la erosión y sirve de lugar de anidación e intercambio biológico. El oleaje y las corrientes litorales que actúan en terrenos bajos y/o cenagosos donde ha sido talado el mangle, no encuentran la resistencia que brindan las raíces de los mangles contra la fuerza de las olas, ni las trampas de sedimentación que ellas mismas constituyen, dejando el terreno a merced de los procesos de erosión.
- La deforestación de zonas de dunas, contribuye a la desestabilización de estas barreras de arena protectoras y dispone el suelo a la erosión (Posada y Henao 2008).
- La construcción de represas en la parte alta de los ríos que alteran el régimen sedimentario e hidráulico (Posada y Henao 2008).
- Contaminación que puede dañar los corales y pastos marinos, protectores de la costa y proveedores de arena.
- Desarrollo de infraestructura como obras fijas en las zonas intermareales, en playas y dunas (viviendas, vías, puertos, obras de protección) perturban los procesos de transporte litoral

[14] Guzmán W., Posada B., Guzmán G., Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia – PNIEC. Invemar, Santa Marta. 2009.

arenoso que se dan naturalmente en estas zonas creando un desbalance de sedimentos que lleva a la erosión costera

- Las construcciones al borde de alcantarillados, principalmente en las zonas con sustrato de rocas frágiles, no ha involucrado estudios geotécnicos que indiquen la carga que puede soportar el talud sin deslizarse, ni tampoco la adecuación de los terrenos para controlar aguas de escorrentía y aguas negras provenientes de las viviendas. Por consiguiente, las basuras y los escombros son vertidos sobre los taludes incrementando así su peso y propiciando la concentración de humedad que favorece los movimientos en masa cuyos materiales finalmente van a los bordes de playa, alterando los procesos naturales de sedimentación. (Posada y Henao, 2008)[15].
- La contaminación que proviene de las actividades humanas tanto en tierra como en el mar, puede dañar los corales y los pastos marinos, que son ecosistemas biológicos que protegen la costa y además proveen arena para las playas (Cambers, 1998).

**Figura 4.79. Corregimiento de Palmira, acumulación de residuos sólidos en zonas de asentamientos humanos.**



- Sobreexplotación de las playas por exceso de capacidad de carga, dada la invasión de personas que durante fines de semana, festivos y épocas de vacaciones suelen estar en estos sitios, ello trae consigo serios problemas ambientales, como la falta de agua, y la saturación de los sistemas de alcantarillado, Impactando negativamente el paisaje y generando un decaimiento en la calidad de vida y belleza del sector.

4.3.5.2.3. *Erosión costera en la Cuenca*

Las playas y acantilados son geoformas propensas a la erosión; para que se forme una playa primero debe existir un área baja, de poca pendiente que permita la acumulación de sedimentos; segundo, deben ser mayores los procesos de acumulación o acreción que de erosión para que exista la

[15] http://www.limcol.org/TimoneraMagazinePdf/13/timonera13Erosion%20costera.pdf

acumulación permanente; sin embargo, si se dan otros factores que afecten esta relación, se puede sobrepasar el límite morfológico y se puede perder la playa. Las playas por ser depósitos de sedimentos no consolidados cuyos tamaños de material varían entre arena y grava, excluyendo el fango son altamente susceptibles a la erosión.

Distintas fuentes de materiales aportan en la constitución de una playa: unos sedimentos son transportados por los ríos desde tierra adentro hasta la costa y otros provienen del océano o mar. Los estudios de riesgos sobre la erosión señalan que en las zonas litorales son muchos los factores que provocan cambios en las costas y que conllevan a la destrucción de las playas, como ya se mencionó, entre ellos se cuentan las olas, las mareas, las corrientes, algunos de carácter muy excepcional como reajustes isostáticos, vulcanismo, sismos y en la mayoría de los casos los provocados por la acción del hombre.

Entre los cambios del nivel del mar inducidos por el hombre se cuentan los vertimientos provenientes de ríos contaminados, los vertimientos de desechos urbanos y los vertimientos de aguas residuales procedentes del alcantarillado, llamadas también “Fangos Cloacales”. De hecho, aunque estos vertimientos se hagan a través de tuberías a varios kilómetros de la costa (Emisarios submarinos) las corrientes y las mareas terminan por devolverlos a las zonas de playas para favorecer su erosión.

**Tabla 4.48. Áreas reportadas como críticas dentro de la cuenca**

| MUNICIPIO | ÁREA CRÍTICA |
|---|---|
| Ciénaga | Casa Loma, Limite con Santa Marta<br>Ensenada Costa Verde (poblado)<br>Casco urbano |
| Pueblo Viejo | Palmira (casco urbano)<br>Tasajera<br>Sector de Manglares Km. 48<br>La Bodega<br>Isla del Rosario<br><br>Boca de la Barra (sedimentación) |
| Sitio Nuevo | Cuatro Bocas<br>Caño Clarín<br>Caño Nuevo<br>El Torno<br>Carboneros<br>Km 19-21 vía Barranquilla Ciénaga<br>Km. 23<br>Tangurú, Sede Parques |

Fuente: Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia – PNIEC. Invemar, Santa Marta. 2009.

El efecto de la erosión costera ha sido tan agresivo, que ha puesto en peligro varios tramos de la vía Barranquilla – Ciénaga, tal es el caso de diciembre de 2013 en el que El Ministerio de Medio Ambiente emitió una resolución de autorización de una estructura como defensa costera dado que

evidenció una tasa de erosión de 23-33 cm/diaria de playa en el sector del Km 19 de la vía Parque Isla Salamanca.

**Figura 4.80. Encabezado de la resolución 0161 de19 de febrero de 2014 de la ANLA.**



Libertad y Orden
República de Colombia
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES
- ANLA -

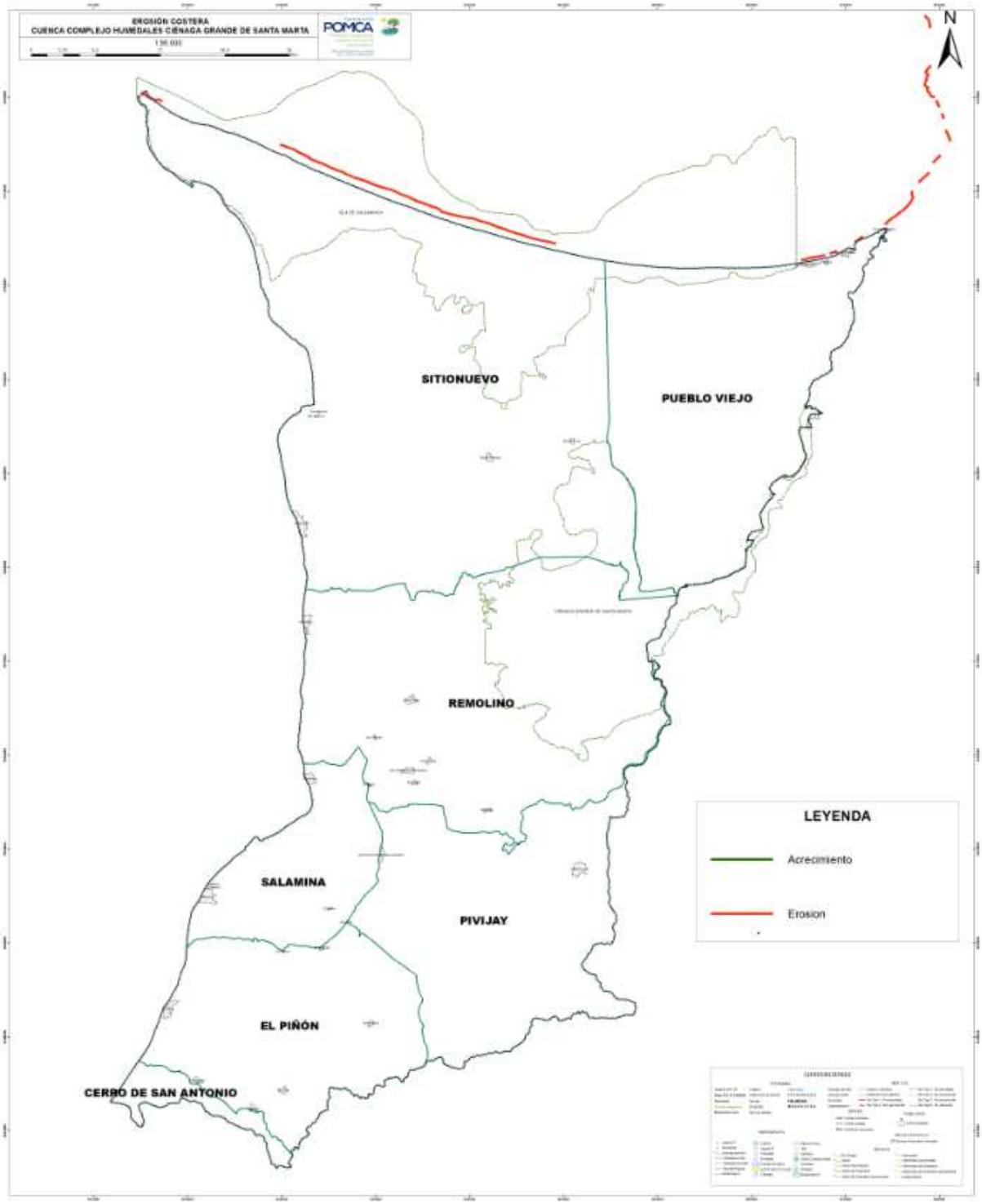
RESOLUCIÓN No.
0161 19 FEB 2014

"Por la cual se autoriza una estructura de defensa costera como protección marginal y como medida adicional ambiental para mitigar el proceso de erosión en el sector de km 19 de la vía entre Barranquilla y Ciénaga"

LA DIRECTORA GENERAL DE LA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA

En uso de las facultades conferidas en la Ley 99 de 1993, Decreto 2820 de 2010 y los Decretos 3570 y 3573 del 27 de septiembre de 2011 y

**Figura 4.81. Erosion costera en la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta**



4.3.5.3. *Amenaza Sísmica*

Se denominan sismos, a los movimientos vibratorios, rápidos y violentos de la superficie terrestre, provocados por perturbaciones en el interior de la Tierra (choque de placas tectónicas, erupciones volcánicas, liberación de energía a través de fallas geológicas). La diferencia entre temblores y terremotos está dada por la intensidad del movimiento sísmico, siendo el más peligroso este último pues su efecto destructivo puede ser fatal.

Los sismos son uno de los fenómenos naturales que no están relacionados con las condiciones climáticas; su magnitud destructora puede ser capaz de provocar un gran daño en un breve lapso. La mayoría de los sismos se explican por la ocurrencia de ondas sísmicas u ondas de choque, generadas por disturbios en la corteza terrestre. En el caso de sismos muy severos, la mayoría de las víctimas mueren o quedan heridas por la caída de escombros, mientras que otras perecen por incendios o inundaciones que a menudo acompañan los terremotos.

Actualmente, sismólogos (especialistas que estudian los sismos) han logrado predecir la localización de áreas sísmicas, pero aún no pueden predecir cuándo ocurrirá un movimiento. Animales como caballos, vacas, perros y gatos pueden sentir pequeñas vibraciones (imperceptibles para los seres humanos), y su comportamiento puede indicar un terremoto inminente, quienes tienen la habilidad para diferenciar estos comportamientos animales podrían determinar la ocurrencia del fenómeno con algunos minutos de anticipación, pero esto es algo poco común, y aun así no se pueden evitar las consecuencias que ocasione.

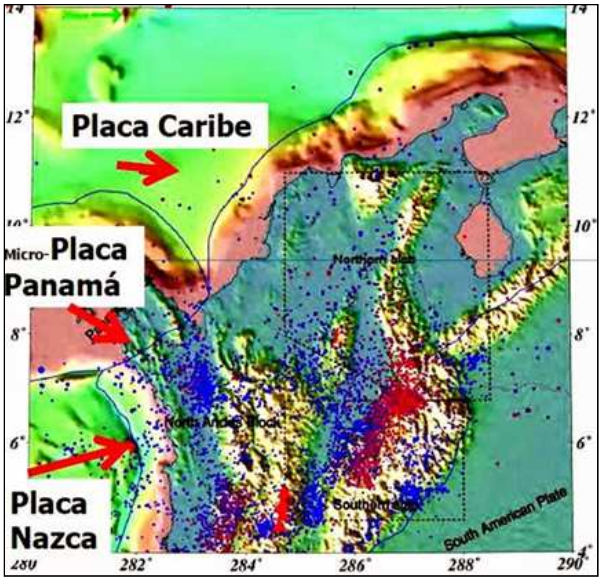
Comúnmente se entiende por Amenaza Sísmica los peligros que presentan los terremotos de una u otra forma para la población. En sismología amenaza sísmica es un término técnico que caracteriza numéricamente la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica (o aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un período de tiempo (normalmente un año). En esta definición la amenaza sísmica no depende de la existencia de poblaciones humanas.

Para calcular la amenaza sísmica en cualquier lugar, se tiene que aproximar a la probabilidad de la ocurrencia de los sismos de diferentes magnitudes en las principales zonas que se pueden afectar, como por ejemplo en zonas de subducción, cadenas volcánicas y sectores de fallas geológicas activas identificadas. Además, se debe conocer sobre la forma como las ondas sísmicas se atenúan con respecto a la distancia donde ocurre el fenómeno.

Los factores que determinan esta zonificación comprenden cálculos basados principalmente en los catálogos de sismos históricos es decir sismos fuertes. En Colombia muchos de los sismos pequeños y moderados están asociados a la cadena volcánica de la Cordillera Central, y otros, en su mayoría a la actividad de las fallas profundas en la Cordillera Oriental; según análisis de la Red Sismológica de Colombia, se trata, de una sismicidad profunda de entre 70 y 200 km, asociada a la actividad tectónica. La actividad sísmica en Colombia ha sido observada constantemente en el tiempo, tanto en los relatos históricos de terremotos importantes como, como en la sismicidad instrumental reportada en diferentes redes sismológicas. Así la recurrencia de estos eventos refleja el comportamiento dinámico del territorio colombiano y su potencialidad para generar sismos de gran

magnitud. El norte de Colombia está afectado por el movimiento de las placas Caribe, de Panamá y Nazca. El borde entre la Placa Caribe y la Placa Suramericana se ha localizado en el mar Caribe Colombiano, pero no hay evidencia de sismicidad importante, se trata de una zona de subducción.

**Figura 4.82. Confluencia de las placas tectónicas en la esquina Noroeste de Suramérica.**




Tomado de: Suarez J. Amenaza sísmica en la Costa caribe colombiana.

El resultado de la existencia de esta zona de subducción es una compresión tectónica en la mayoría de los departamentos de la costa colombiana, el esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección, estos esfuerzos de compresión pueden generar sismos. Los registros informan que en 1834 Santa Marta sufrió su último terremoto, el cual dejo a la ciudad en aspecto ruinoso durante varias décadas.

Suarez J., 2010, en su estudio de la Amenaza sísmica en la Costa Caribe Colombiana, publicado en erosion.com.co, concluye que la sismicidad en la región que contiene la Cuenca Hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, muestra un gap o silencio al sur de la placa Caribe, se conoce como gaps o silencio sísmico a las zonas donde se observa actividad sísmica anómalamente menor a la de las zonas que la rodean. En este gap, las placas tectónicas pueden estar generando un aumento muy alto de esfuerzos en la zona de Santa Marta, donde a la fecha han transcurrido poco más de 176 años desde el terremoto que la destruyó; la situación es relativamente similar a la de en Haití donde ocurrió un sismo en enero de 2010.

Otros puntos de vista de estudiosos de la amenaza sísmica en el Caribe, indican que la Falla de Oca, que limita el costado noreste de la SNSM se encuentra activa y aunque su trazo se encuentra por fuera del área de este estudio, si tiene injerencia en el complejo rocosos de la Sierra Nevada de Santa Marta, la cual se define en la revista Carta Petrolera, edición 118 de febrero de 2008 como una “mole de roca cristalina que se encuentra rodeada por las llanuras del Caribe y sus cuencas

sedimentarias asociadas. Desde el espacio su forma representa un triángulo casi perfecto, limitada por las fallas de Oca y Santa Marta - Bucaramanga que converge en su vértice occidental. Archivos históricos del siglo XIX, así como registros sismológicos recientes atestiguan que esta montaña se sigue moviendo"; lo anterior corrobora que existen vectores de movimiento que muestran desplazamiento de 2 centímetros por año en la Falla de Oca cerca de Santa Marta y al igual que el desplazamiento en la Isla de San Andrés, los cuales son muy similares a los vectores de movimientos medidos con GPS en Haití.

Afirmaciones como las anteriores, permiten concluir que existe una amenaza sísmica latente, la cual se debe investigar y sobre la que es necesario desarrollar medidas de prevención a fin de mitigar los posibles daños que pudieran darse en caso de ocurrir un evento sísmico, para que las comunidades puedan estar preparadas a diferencia de lo que sucedió hace algunos años en esta Isla del Caribe.

Como se mencionó en el capítulo de Geología, ítem 2.4.2. La entidad encargada del estudio y vigilancia de la sismicidad y la actividad volcánica en el país es el Servicio Geológico Colombiano SGC, junto con el Instituto Geofísico de los Andes en Bogotá y el Observatorio Vulcanológico de Manizales. Entidades como la Universidad Nacional, también han adelantado estudios al respecto, y trabajos conjuntos han producido el Mapa de Nacional de Amenaza Sísmica[16]. Este mapa representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia.

En el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica, tomado del Servicio Geológico Colombiano, presenta la zonificación definida por los valores de aceleración pico efectiva (Aa) la cual corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo de diseño contempladas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98), como porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre (g = 980 cm/s). Estas aceleraciones tienen una probabilidad de ser excedidas del 10% en un lapso de 50 años, correspondiente a la vida útil de una edificación. El valor del parámetro Aa se utiliza para definir las cargas sísmicas de diseño que exige el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes
La zonificación que presenta el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica, se da en tres categorías así:

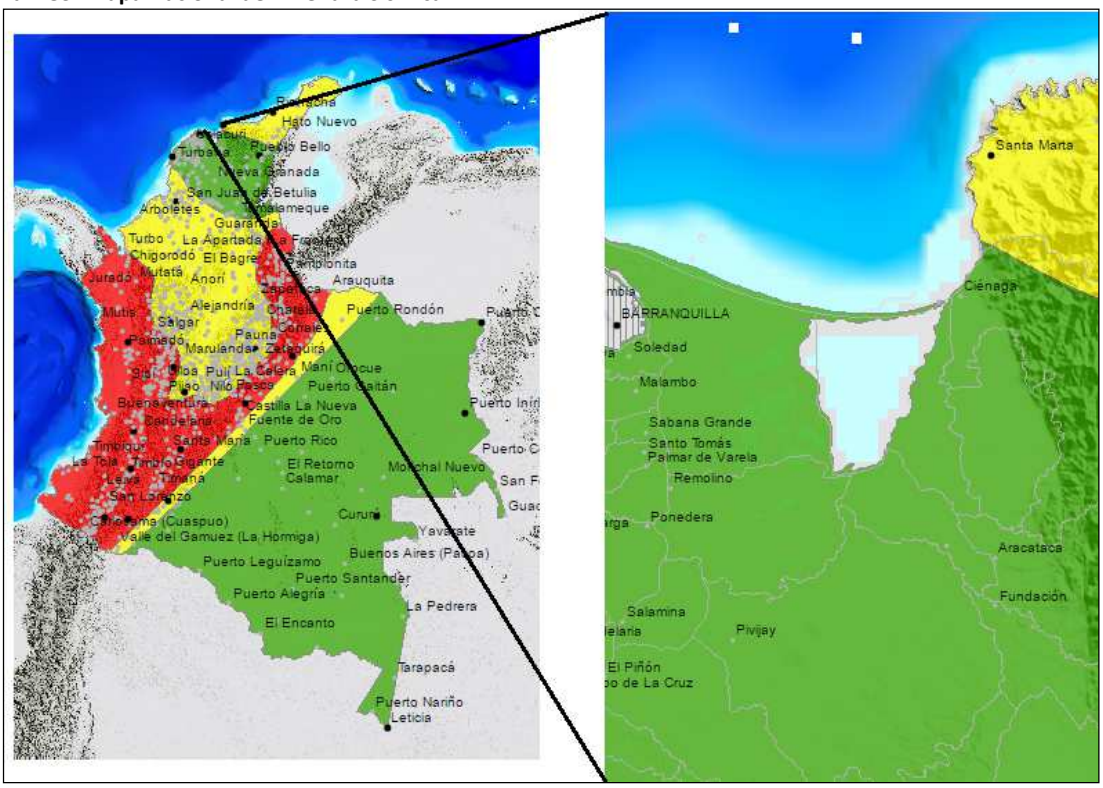
- Zona de Amenaza Sísmica Baja: definida para aquellas regiones cuyo sismo de diseño no excede una aceleración pico efectiva (Aa) de 0.10g. Aproximadamente el 55% del territorio colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza. Se representa por color verde.
- Zona de Amenaza Sísmica Intermedia: definida para regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectiva mayor de 0.10g y menores o iguales de 0.20g. Alrededor del 22% del territorio se encuentra incluido en ésta zona. Se representa por color naranja y amarillo.
- Zona de Amenaza Sísmica Alta: definida para aquellas regiones donde se esperan temblores muy fuertes con valores de aceleración pico efectiva mayor de 0.20g. Aproximadamente el 23% del territorio colombiano queda incluido en la zona de amenaza sísmica alta. Se representa por color naranja intenso y rojo.

[16] INGEOMINAS, Universidad Nacional De Colombia, Mapa Nacional de Amenaza Sísmica. Periodo de retorno 475 años, escala 1: 1.500.000, 2010. https://www.arcgis.com/home/item.html?id=2836c44b6e8d429d9379276660e0eeae

La aceleración sísmica es la medida de un terremoto más utilizada en ingeniería, y es el valor utilizado para establecer normativas sísmicas y zonas de riesgo sísmico. La aceleración sísmica es una medida utilizada en terremotos que consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo; es una medida muy importante en ingeniería sísmica. Normalmente la unidad de aceleración utilizada es la intensidad del campo gravitatorio *(g = 9,81 m/s2)*.

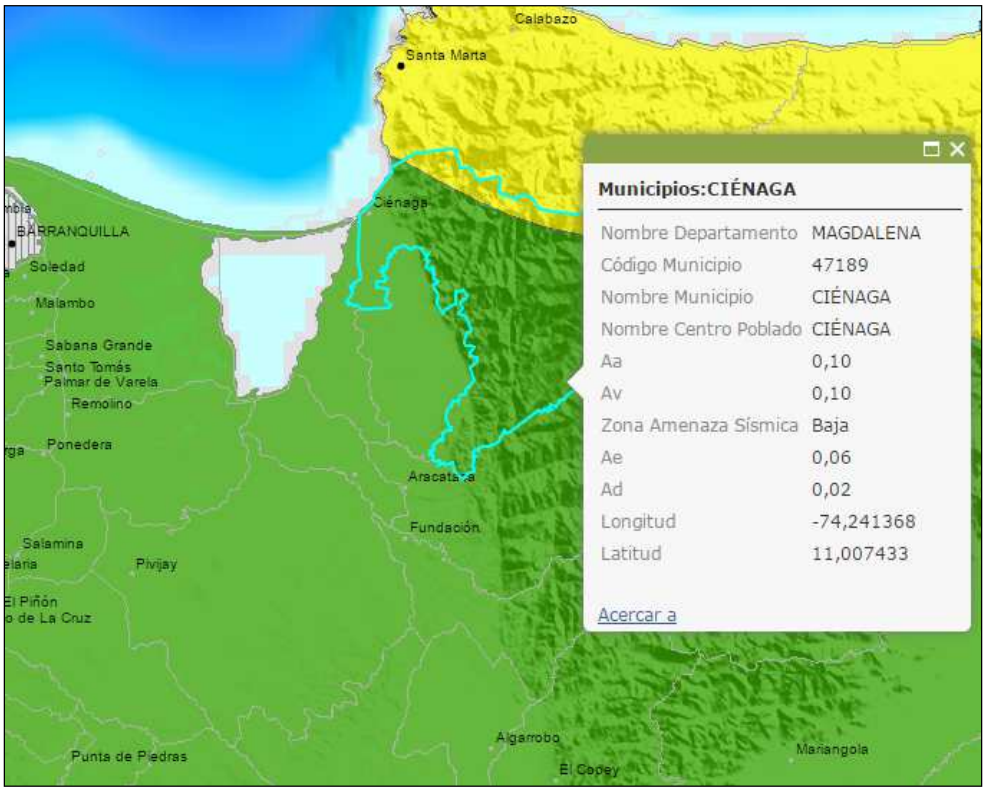
Los Municipios de Ciénaga, El Piñón, Pueblo Viejo, Sitio Nuevo, Remolino, Pivijay, Salamina y Cerro San Antonio cuyos territorios conforman la Cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se ubican dentro de la Zona de Amenaza Sísmica Baja, con los valores de aceleración sísmica de 0.05- 0.10 g.

**Figura 4.83. Mapa Nacional de Amenaza Sísmica.**




Fuente: Servicio Geológico Colombiano. http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

**Figura 4.84. Detalle del Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.**




Fuente: Servicio Geológico Colombiano. http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

Aunque no es un parámetro específico para el análisis de la amenaza por sismos, es importante mencionar que el sismo corresponde a un proceso de generación de ondas y su posterior propagación por el interior de la Tierra. Al llegar a la superficie de la Tierra, estas ondas se dejan sentir tanto por la población como por estructuras, y dependiendo de la amplitud del movimiento (desplazamiento, velocidad y aceleración del suelo) y de su duración, el sismo producirá mayor o menor intensidad. Siendo la Intensidad la medida de los efectos producidos por un sismo en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar particular.

Los valores de Intensidad se denotan con números romanos en la Escala de Intensidades de Mercalli Modificada (Wood y Neumann, 1931) que clasifica los efectos sísmicos con doce niveles ascendentes en severidad. La intensidad no sólo depende de la fuerza del sismo (magnitud) sino que también de la distancia epicentral, la geología local, la naturaleza del terreno y el tipo de construcciones del lugar.

Intensidad en Escala de Mercalli Modificada en 1931 por Harry O. Wood y Frank Neuman) Se expresa en números romanos, fue creada en 1902 por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli, no se basa en los registros sismográficos sino en el efecto o daño producido en las estructuras y en la sensación percibida por la gente. Para establecer la Intensidad se recurre a la revisión de registros históricos,

entrevistas a la gente, noticias de los diarios públicos y personales, etc. La Intensidad puede ser diferente en los diferentes sitios reportados para un mismo y dependerá de:

1. La energía del terremoto.
2. La distancia de la falla donde se produjo el terremoto
3. La forma como las ondas llegan al sitio en que se registra (oblicua, perpendicular, etc.)
4. Las características geológicas del material subyacente del sitio donde se registra la Intensidad
5. Cómo la población sintió o dejó registros del terremoto.

**Tabla 4.49. Intensidad sísmica en escala Mercalli**

| | **PERCEPCIÓN** |
|---|---|
| **Grado I** | Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables. |
| **Grado II** | Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar. |
| **Grado III** | Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable |
| **Grado IV** | Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente. |
| **Grado V** | Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajilla, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen de relojes de péndulo. |
| **Grado VI** | Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros. |
| **Grado VII** | Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas; rotura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento. |
| **Grado VIII** | Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían vehículos motorizados. |
| **Grado IX** | Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen. |
| **Grado X** | Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes. |
| **Grado XI** | Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas. |
| **Grado XII** | Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba. |

Fuente: https://sismoclub2011-1.wikispaces.com/Red+Sismol%C3%B3gica+Nacional#Red Sismológica Nacional

La magnitud es un parámetro que indica el tamaño relativo de los temblores, y está, por lo tanto, relacionada con la cantidad de energía liberada en la fuente del temblor. Es un parámetro único que no depende de la distancia a la que se encuentre el observador. Se determina calculando el logaritmo de la amplitud máxima de ondas registradas en un sismógrafo. La escala de magnitud es logarítmica, significando esto que un temblor de magnitud 7.0, por ejemplo, produce un movimiento que es 10 veces más fuerte que el producido por uno de magnitud 6.0. Aunque existen varias escalas de magnitud, por razones prácticas la escala más utilizada ha sido la Magnitud Local o de Richter. Sin embargo, en los últimos años se ha estado dando preferencia a la Magnitud Momento, una escala de magnitud que a diferencia de las otras escalas puede ser aplicada a temblores de cualquier tamaño. La escala sísmica de Magnitud, también llamada Escala de Richter se expresa en números árabes.

**Tabla 4.50. Escala de Magnitud Sísmica de Richter**

| Magnitud en Escala Richter | Efectos del terremoto |
|---|---|
| Menos de 3.5 | Generalmente no se siente, pero es registrado |
| 3.5 - 5.4 | A menudo se siente, pero sólo causa daños menores |
| 5.5 - 6.0 | Ocasiona daños ligeros a edificios |
| 6.1 - 6.9 | Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas. |
| 7.0 - 7.9 | Terremoto mayor. Causa graves daños |
| 8 o mayor | Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas. |

Fuente: *https://sismoclub2011-1.wikispaces.com/Red+Sismol%C3%B3gica+Nacional#Red* Sismológica Nacional

4.3.5.4. *Amenaza por Vendaval.*

Los vendavales son ráfagas de viento muy fuertes por encima de 60 km/h muy comunes durante fuertes aguaceros. Los tornados son violentos torbellinos, generalmente de corta duración (2 min a 15 min), que se originan en una nube de tormenta hasta el suelo, levantando todo a su paso. Los vientos de un tornado pueden alcanzar los 100 km/h y son llamados F0, hasta los devastadores F5 que alcanzan 450 km/h. Se puede decir que un tornado es un fuerte vendaval en forma de embudo, cuyos efectos son catastróficos.

Una de las características de este fenómeno es que suele presentarse en las horas del día de mayor temperatura (11:00 am y 3:00 pm) y cuando se avecina una nube de tormenta; se identifican porque primero se siente una temperatura muy alta (mucho calor) y después se siente una brisa fría, acompañado de un cielo muy oscuro.

El primer tornado reportado en Colombia se dio, en 2001, en Soledad (Atlántico). Desde entonces este municipio es el que mayor número de veces ha sufrido en el país estragos tanto por vendavales como por tornados. Barranquilla y Sabanalarga, entre otros territorios del departamento, la región y el país, también han experimentado estos eventos.

El Grupo de Investigación en Física Aplicada de la Universidad del Norte determinó que en el Atlántico y el Caribe hay una temporada de tornados, que va de mayo a septiembre, período en el que se registran los mayores niveles de temperatura, humedad y lluvias; por ello se infiere que se trata de amenazas ambientales reales y no de acontecimientos aislados. En ese sentido, las

autoridades y la ciudadanía deben ser consciente de ello: es preciso conocer mejor estos eventos y tomar las medidas necesarias para prepararse y mitigar su impacto[17].

La ciudadanía, con el apoyo de los entes municipales encargados de la de gestión del riesgo y atención de desastres, deben observar las siguientes recomendaciones:

- Conocer el plan de contingencia del municipio.
- Reforzar los techos de las viviendas con amarres, pernos y tornillos.
- Reforzar los muros con vigas de amarres.
- Limpiar las canaletas de las casas.
- Conocer los sitios seguros de las viviendas para protegerse.
- Conocer cuál es el lugar más seguro del municipio para una eventual evacuación masiva.
- Mantener en la vivienda botiquín de primeros auxilios, radio con batería y linterna con batería.
- Seguir indicaciones de las autoridades.

**Figura 4.85. Municipio Cerro de San Antonio, afectado por vendaval en agosto de 2015.**



Fuente: http://www.elespectador.com/noticias/nacional/dos-municipios-de-magdalena-estan-afectados-fuertes-ven-articulo-579168

[17] http://www.uninorte.edu.co/web/dip/vendavales-y-tornados

Al igual que las tormentas, los vendavales son fenómenos meteorológicos sobre los cuales no es posible realizar una zonificación de su amenaza dentro el alcance de este documento, por lo tanto no se presenta un mapa para este ítem, tan solo se relaciona teniendo en cuenta los reportes e inquietudes de los habitantes de la cuenca quienes indicaron en diferentes escenarios de socialización la preocupación que existe por la ocurrencia de estos eventos, y los daños y afectaciones que han causado en parte por falta de prevención y preparación de las comunidades para atender estos eventos.

4.3.5.5. *Amenaza por Marejada*

A nivel mundial, la marejada ciclónica es el peligro directo de los ciclones tropicales que provoca más pérdidas de vidas, pero también puede ser producto de tormentas menos potentes. La marejada ciclónica es la acumulación de un gran domo o cúpula de agua de 75 a 150 km de anchura que invade la costa cerca del lugar donde el huracán llega a tierra. Es producida principalmente por los vientos en altura, empujando la superficie oceánica. En su punto de máxima profundidad puede medir hasta 5 metros.

La marejada ciclónica es producto de las olas impulsadas por el viento combinadas con un leve componente producto de la baja presión del centro del ciclón. Si bien las olas pueden ser relativamente bajas en alta mar, su altura aumenta a medida que se aproximan al litoral. La marejada ciclónica es capaz de mover estructuras y el suelo de la costa varios kilómetros tierra adentro. La pleamar intensifica el efecto de la marejada ciclónica.

El área costera más peligrosa durante una marejada ciclónica es a lo largo de costas con elevación baja, las cuales permiten que el agua penetre tierra adentro o a través de bahías, lagos y ríos. El área típica afectada por la marejada es de aproximadamente 50 a 100 millas.

La marejada ciclónica se mide restando la elevación de la marea astronómica “normal” de la elevación total observada. Suele tener una duración de pocas horas. Debido a que las olas generadas por el viento se desplazan arriba de la marejada, la elevación instantánea total puede exceder en gran medida la marejada ciclónica pronosticada más la marea astronómica. Tiene el potencial de ser catastrófica, especialmente en zonas costeras bajas con topografía levemente inclinada costa afuera.

Las mareas, constituyen una fuente de sobreelevación del nivel del mar en el plano vertical, ya que, en su fase de flujo, favorecen la acumulación de agua hacia la costa.

La marea astronómica, hace referencia al ascenso y descenso periódico de todas las aguas oceánicas, incluyendo las de mar abierto, golfos y bahías mediante movimientos periódicos originados por la fuerza de atracción gravitatoria de la Luna y el Sol sobre el agua y la Tierra; fuerza que provoca una oscilación rítmica y/o cíclica debida a la órbita de la tierra alrededor del 23 Sol y de la Luna alrededor de la Tierra, lo que permite generar elevaciones máximas del agua del mar (pleamares) y descensos de la misma (bajamares).

La relación entre las mareas y las fases de la luna, se resume en la alineación de los tres astros; cuando esto ocurre, en intervalos de dos semanas, en luna nueva o luna llena, la atracción es mayor dando origen a las mareas vivas o de sicigias. A su vez hay un efecto adicional, dado por la órbita de la luna alrededor de la tierra, que, al no ser circular, presenta menor distancia en la época del Perigeo produciendo mayor atracción y por consiguiente una elevación de la marea. Este fenómeno se presenta cada 27.5 días que es el periodo de tiempo entre perigeos.

El mayor riesgo de aumento crítico del nivel del mar, se presenta cuando se combina la marea alta, con la presencia de zonas de baja presión y vientos de gran intensidad.

El IDEAM es la entidad encargada de monitorear este fenómeno, cuenta con una red de mareógrafos a lo largo de las costas colombianas, con registros horarios y pronósticos de la marea astronómica, para emitir boletines de alerta por posible ocurrencia de marea alta, que, combinada con vientos intensos, producen inundaciones costeras. Adicionalmente hace una publicación anual de la cartilla de pleamares y bajamares de las costas colombianas, con los respectivos valores de nivel del mar pronosticado y su hora de ocurrencia[18].

**Figura 4.86. Marejadas en playas de Ciénaga**



Fuente: http://www.elinformador.com.co/index.php/el-magdalena/81-distrito/117932-dimar-extrema-medidas-por-fuerte-marejada-en-santa-marta

[18] Cadena M., Amenazas Costeras, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM, Bogotá, mayo 2010.

**Figura 4.87. Kilómetros 19 a 21 en la vía Barranquilla-Ciénaga seriamente amenazados por las altas mareas. Octubre de 2012.**



Fuente: http://www.elheraldo.co/noticias/nacional/el-mar-se-traga-las-playas-del-caribe-87225

4.3.5.6. *Identificación de necesidades de información para el avance en el conocimiento de los oros fenómenos naturales.*

En general, es escasa la información existente sobre eventos amenazantes en la cuenca, ya que no existe la cultura del reporte, son escasos los entes que puedan encargarse de llevar un registro sistemático de estos y técnicamente no existen estaciones de monitoreo ni redes sistemáticas de información que puedan tomar datos que permitan ahondar en el conocimiento de los fenómenos naturales. Es necesario mejorar los mecanismos comunitarios para desarrollar sistemas de alertas tempranas y a la vez para poder levantar de manera completa y con más detalle el inventario de los eventos que ocurren. Se deben fortalecer e incentivar la creación de entes como la Defensa Civil y los Bomberos en cada municipio de la cuenca. Adicionalmente, es importante gestionar la instalación de estaciones climatológicas, realizar estudios y monitoreo permanentes de la erosión costera, al igual que de la sedimentación del rio Magdalena y de la Ciénaga; se requiere mayor atención en el reconocimiento y protección de la cobertura vegetal específicamente de los manglares y buscar la manera de generar políticas eficientes en su implementación para la protección de los parques naturales que se encuentran dentro del área de estudio.

Es muy poca la información existente sobre inundaciones para el área de la cuenca, tampoco es fácil la obtención de datos requeridos para el análisis de este fenómeno, por esto, se hace necesario y urgente, gestionar la instalación de estaciones de caudales, pluviométricas, y en general estaciones de monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca; adicionalmente es necesario mejorar los mecanismos comunitarios para desarrollar sistemas de alertas tempranas y a la vez para poder levantar de manera completa, y con más detalle el inventario de los eventos que ocurren. También sería bueno contar a futuro con estudios batimétricos y de determinación de las tazas de sedimentación para esta cuenca.

### *4.4. CONCLUSIONES*

La construcción de varios kilómetros de diques en forma irregular, en diferentes sectores de la Ciénaga Grande de Santa Marta, para lo cual han desecado ciénagas y caños, al igual que talado y quemado una gran extensión de vegetación, con el fin de extender la frontera agrícola y ganadera, tienen en peligro de un daño grave e irreversible a este complejo lagunar del Magdalena.

La construcción de diques, terraplenes, vías, etc., como las que se hacen continuamente dentro de la Ciénaga, que se caracteriza por ser una compleja red hidrográfica conformada por humedales, ríos, ciénagas, caños y arroyos; tiene graves consecuencias directas sobre la estructura y funcionamiento del sistema, produciendo alteraciones de los flujos de agua en la eco región y degradación, particularmente del humedal y de los ecosistemas, como el de manglar asociado a este.

El desecar las ciénagas y al alterar el flujo hídrico que genera la riqueza dentro de este complejo de la Ciénaga Grande de Santa Marta y sus Humedales, los recursos hidrobiológicos comienzan a desaparecer y se pierde el equilibrio eco sistémico del complejo lagunar, principalmente del mangle y de todas las especies que hay allí.

La ocupación ilegal de la Ciénaga, declarada Reserva de la Biosfera por la Unesco y sitio Ramsar está generando graves daños ambientales, posiblemente irreversibles, y está poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de varias poblaciones de pescadores de esta región; adicionalmente está generando desplazamiento forzado de la misma.

La dificultad de las vías de acceso y el complejo orden público de la mayor parte del área de la cuenca hace necesario que se diseñen políticas especiales para el restablecimiento del orden y el respeto de las zonas protegidas en aras de proteger y restableces el equilibrio ambiental de este complejo.

Respecto a la erosión costera, La aplicación del concepto de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) acogido alrededor del mundo a partir de la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro 1992), como el proceso más apropiado para direccionar e integrar los esfuerzos de manejo costero, se constituye en una herramienta viable para abordar el problema complejo en que se ha convertido la erosión costera, contribuir al desarrollo sostenible de los recursos marinos y al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones costeras.

Se debe incrementar la investigación de los factores de erosión y sedimentación costera y las plataformas continentales, con el fin de identificar los elementos requeridos para formular y desarrollar actividades y políticas de recuperación de los sectores erosionados y poder mitigar los impactos al medio y socioeconómicos de la erosión de las líneas de costa.

Los eventos de Movimientos de remoción en masa y avenidas torrenciales, no se dan dentro del área de la cuenca; por lo tanto, la susceptibilidad por este tipo de eventos es nula, y en consecuencia, en este documento su tratamiento solo llega hasta la caracterización histórica. La evaluación de la amenaza, el análisis de vulnerabilidad y el de riesgos para estos fenómenos no

alcanzan la definición de áreas críticas por lo tanto no es posible desarrollarlos en el presente estudio.

Respecto a la amenaza sísmica, la investigación de la amenaza sísmica en la Costa caribe colombiana ha sido muy limitada. No se ha investigado a detalle las tasas de movimiento ni la longitud de ruptura de las fallas que la afectan.

Existe una amenaza sísmica latente, la cual se debe investigar y sobre la que es necesario desarrollar medidas de prevención a fin de mitigar los posibles daños que pudieran darse en caso de ocurrir un evento sísmico de gran magnitud, para que las comunidades puedan estar preparadas. Es importante la instalación de más equipos de monitoreo en la región, para poder ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de las placas sísmicas y las zonas de falla, y así poder diseñar medidas que conduzcan a preparar a las comunidades para afrontar este tipo de eventos.

La delimitación de esta cuenca debe reevaluarse, ya que cuatro de las principales fuentes de agua dulce que la alimentan han quedado fuera del territorio de estudio; sin embargo, es claro que los problemas que enfrentan estos cauces afectan directamente la Ciénaga. Los ríos Aracataca, Fundación, Sevilla y Río Frio deberían incluirse dentro del área de la cuenca para poder hacer un diagnóstico completo y del mismo modo proyectar desde el POMCA las posibles soluciones a sus graves conflictos ambientales.

El río Fundación es una arteria vital de la Ciénaga Grande de Santa Marta, pero es objeto de permanentes taponamientos y desvíos de su cauce que impiden que cumpla con su función reguladora dentro del sistema del complejo de humedales y ciénagas. El río Aracataca, sufre las presiones de palmicultores y bananeros que están tratando de impedir a toda costa que el agua, con sus altos niveles de sal, llegue a sus cultivos, por lo tanto, es frecuentemente desviado y objeto de sustracción de sus aguas.

Los habitantes de esta cuenca en general, descalifican a las entidades públicas con mayor influencia en la región como CORPAMAG, la Gobernación del Magdalena, Invemar, Parques Nacionales y Administraciones Municipales ya que no les generan confianza porque, es poco el apoyo que han obtenido de ellas en la atención a sus denuncias, y en la mayoría de los casos las ven como entidades corruptas que se constituyen en el mayor factor de amenaza para este Complejo socio-ecológico.

El proyecto de ampliación de la vía que conecta a Barranquilla con Santa Marta debe ser riguroso en el estudio de impacto sobre el componente ambiental la Ciénaga Grande de Santa Marta y estudiar otras alternativas de diseños de esta vía para no terminar con la desaparición de este eco sistema de interés mundial.

La falta de articulación entre entidades como CORPAMAG, INCODER, Parques naturales facilita las condiciones para que se desarrollen actividades de destrucción y sobre explotación de los recursos naturales de la cuenca de manera ilegal.

# 5. VULNERABILIDAD

## *5.1. RESUMEN*

El análisis de vulnerabilidad en los Planes de ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), parte del uso de un modelo de índices e indicadores que abarcan la descripción del grado de exposición, las condiciones socio-económicas, predisposición de los elementos expuestos y falta de resiliencia, definiendo la vulnerabilidad total como el producto del índice de exposición, fragilidad y resiliencia.

En el presente capítulo, se presenta los insumos, variables, metodología y resultados obtenidos en la evaluación de vulnerabilidad para la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Este análisis, denota que el 64,89% del territorio en ordenación se caracteriza por presentar condiciones moderadas de vulnerabilidad; donde, predomina el índice de exposición medio (65,04%), Fragilidad media (79,01%) y resiliencia media (50,76%).

## *5.2. INTRODUCCIÓN*

La vulnerabilidad se define como la capacidad y posibilidad de un sistema de responder o reaccionar a una amenaza o de recuperarse de un daño. La vulnerabilidad está en directa interrelación con las amenazas porque si no existe una amenaza, tampoco existe la vulnerabilidad o no tiene importancia, porque no se puede ocasionar un daño. De esta manera y acorde con los alcances técnicos, el análisis de vulnerabilidad para la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta debe efectuarse para los fenómenos amenazantes con categorías de amenaza alta o media.

### 5.2.1. Alcance

Análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos de la cuenca hidrográfica del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta ante los diferentes eventos amenazantes a evaluar: Inundaciones, Movimientos en masa, Avenidas torrenciales e Incendios Forestales.

### 5.2.2. Objetivos

- Efectuar una zonificación que permita obtener zonas homogéneas centros poblados (ZHCP), y zonas homogéneas rurales.
- Asignar a las zonas homogéneas una serie de indicadores e índices que permitan establecer el modelo de exposición de la cuenca en ordenación.
- Evaluar la fragilidad física, socio-cultural y ecosistémica de los elementos expuestos y coberturas vegetales presentes en la cuenca hidrográfica del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta
- Determinar el indicador de falta de resiliencia económica para las zonas críticas evaluadas.
- Establecer el índice de vulnerabilidad, de acuerdo con la ponderación de los índices de exposición, fragilidad y resiliencia.

### 5.2.3. Marco conceptual general

La vulnerabilidad constituye un sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (externas e internas) que convergen en una comunidad o área particular. A esta interacción de factores se le conoce como vulnerabilidad global. Esta vulnerabilidad global puede dividirse en varias vulnerabilidades o factores de vulnerabilidad, todos ellos relacionados entre sí: vulnerabilidad física; factores de vulnerabilidad económicos, sociales y ambientales. (Wilches Chaux, 1993)

La vulnerabilidad física se refiere a la localización de asentamientos humanos en zonas de amenaza, como por ejemplo en las laderas de los volcanes, en las llanuras de inundación de los ríos, al borde de los cauces, en zonas de influencia de fallas geológicas, etc. La vulnerabilidad estructural se refiere a la falta de implementación de códigos de construcción y a las deficiencias estructurales de la mayor parte de las viviendas, lo que conlleva a no absorber los efectos de los fenómenos naturales; la vulnerabilidad natural se refiere a aquella que es inherente e intrínseca a todo ser vivo, tan solo por el hecho de serlo.

Los factores de vulnerabilidad económica y social se expresan en los altos niveles de desempleo, insuficiencia de ingresos, poco acceso a la salud, educación y recreación de la mayor parte de la población; además en la debilidad de las instituciones y en la falta organización y compromiso político, al interior de la comunidad o sociedad. Se ha demostrado que los sectores más pobres son los más vulnerables frente a las amenazas naturales. [19]

La Vulnerabilidad también se considera como la Característica propia de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, relacionada con su incapacidad física, económica, política o social de anticipar, resistir y recuperarse de un daño sufrido cuando opera una amenaza[20.]

Otra definición para Vulnerabilidad es la incapacidad de resistencia al presentarse un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre. Por ejemplo, la personas que están asentadas en lugares bajo próximos a ríos son más vulnerables ante las inundaciones que quienes estas asentados en lugares más altos.

La Ley 1523 de 2012 define la vulnerabilidad como la: “Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas

---

[19]Wilches G. La vulnerabilidad Global, 1993.
http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap2.htm

[2] Metodologías de análisis de Riesgo. Resolución 004/09 del FOPAE. Alcaldía Mayor de Bogotá. 2014

físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos" (artículo 4, numeral 27).

Así las cosas, en el marco del POMCA, la vulnerabilidad comprende la susceptibilidad a que se presenten daños en las actividades productivas, la localización de asentamientos humanos y la infraestructura estratégica y de la sostenibilidad ambiental del territorio y de sus recursos naturales renovables.

Algunos factores de los cuales depende la vulnerabilidad son: la edad y la salud de las personas, las condiciones higiénicas y ambientales, la calidad de vida de las construcciones y su ubicación en relación con las amenazas. Una comunidad bien organizada e informada, donde las personas crean espacios de comunicación para acordar lo que van a hacer ante las amenazas naturales, es menos vulnerable que una comunidad que no conoce las amenazas que la rodean y no se organiza para responder a ellas.

Los alcances técnicos para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas definen una metodología a que implica el desarrollo de cuatro derroteros principales:
1. Evaluación de la susceptibilidad del territorio de la cuenca ante los eventos en evaluación: movimientos en Masa, Inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales.
2. Evaluación de la amenaza en zonas críticas obtenidas a partir de susceptibilidad alta y media para los eventos que presenten esta categorización en la susceptibilidad dentro de la cuenca.
3. Análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos ante los eventos amenazantes.
4. Análisis de riesgo resultante de la coincidencia de la amenaza y la vulnerabilidad para los diferentes escenarios de la amenaza evaluada.

Para el caso de la Cuenca Hidrográfica del Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, la evaluación y zonificación de susceptibilidad que se desarrolló en el numeral 4.1 de este volumen, mostró únicamente susceptibilidad para los eventos de inundación e incendios forestales, ya que como se explicó en ese capítulo, las condiciones fisiográficas del terreno definido dentro del límite de la cuenca para este estudio, resulta nula para eventos de movimientos en masa y de avenidas torrenciales.

Por lo anterior, las zonas críticas de susceptibilidad media y alta únicamente se determinaron para eventos de inundación e incendios forestales. De tal manera que, en lo concerniente al desarrollo de este capítulo, el análisis de vulnerabilidad se enfoca a la identificación de los elementos expuestos únicamente ante estos dos eventos amenazantes identificados.

### *5.3. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD POR MODELO DE ÍNDICES E INDICADORES*

La evaluación de vulnerabilidad, es una estimación de las pérdidas o daños que puedan ser causados por un evento natural de cierta severidad, incluyendo daños a la construcción, daños personales e interrupción de las actividades económicas y del funcionamiento normal de las comunidades; un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la

predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos frente a una determinada amenaza o peligro. La vulnerabilidad puede categorizarse en tres niveles: baja, media y alta; también puede ser expresada como un porcentaje de elementos que pueden sufrir daño o destrucción (pérdida) sobre un total, aunque es difícil establecer una referencia de carácter absoluto. Los porcentajes pueden ser establecidos en función de las características del área, del tipo de fenómeno, de la densidad y frecuencia de ocupación humana, densidad de construcciones, etc.

El Análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos ante los eventos amenazantes corresponde al tercer derrotero dentro la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. El documento de protocolo, indica que los análisis de vulnerabilidad y riesgo se efectuarán solo para las áreas que tiene evaluación de amenaza crítica, es decir para las áreas categorizadas con nivel de susceptibilidad medio y alto, que para el caso de la Cuenca Hidrográfica del Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta corresponde con eventos amenazantes de Inundaciones e Incendios Forestales.

Existe una relación de doble vía entre el riesgo y la vulnerabilidad, bajo la premisa que cualquier evento amenazante solo adquiere condición de riesgo cuando su ocurrencia afecta a una comunidad de forma directa o indirecta. La afectación a que se refiere esta premisa, involucra de forma implícita la definición de "Exposición", la cual se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.[21]

El documento protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas indica que para la evaluación de la vulnerabilidad bajo el enfoque de la exposición es conveniente emplear el Modelo de Indicadores de Vulnerabilidad propuesto por O. Cardona et al. 2003, O. Cardona 2001, a fin de no dejar excluidos las dimensiones social, económica y ambiental, ya que la vulnerabilidad se relaciona con la susceptibilidad física de los elementos expuestos a ser afectados por la ocurrencia de un evento, con la fragilidad social y con la falta de resiliencia de las comunidades para responder ante un desastre o absorber su impacto.

En este sentido, es necesario conocer el significado de los términos exposición, fragilidad y resiliencia.

- **Exposición:** Corresponde al inventario de bienes naturales o no, que pueden ser afectados por diferentes eventos amenazantes y se expresa en términos de activos y de población, la exposición se mide de acuerdo al porcentaje de daño y se calcula mediante el *IP = Índice de pérdidas o índice de exposición,* el cual está afectado por los niveles de confianza y varía entre 0 y 1. Es un componente fundamental en el análisis o evaluación del riesgo y de su nivel de detalle depende el la precisión de los resultados.
- **Fragilidad:** Es el grado de debilidad de los diferentes elementos y sectores (económico, social y ambiental) para soportar el embate de los eventos amenazantes involucrados dentro del territorio de una cuenca hidrográfica. Se mide como IF = *Índice de fragilidad*, y varía entre 0 y 3.

[21] Art 4. Numeral 10. Ley 1523 de 24 de 2012. Congreso de la república de Colombia

- **Resiliencia:** Se refiere a la capacidad para enfrentar el impacto de los fenómenos amenazantes, se relaciona con la existencia de un sistema de gestión del riesgo. Se mide como *IR = Índice de falta de resiliencia,* dado por la falta de capacidad para resistir y/o sobreponerse a las consecuencias de un fenómeno; su valoración está dada entre 0 y 1.

Es así como desde el contexto teórico presentado, la vulnerabilidad como componente de riesgo se formula bajo la siguiente relación:

$$Riesgo = Amenaza\ x\ Vulnerabilidad$$

Donde la Vulnerabilidad se da por:

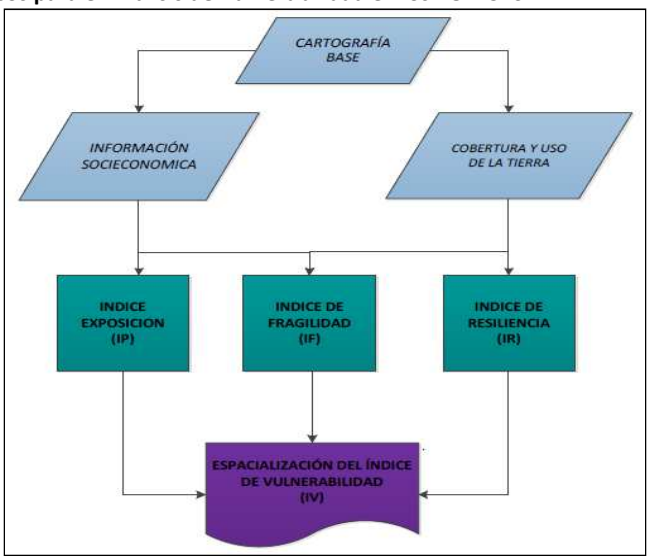
$$Vulnerabilidad = (\ Exposición\ x\ fragilidad\ x\ falta\ de\ resilencia)$$

Que en términos de índices se convierte en la siguiente expresión:

$$Vulnerabilidad = \frac{IP * IF * IR}{IPmax}$$

La siguiente figura, muestra los procesos contemplados en el desarrollo del Análisis de la Vulnerabilidad en la fase de Diagnósticos de los POMCAS; y en los ítems posteriores se indica el procedimiento adoptado para la obtención de los índices que permiten calcular la vulnerabilidad expresada como Índice de Vulnerabilidad (IV) para la cuenca hidrográfica, el cual para el caso de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, se calcula para los eventos de Inundación e Incendios forestales.

**Figura 5.1. Mapa de procesos para el Análisis de Vulnerabilidad en los POMCAS.**




Adaptado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

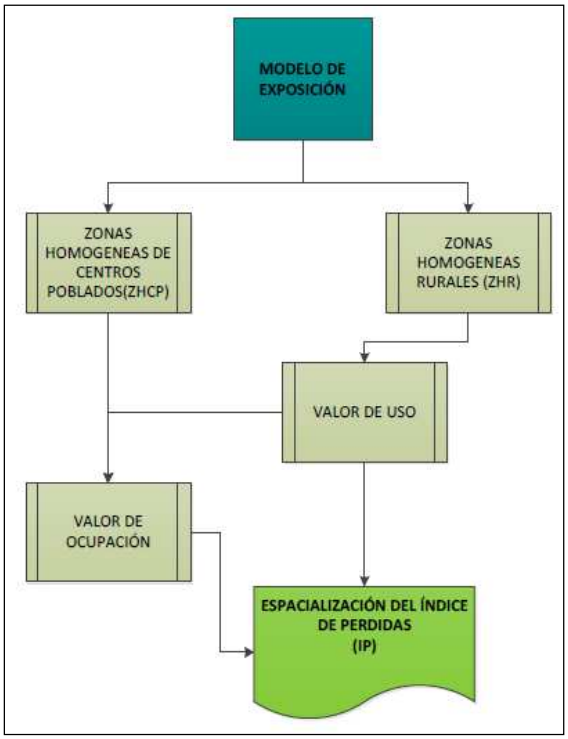
### 5.3.2. Análisis de la exposición

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012 exposición se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza (artículo 4, numeral 10).

El análisis de la exposición se desarrolla teniendo en cuenta la escala 1:25.000, contempla como elementos expuestos aquellos que se encuentran dentro de la descripción de las coberturas adaptadas para Colombia en la metodología de Corine Land Cover. Implica 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)

**Figura 5.2. Mapa conceptual para el análisis del modelo de exposición en los POMCAS**




Adaptado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

#### 5.3.2.1. *Zonas homogéneas en centros poblados (ZHCP).*

Teniendo como base el mapa de cobertura y uso, se extraen los polígonos que definen los centros poblados dentro de la cuenca, asignándole a estos los siguientes atributos:

- Área del polígono ($Km^2$)
- Uso del área, corresponde al obtenido en el mapa de cobertura y uso de Corine Land Cover (residencial, comercial, etc.)
- Densidad promedio de construcciones, se obtiene con la herramienta SIG, corresponde a DC = Numero de construcciones/ $Km^2$ de terreno.
- Densidad de población, DP = Número de habitantes/ $Km^2$de construcción, para el periodo en el cual se prevé la mayor ocupación. Se clasificada en tres rangos de densidad así:

**Tabla 5.1. Categorías de densidad poblacional par POMCAS.**

| Densidad de población Hab./ $Km^2$ | Categoría |
|---|---|
| Menos de 25 | Baja |
| Entre 25 y 75 | Media |
| Mayor de 75 | Alta |

Tomado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

**Tabla 5.2. Atributos mínimos del POMCA para definición de cada polígono como Zona homogénea en centros poblados.**

| Polígono | Atributo | Unidad |
|---|---|---|
| 1 | Área (A) | $Km^2$ |
| | Área construida (Ac) | Área construida/ $Km^2$ |
| | Porcentaje de área construida (%Ac) | % |
| | Densidad promedio de construcciones (DC) | Numero de construcciones/ $Km^2$ |
| | Tipo de Cobertura y uso | Corine Land Cover |
| | Densidad de población (DP) | Habitantes/ $Km^2$ |
| | Zona homogénea Centro poblado | ZHCP |

5.3.2.2. *Zonas homogéneas rurales (ZHR)*

La zonificación rural se realiza con base en los tipos de cultivos, bosques, densidad de vegetación mediante una reclasificación del mapa de cobertura y uso; se extrae el área del mapa a la cual previamente se le han sustraído los centros poblados mencionados en el numeral anterior, y se le asignan los siguientes atributos:

- Área de la zona
- Cobertura y uso principal: tipo de cultivos, bosques, pastos, etc. Usando como mínimo la clasificación de cobertura y uso nivel 4.
- Relieve: plano, ondulado, montañoso
- Categoría socio-económica: alta, media, baja.

**Tabla 5.3. Atributos mínimos del POMCA para definición de cada polígono como Zona homogénea rural (ZHR).**

| Polígono | Atributo | Unidad |
|---|---|---|
| 1 | Área (A) | Has. |
| | Tipo de Cobertura y uso Corine Land Cover | Corine Land Cover |
| | Tipo de relieve | Plano, ondulado, montañoso |
| | Categoría socio-económica | Alta, media, baja |
| | Tipo de Cobertura y uso | Corine Land Cover |
| | Zona homogénea Rural | ZHCP |

5.3.2.3. *Índice de pérdidas o daño (IP).*
Corresponde al valor de pérdida o al porcentaje de daño en cada una de las zonas homogéneas analizadas. Este índice está relacionado con el cálculo de los indicadores económicos y de desarrollo los cuales se obtienen para una fecha estimada o escenario de amenaza definido; este índice se puede obtener a partir del precio por metro cuadrado de construcción en cada zona, para lo cual se emplean indicadores de valores per cápita o normalizados con el PIB. El objeto al obtener estos indicadores es de estimar los valores de reposición de los bienes.

Este índice se calcula tanto para los centros poblados y/o infraestructura, como para las zonas rurales. En este documento, las áreas de análisis están referidas a veredas, debido a que la información socioeconómica se obtuvo del análisis individual de información en cada una de ellas.

5.3.2.3.1. *Índice de pérdidas o daño en centros poblados y/o infraestructura:*
De acuerdo con el documento de protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, se requiere como mínimo indicar el tipo de infraestructura y el valor total de reposición, el cual se calcula partiendo los índices de precio por metro cuadrado obtenidos en el análisis socio-económico, multiplicándolo por el área construida calculada, y se compara la tabla estadística de precios mínimos y máximos por metro cuadrado en función del estrato socio-económico de entidades como el DANE o DNP.

Los tipos de infraestructura e indicadores recomendados para la obtención de este índice son los siguientes:

- Red vial primaria y secundaria
- Puentes en la red vial primaria y secundaria
- Infraestructura de servicios

Para cada zona homogénea de análisis y con base en la densidad de habitantes por $km^{2\ se}$ obtiene el IVE o índice de precios por $km^2$, adicionalmente, se realizan estimativos de valores de exposición unitarios para cada una de las obras de infraestructura y con ello se calculan los valores expuestos totales para cada zona. Los siguientes son los indicadores de exposición requeridos para centro poblados:

**Área total construida en la zona** = (Área ocupada promedio/ $Km^2$) x Área del polígono

**Valor total de reposición** = (Área total construida de la zona) x (Índice de precios unitarios por $m^2$ promedio de la zona expresado en $Km^2$)

**Vuso (US$)** = (CM $Km^2$) x (IVE (US$ $Km^2$)

Dónde:
Vuso: valor expuesto de cado uso o valor de reposición
CM: Cantidad de área construida para cada uso
IVE: Índice de precios unitarios por $Km^2$ promedio de la zona.

**Ocupación** = (Índice promedio de ocupación) x (área total construida en la zona)

**Ouso (Hab)** = (CM $Km^{2)}$ x (IH (Hab/ $Km^2$)) x PO (%)

Dónde:
Ouso: cantidad de personas ocupando un uso, Ocupación
CM: cantidad de área construida para cada uso
IH: Índice de ocupación para cada uso
PO: porcentaje de ocupación de cada uso y para cada escenario. En este caso se define como 1, previendo una ocupación total (ya sea en día o noche).

La siguiente tabla presenta la información requerida para la obtención de los indicadores involucrados en el cálculo del modelo de exposición.

**Tabla 5.4. indicadores para el modelo de exposición para centros poblados.**

| Polígono | Indicador | Unidad |
|---|---|---|
| 1 | Área | $Km^2$ |
| | 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 cado uso o valor de reposición | US$ |
| | Ouso, cantidad de personas ocupando un uso | Habitantes |

5.3.2.3.2. *Índice de pérdidas o daño en zonas rurales:*
Este índice se obtiene a partir del precio estimado por Ha en cada zona. Las áreas en las cuales se presentan ecosistemas estratégicos, zonas de reserva o áreas protegidas se excluyen de este análisis ya que su estudio en este ámbito está por fuera del alcance del POMCA, sin embargo, si se tendrán en cuenta para el análisis de fragilidad.

Como indicador de la exposición en zonas rurales se requiere determinar el Valor de reposición para las zonas productivas o áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales, este se calcula con base en los precios estimados por Ha para Colombia, multiplicados por el área del polígono. Su valoración no corresponde al valor del terreno, si no a un valor estimado de reposición en caso de pérdida del mismo.

**Valor de reposición para las zonas productivas o áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales =** (área ocupada promedio por tipo de uso/Ha) x (área del polígono)

**Valor total de reposición** = (área total de las zonas productivas o áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales) x (precio unitario promedio por Ha de la zona)
**Vuso: (US$)** = (CM Ha) x (IVE (US$/Ha)

Dónde:
Vuso: valor expuesto de cada uso o valor total de reposición
CM: cantidad de área dedicada a cada uso (Ha)
IVE: Índice de precios unitarios por Ha promedio de la zona

**Tabla 5.5. Indicadores para calcular el modelo de exposición para zonas rurales**

| Polígono | Atributo | Unidad |
|---|---|---|
| 1 | Área (A) | Ha |
| | Tipo de Cobertura y uso | Corine Land Cover |
| | CM, cantidad de área dedicada a cada uso | Ha/Tipo de uso |
| | IVE, Índice de precios unitarios por Ha promedio de la zona | US$/Ha |
| | Vuso, valor expuesto de cada uso o valor total de reposición | US$ |

Con el análisis de la exposición, es posible estimar los valores expuestos totales para lograr una cuantificación global en cifras; también es posible obtener indicadores a nivel general de cuenca que permiten realizar comparaciones con otras cuencas e identificar problemas comunes entre ellas.

Como se mencionó antes, el Índice de pérdidas o Índice de daño (IP), corresponde al valor de pérdida o al porcentaje de daño en cada una de las zonas homogéneas analizadas. Aplica tanto para el análisis de pérdidas materiales como de pérdidas humanas; está definido por el valor inicial del bien antes del evento, y su valor después del evento, esta relación se expresa en la siguiente formula:

$$\mathbf{IP} = (Vi - Vf) / Vi$$

Dónde:
Vi: Valor inicial del bien (antes del evento)
Vf: Valor final del bien o valor de reposición del bien (después del evento Vuso)

### 5.3.3. Análisis de fragilidad

En el análisis de vulnerabilidad por el Modelo de Indicadores, corresponde a un factor interno del riesgo, que se relaciona con la exposición, la susceptibilidad física o fragilidad física de los elementos, la fragilidad sociocultural y la fragilidad eco-sistémica de las comunidades para responder ante un desastre o absorber su impacto. Este índice denominado Índice de Fragilidad (IF) varía entre 0 y 1.

Básicamente en el análisis de vulnerabilidad, se identifican tres tipos de fragilidad: física, socio-cultural y eco-sistémica, y se incorpora un elemento inherente a ellas, denominado falta de Resiliencia.

#### 5.3.3.1. *Fragilidad física (Fi)*

Es la condición de susceptibilidad de los asentamientos humanos de ser afectados por ubicarse en área de influencia de los fenómenos amenazantes y por su falta de resistencia física ante los mismos.

**Figura 5.3. Asentamiento palafítico en la Ciénaga Grande de Santa marta.**



La fragilidad física, depende del tipo de evento amenazante, pues no todas las amenazas son realmente relevantes en la definición de los usos del suelo, esto significa que no todos los fenómenos inciden en la posibilidad de que algunas áreas deban ser ocupadas o que sobre ellas se puedan realizar ciertas actividades que signifiquen la exposición permanente de personas, bienes o servicios que se puedan ver afectadas por este tipo de eventos. En este sentido, la Fragilidad Física (Fi) se evalúa para los eventos amenazantes, que en el caso de la Cuenca Hidrográfica del Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, corresponde para los eventos de Inundaciones e Incendios Forestales.

De tal forma que de acuerdo con las zonas de amenaza identificadas, se asigna para la Fragilidad Física (Fi), valores de 1 a 0 si el elemento expuesto se ubica o no en la zona de amenaza alta o baja respectivamente así:

**Tabla 5.6. Valores de Fragilidad física con respecto al nivel de amenaza.**

| Nivel de Amenaza | Índice de Fragilidad Física Fi |
|---|---|
| Alta | 1 |
| Media | 0.5 |
| Baja | 0 |

Adaptado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

### 5.3.3.2. *Fragilidad socio-cultural (Fsc)*

Es la predisposición que surge como resultado de nivel de marginalidad y segregación social del asentamiento humano y sus condiciones de desventaja y debilidad relativa por factores socioeconómicos. Tiene en cuenta dos factores: el Índice de calidad de vida, ICV y la Fragilidad cultural Fc; la Fsc varía entre 0,1 y 1, y se categoriza así:

**Tabla 5.7. Valores de Fragilidad Sociocultural**

| Fragilidad socio cultural | Índice de Fragilidad Física socio cultural Fsc |
|---|---|
| Alta | 0,75 - 1 |
| Media | 0,5 - 075 |
| Baja | 0,1 -05 |

Adaptado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

**Figura 5.4. Forma constructiva de algunas viviendas en Salamina, sin estructuras de cimentación ni vigas de amarre.**



En la evaluación de este índice, se debe tener en cuenta que las coberturas que muestran presencia de asentamientos humanos definidos por el tejido urbano y el tejido urbano discontinuo; de ellos se debe conocer el Índice de Calidad de vida (ICV) y el Índice de fragilidad cultural (Fc), elementos que sumados permiten obtener el valor de la Fragilidad socio-cultural (Fsc)

El Índice de Calidad de vida (ICV), es una variable que vincula los niveles de marginalidad o exclusión social, refleja las condiciones socioeconómicas de los hogares urbanos y rurales de la cuenca. El valor mínimo normativo definido por el DNP y el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo Humano, es de 67. Este valor adimensional, se obtiene para la cuenca, de la información analizada del DANE, el SIGOT, entre otras fuentes. La categorización del ICV, se da por rangos entre 67 y 80, a los cuales se les asigna un valor entre 0,1 y 0,5 que define su categoría, calificando que entre más bajo sea el valor asignado al rango de ICV, será mayor el nivel de fragilidad socio-cultural.

**Tabla 5.8. Categorías del ICV para la evaluación de los tejidos urbano y urbano discontinuo.**

| Rangos de Índice de Calidad de vida (ICV) | Valor | Categoría de fragilidad socio-cultural |
|---|---|---|
| >80 | 0,1 | Baja |
| >67, <80 | 0,25 | Media |
| <67 | 0,5 | Alta |

Adaptado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

**Figura 5.5. Corregimiento de Palmira, condiciones de marginalidad que determinan la calidad de vida de sus habitantes**



La definición de las áreas de dimensión cultural corresponde con áreas de interés o patrimonio natural propias de la cuenca pueden estar asociadas a coberturas que se constituyen en esta clasificación por ser áreas apropiadas para el desarrollo de actividades de aprovechamiento del espacio público o fuentes de subsistencia de comunidades, como por ejemplo los bosques de manglar, las áreas verdes y los cuerpos de agua, entre otros. Es de anotar que estas áreas pueden encontrarse o no habitadas.

Las áreas determinadas dentro de la Dimensión cultural, son valoradas a juicio cualitativo de los expertos que intervienen en la elaboración del POMCA, dando una calificación entre 0,0 y 0,5 para cada área, dependiendo de si su apreciación es positiva (0,5) o negativa (0,0), lo cual permite categorizar el Índice de Fragilidad Cultural (Fc).

**Tabla 5.9. Categorías para la evaluación de la fragilidad cultural.**

| Áreas de Dimensión Cultural | Valor | Categoría |
|---|---|---|
| Área A | 0,0 | Baja |
| Área B | 0,25 | Media |
| Área C | 0,5 | Alta |

Adaptado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

Teniendo en cuenta los dos parámetros anteriores, la Fragilidad Socio-cultural (Fsc) se define en la siguiente igualdad:

$$\boldsymbol{Fsc} = ICV + Fc$$

Dónde:

Fsc = Fragilidad Socio-cultural
ICV= Índice de calidad de vida
Fc = Fragilidad cultural.

5.3.3.3. *Fragilidad eco-sistémica (Fe)*

Es la condición de susceptibilidad que presentan las áreas protegidas o aquellas que prestan servicios ambientales, y/o que satisfacen algunas necesidades básicas como acceso al agua, a la energía, o al aire, son soporte de la productividad de alimentos y garantizan el equilibrio natural a través de su conservación frente a fenómenos amenazantes que puedan dañar o afectar su equilibrio.

**Figura 5.6. Ecosistema de Manglar en la Ciénaga grande de Santa Marta.**



Depende básicamente de la ubicación de las coberturas definidas como ecosistemas estratégicos; de esta manera, si el ecosistema estratégico se ubica dentro de un área protegida, su valor de fragilidad será el más alto, pero si se localiza fuera de un área protegida, su valor de fragilidad dependerá del juicio de los expertos que participan en el POMCA, bajo el criterio de categorizaciones existentes en áreas similares. Este índice se define para valores entre 0,00 y 1,00 y su valor permite identificar cuatro categorías así:

**Tabla 5.10. Categorías para la evaluación de la fragilidad de ecosistemas estratégicos.**

| Áreas de Ecosistemas Estratégicos | 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 ecosistema estratégico entro de la cuenca | 0,00 | Nula |

Adaptado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

El resultado final del análisis de Fragilidad es el Índice de fragilidad total, IF que corresponde al promedio de los valores resultantes para los tres tipos de fragilidad bajo la siguiente igualdad:

**Índice de Fragilidad Total (IF)** = (Fragilidad física (fi) + Fragilidad Sociocultural (fsc) + Fragilidad eco-sistémica (Fe)) /3

De esta manera, es posible obtener valores entre 0 y 1, los cuales se pueden categorizar por rangos para poder definir el Índice de Fragilidad así:

**Tabla 5.11. Categorías para el índice de fragilidad calculado.**

| Valor | Categoría Índice de Fragilidad |
|---|---|
| 0,75 - 1 | Alta |
| 0,5 - 0,75 | Media |
| 0 -0,5 | Baja |

Tomada de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

### 5.3.4. Análisis de Resiliencia

La resiliencia es un indicador que permite estimar el grado de afectación de las actividades productivas y de la infraestructura estratégica de transporte, servicios públicos, etc.; se expresa como la Falta de Resiliencia y permite categorizar a través de valores las limitaciones de acceso y movilización de recursos del asentamiento humano, su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto cuando ha sido afectado por la ocurrencia de un enveto, al igual que su incapacidad de recuperarse en el corto, mediano y largo plazo. Esta dada por el factor económico, por lo que atañe a factores como la ubicación de las actividades productivas y a la presencia de infraestructura estratégica dentro de la cuenca.

**Figura 5.7. Santa Rita, la mayor parte de la comunidad se desplazó abandonando el pueblo.**



La Falta de Resiliencia, puede denominarse como Indice de Resiliencia (IR), su evaluación se categoriza de acuerdo con los siguientes terminos:

**Tabla 5.12. Categorias para el Indice de Falta de Resiliencia Económica.**

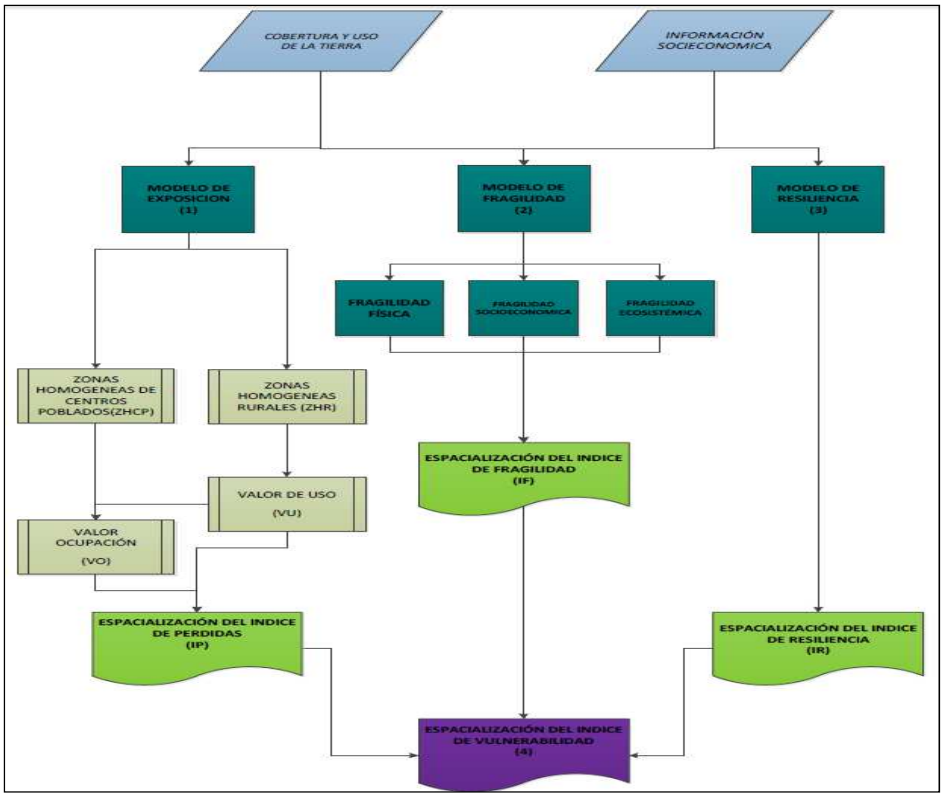
| Falta de Resiliencia Económica | Recuperación en el tiempo | Valor | Categoría |
|---|---|---|---|
| Se localizan las más importantes actividades productivas para el desarrollo economico de la región y/o hay presencia de infraestructura estrategica o vital. Hay destrucción total del medio ambiente físico. | Largo Plazo | 1,00 | Muy Alta |
| Se desarrollan algunas actividades económicas y se localiza infraestructura estratégica. Daños ambientales muy grandes y difíciles de reparar. | Mediano Plazo | 0,75 | Alta |
| Pocas actividades productivas o de servicuios. Perdidas ambientales serias pero reparables. | Corto Plazo | 0,50 | Media |
| Pocas actividades productivas o de servicios locales. Pérdidas ambientales locales | Corto Plazo | 0,25 | Baja |
| No se desarrollan actividades productivas y no hay infraestructura. Elementos ambientales intactos. | -- | 0.00 | Nula |

Adaptado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

### 5.3.5. Análisis de la Vulnerabilidad

De acuerdo con lo expuesto en la metodología para el análisis de vulnerabilidad y habiendo obtenido cada uno de los índices que hacen parte del modelo de vulnerabilidad, se calcula finalmente el **Índice de Vulnerabilidad (IV)**, cuyo proceso de obtención se resume en el siguiente mapa de procesos.

**Figura 5.8. Mapa de procesos para la obtención del Índice de Vulnerabilidad (IV) en los POMCAS.**




Tomado de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

Como resultado final del análisis de vulnerabilidad, se calcula el **Índice de Vulnerabilidad (IV)**, cual responde a la siguiente igualdad:

$$IV = \frac{IP * IF * IR}{3}$$

Dónde:

IV = Índice de Vulnerabilidad
IP = Índice de perdida
IF = Índice de fragilidad
IR = Índice de falta de Resiliencia

Este índice se expresa como una variable categórica al obtener valores entre 0 y 1, estos valores se subdividen en rangos que permiten espacializar o zonificar el territorio en tres categorías así:

**Tabla 5.13. Categorización del índice de vulnerabilidad (IV)**

| Rangos de valor para el Índice de Vulnerabilidad (IV) | Categoría | Símbolo |
|---|---|---|
| 0,75 - 1 | Alta | |
| 0,30 – 0,75 | Media | |
| 0 – 0,30 | Baja | |

Tomada de: Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

## *5.4. VULNERABILIDAD EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA*

A continuación, se presentan los valores obtenidos para los índices e indicadores que conforman el modelo de vulnerabilidad de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, de acuerdo con la metodología expuesta en el numeral 1.2. y los cuales se constituyen en el insumo para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad de esta cuenca frente a los fenómenos de Inundaciones e Incendios forestales.

Los parámetros se presentan en el mismo orden que en la metodología ya expuesta, de tal manera que el lector pueda referirse a los conceptos y elementos de componen cada uno de los índices e indicadores obtenidos. Es de anotar, que los datos socioeconómicos tomados para el estudio, están referidos por municipio, de acuerdo con información del DNP, el DANE, y el IGAC, por lo tanto, los atributos definidos se refieren al municipio, sin discriminar sin corresponden a áreas o urbanas.

El análisis de vulnerabilidad, se complementó con la información aportada por los actores estratégicos durante los espacios de participación (Panel de gestión del riesgo, talleres de diagnóstico), en los cuales, los participantes realizaron una aproximación frente a los factores de vulnerabilidad por cada tipo de evento amenazante; la información allí recopilada se puede observar en el anexo 16 del presente documento.

### 5.4.1. Resultados del análisis de la exposición

El índice de exposición o perdida (IP), está ligado al cálculo o la incorporación de indicadores económicos y de desarrollo, este análisis implica la determinación de zonas homogéneas urbanas y rurales. Su índice de exposición o índice de perdidas (IP), se relaciona con las coberturas del suelo, el área, su uso, y el índice de precios por unitarios por $Km^2$ (IVE).

Fueron varios los inconvenientes para tener todos los datos de acuerdo con la metodología planteada en el Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, por lo tanto, se hizo necesario realizar algunos ajustes asumiendo parámetros próximos o equiparables con los inicialmente planteados, como por ejemplo, al no contar con datos sobre infraestructura emplear el índice de precios unitarios; o al no encontrar la densidad de población de los centros poblados, alimentar la entrada en las tablas intermedias con los datos de la cabecera municipal correspondiente, para poder obtener los valores finales requeridos como por ejemplo el valor expuesto de cada uso.

Las siguientes tablas presentan la información Zonas Homogéneas de Centros Poblados y Zonas Homogéneas Rurales, cada una de ellas tiene parámetros diferentes para su determinación, que permiten obtener a través de operaciones matemáticas el valor del Índice de perdida (IP), el cual se requiere para determinar el índice de vulnerabilidad.

*Zonas Homogéneas de Centros Poblados (ZHCP):* las cuales se han clasificado en su cobertura de acuerdo con la continuidad del tejido en continuas y discontinuas, refiriéndose el Tejido Urbano Continuo a las áreas donde la concentración de estructuras urbanas es mayor, y se puede considerar permanente, dadas las condiciones de consolidación de bienes y servicios como centros de salud, iglesias, escuelas y/o colegios, y comercio tal como los cascos urbanos; mientras que el Tejido Urbano Discontinuo, se refiere a las áreas que presentan un nivel menor de urbanización, al igual que su concentración de bienes y servicios, los cuales son mínimos o nulos como en algunos centros poblados o pequeños caseríos.

**Tabla 5.14. Información intermedia para el cálculo del IP en Zonas homogéneas en centros poblados (ZHCP) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**

| Municipio | Centro Poblado | Área (km2) | Área Construida (km2) | % sobre área construida | DC (Construcciones /km2) | Tipo de cobertura y uso (CLC) | Uso Actual | DP (Hab/km2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EL PIÑÓN | El Piñón | 0,870885 | 0,870885 | 100 | 1770,03853 | 111 | 30233 | 7080,1541 |
| | Los Patos | 0,034432 | 0,034432 | 100 | 421,123652 | 3232 | 30239 | 1684,49461 |
| | Cantagallar | 0,250628 | 0,250628 | 100 | 511,714385 | 111 | 30233 | 2046,85754 |
| | Campo Alegre | 0,121877 | 0,121877 | 100 | 549,735842 | 111 | 30233 | 2198,94337 |
| | Sabanas | 1,017305 | 1,017305 | 100 | 577,014844 | 111 | 30233 | 2308,05938 |
| | Tio Gollo | 0,281426 | 0,281426 | 100 | 1191,25627 | 111 | 30233 | 4765,02509 |
| | San Basilio | 0,178068 | 0,178068 | 100 | 1205,99926 | 111 | 30233 | 4823,99703 |
| | Vásquez | 0,213344 | 0,213344 | 100 | 1801,08306 | 232 | 30226 | 7204,33223 |

| Municipio | Centro Poblado | Área (km2) | Área Construida (km2) | % sobre área construida | DC (Construcciones /km2) | Tipo de cobertura y uso (CLC) | Uso Actual | DP (Hab/km2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PIVIJAY | Pivijay | 3,311927 | 3,311927 | 100 | 1439,34347 | 111 | 30233 | 5757,37389 |
| | Media Luna | 1,04361 | 1,04361 | 100 | 826,937241 | 111 | 30233 | 3307,74896 |
| | Carmen Del Magdalena (Paraco) | 0,337149 | 0,337149 | 100 | 970,639119 | 111 | 30233 | 3882,55648 |
| | La Retirada (*) | 0,021657 | 0,021657 | 100 | 4109,49257 | 2442 | 30226 | 16437,9703 |
| PUEBLOVIEJO | Pueblo viejo | 0,812021 | 0,812021 | 100 | 3689,8667 | 111 | 30233 | 14759,4668 |
| | Isla Del Rosario | 0,325227 | 0,325227 | 100 | 3830,40004 | 111 | 30233 | 15321,6002 |
| | Nueva Frontera | 0,165477 | 0,165477 | 100 | 4080,63518 | 111 | 30233 | 16322,5407 |
| | Tasajera | 0,546195 | 0,546195 | 100 | 4764,32076 | 111 | 30233 | 19057,283 |
| | Palmira | 0,105271 | 0,105271 | 100 | 7452,17825 | 111 | 30233 | 29808,713 |
| REMOLINO | Remolino | 0,677042 | 0,677042 | 100 | 2015,75365 | 111 | 30233 | 8063,0146 |
| | Santa Rita | 0,296799 | 0,296799 | 100 | 366,409758 | 111 | 30233 | 1465,63903 |
| | Martinete | 0,14513 | 0,14513 | 100 | 403,088106 | 111 | 30233 | 1612,35242 |
| | El Dividivi | 0,147267 | 0,147267 | 100 | 439,677327 | 111 | 30233 | 1758,70931 |
| | Corral Viejo | 0,098096 | 0,098096 | 100 | 524,996125 | 111 | 30233 | 2099,9845 |
| | San Rafael De Buenavista | 0,203746 | 0,203746 | 100 | 784,063087 | 111 | 30233 | 3136,25235 |
| | El Salao | 0,034207 | 0,034207 | 100 | 1359,37351 | 232 | 30226 | 5437,49405 |
| | Las Casitas | 0,05615 | 0,05615 | 100 | 1504,90769 | 111 | 30233 | 6019,63075 |
| SALAMINA | Salamina | 1,243232 | 1,243232 | 100 | 874,132681 | 111 | 30233 | 3496,53072 |
| | El Salao | 0,033289 | 0,033289 | 100 | 533,208075 | 231 | 30226 | 2132,8323 |
| | Julupe | 0,010074 | 0,010074 | 100 | 595,612835 | 3232 | 30239 | 2382,45134 |
| | Guáimaro | 0,64809 | 0,64809 | 100 | 820,873377 | 111 | 30233 | 3283,49351 |
| | La Loma | 0,019253 | 0,019253 | 100 | 973,849103 | 112 | 30233 | 3895,39641 |
| | Aserradero | 0,016012 | 0,016012 | 100 | 1904,86916 | 231 | 30226 | 7619,47665 |
| SITIONUEVO | Sitio nuevo | 0,845276 | 0,845276 | 100 | 4642,27088 | 111 | 30233 | 18569,0835 |
| | Buena Vista (*) | 0,142708 | 0,142708 | 100 | 548,322059 | 112 | 30233 | 2193,28824 |
| | Nueva Venecia (*) | 0,335228 | 0,335228 | 100 | 1158,91208 | 112 | 30233 | 4635,64832 |
| | Palermo | 1,26221 | 1,26221 | 100 | 1449,04594 | 111 | 30233 | 5796,18375 |
| | San Antonio | 0,017345 | 0,017345 | 100 | 5419,28463 | 231 | 30226 | 21677,1385 |

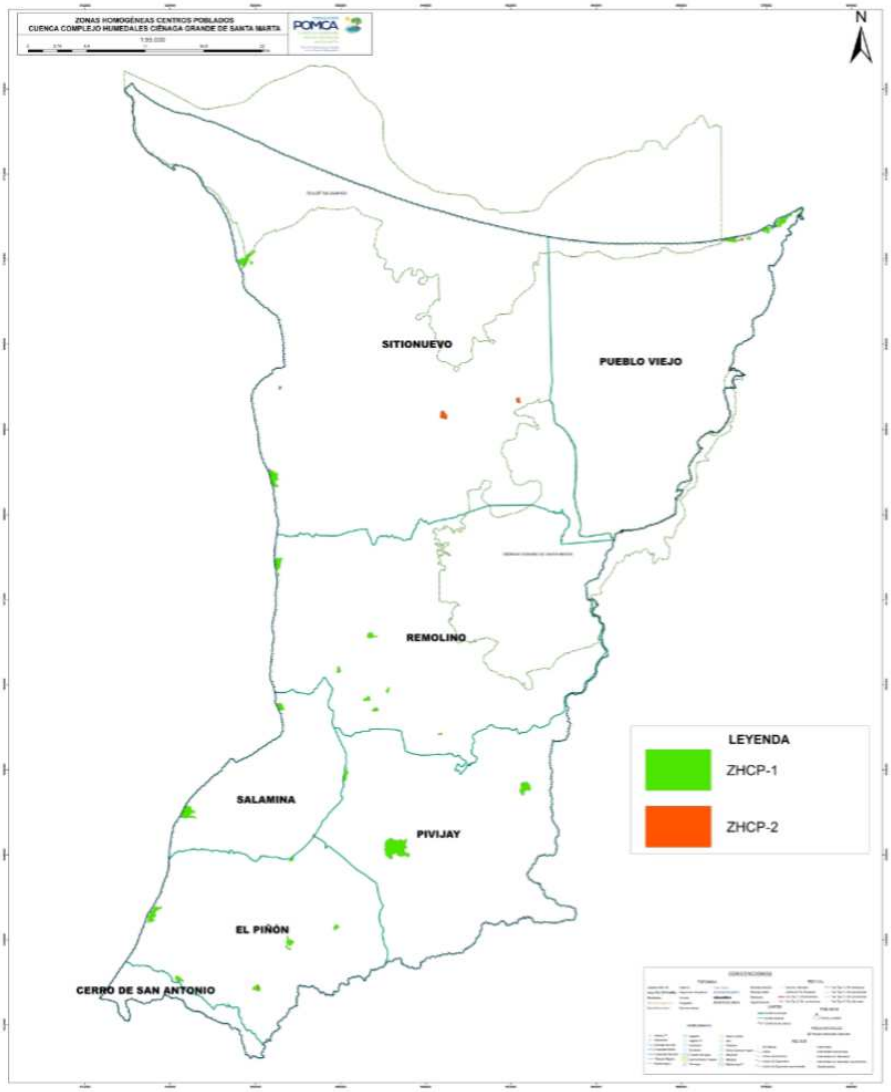
**Tabla 5.15. Índice de pérdida para las Zonas homogéneas en centros poblados (ZHCP) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**

| ZHCP | COBERTURA | AREA (ha) | IVE_km² | Vuso | IP | CM | IH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ZHCP-1 | Tejido urbano continuo | 1261,42116 | 2657,909091 | 1269,669464 | 0,574481175 | 6,766861882 | 3873,212276 |
| ZHCP-2 | Tejido urbano discontinuo | 71,31313403 | 2808,53125 | 225,6168827 | 0,963208499 | 0,00930209 | 4425,011704 |
| | **Total general** | 1332,734295 | 2687,29878 | 1065,951887 | 0,650330409 | 6,776163972 | 3980,880457 |

Dónde: **IVE** = índice de precios por unidad de área en $Km^2$
**Vuso** = valor expuesto de cada uso (está relacionado con la densidad de población, en uso residencial)
**CM** = Cantidad de área construida para cada uso
**IH** = Índice de ocupación para cada uso
**IP** = Índice de pérdidas o exposición.

La siguiente figura representa la salida cartográfica intermedia que muestra la ubicación de las Zonas homogéneas en centros poblados (ZHCP) dentro de la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Figura 5.9. Zonas homogéneas en centros poblados (ZHCP) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**




*Zonas homogéneas rurales (ZHR):* Las zonas homogéneas rurales, se conformaron de acuerdo con el tipo de vegetación identificada, mediante una reclasificación del mapa de cobertura y uso de la tierra obtenido para el POMCA. De estas zonas se extraen los centros poblados identificados en el numeral anterior, quedando la zona homogénea rural definida por tipo tres determinantes: Cobertura, según la clasificación de Corine Land Cover; Relieve, que se agrupó en dos tipos de unidades geomorfológicas: plano-onduladas y montañosas; y Categoría socioeconómica. En la Tabla 5.17, se observa la clasificación de cuatro Zonas Homogéneas Rurales, definidas por siglas que indican las categorías anteriores, la Figura 5.10, representa la salida cartográfica intermedia que muestra la ubicación de cada una de ellas.

**Tabla 5.16. Información intermedia para el cálculo del IP en las Zonas homogéneas rurales (ZHR).**

| Municipio | Vereda | Área (km2) | Tipo de cobertura y uso | Uso Actual | Pendiente | Categoría Socioeconómica |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CERRO DE SAN ANTONIO | Concepción | 24,32284 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 2442 | 30226 | | |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | Puerto Niño | 8,763442 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | | | 2442 | 30226 | | |
| | Sector Manteca | 0,22585 | 231 | 30226 | 1 | Baja |
| EL PIÑÓN | Tiogollo | 95,462308 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | | | 2442 | 30226 | | |
| | Campo Alegre | 66,08819 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | Sabanas | 2,641416 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | | | 2442 | 30226 | | |
| | El Peñón | 33,462526 | 231 | 30226 | 1 | Baja |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |
| | Vázquez | 55,451629 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | | | 2442 | 30226 | | |
| | San Basilio | 34,463686 | 232 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 231 | 30226 | | |
| | | | 2442 | 30226 | | |
| PIVIJAY | Playón Orozco | 0,095992 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | Media Luna | 64,41587 | 321121 | 30230 | 2 | Baja |
| | | | 231 | 30226 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |
| | Las Piedras | 21,69021 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | | | 2442 | 30226 | | |
| | Pivijay | 235,453512 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | Avianca | 1,737548 | 321121 | 30230 | 2 | Baja |
| | | | 31122 | 30230 | | |
| | | | 32222 | 30230 | | |
| | Carmen del Magdalena | 35,590224 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |
| PUEBLO VIEJO | Camino a La Playa | 433,217227 | 521 | 30203 | 0 | Baja |
| | | | 311122 | 30230 | | |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| | Cantagallar | 2,882667 | 521 | 30203 | 0 | Baja |

| Municipio | Vereda | Área (km2) | Tipo de cobertura y uso | Uso Actual | Pendiente | Categoría Socioeconómica |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 311122 | 30230 | | |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| REMOLINO | Camino a La Playa | 145,299654 | 311122 | 30230 | 2 | Baja |
| | | | 521 | 30203 | | |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| | Calle Larga | 209,632464 | 321121 | 30230 | 2 | Baja |
| | | | 411 | 30230 | | |
| | | | 311122 | 30230 | | |
| | La Yegua | 60,377442 | 321121 | 30230 | 2 | Baja |
| | | | 321 | 30226 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |
| | Condazo | 151,411296 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |
| SALAMINA | Campo Alegre | 99,7622 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | | | 2442 | 30226 | | |
| | Carmen del Magdalena | 53,184052 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 232 | 30226 | | |
| | | | 242 | 30209 | | |
| | Vainillal | 0,011709 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 1221 | 30217 | | |
| SITIO NUEVO | Los Boquerones | 106,447906 | 521 | 30203 | 2 | Baja |
| | | | 311122 | 30230 | | |
| | | | 31212 | 30230 | | |
| | La Playa | 110,668301 | 311122 | 30230 | 2 | Baja |
| | | | 521 | 30203 | | |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| | Ciénagas Ahuyama y Pájaro | 115,467336 | 521 | 30203 | 2 | Baja |
| | | | 311122 | 30230 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |
| | La Trinidad | 134,800824 | 231 | 30226 | 2 | Baja |
| | | | 32211 | 30230 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |
| | El Rodeo | 152,375169 | 311122 | 30230 | 2 | Baja |
| | | | 321121 | 30230 | | |
| | | | 521 | 30203 | | |
| | Isla Pensilvania | 91,268357 | 321121 | 30230 | 2 | Baja |
| | | | 311122 | 30230 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |
| | Camino a La Playa | 221,694776 | 521 | 30203 | 0 | Baja |
| | | | 311122 | 30230 | | |
| | | | 411 | 30230 | | |

**Tabla 5.17. Índice de pérdida para las Zonas homogéneas rurales (ZHR)**

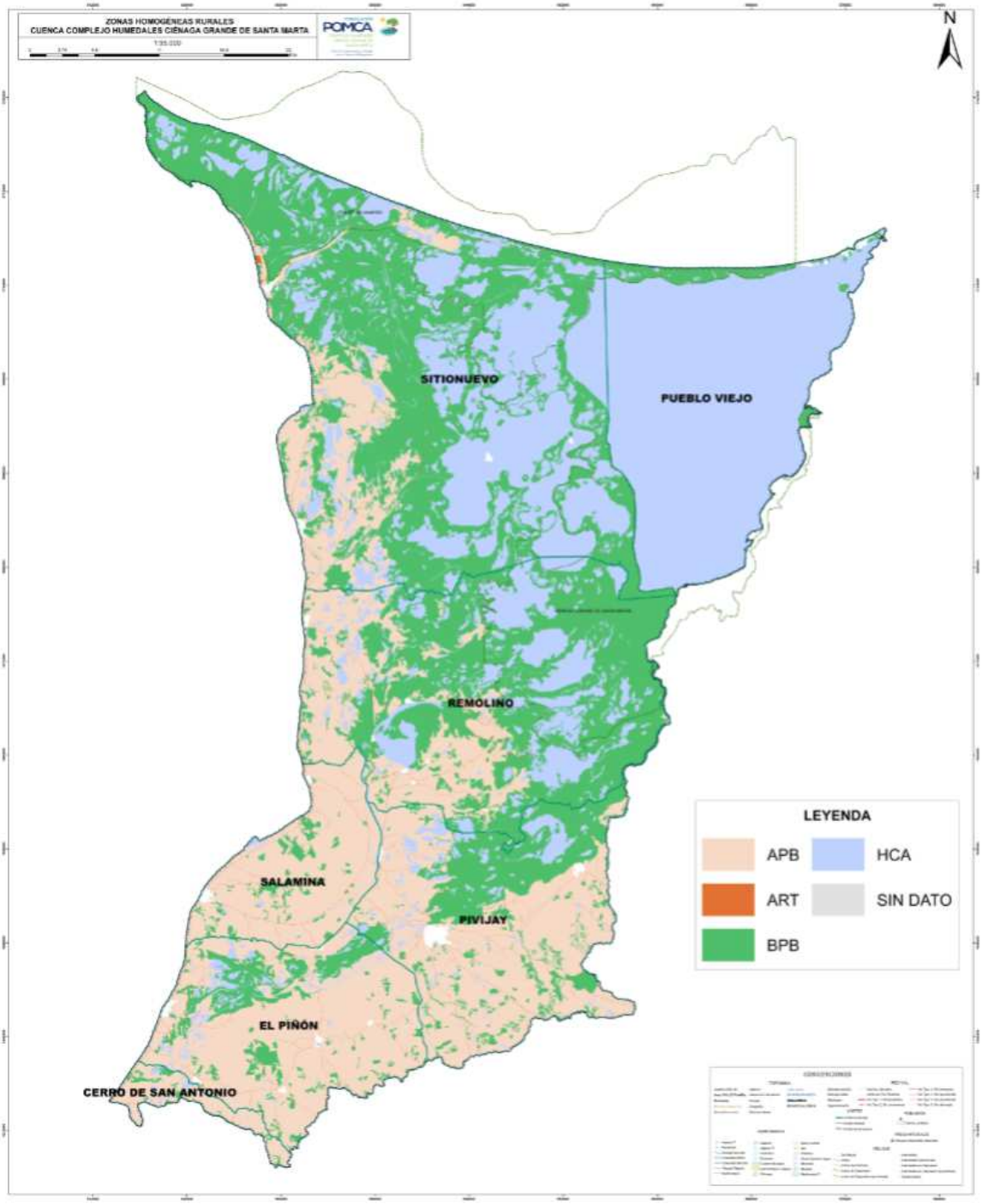
| ZHR | COBERTURA | Área (ha) | IVE_KM2 | Vuso | IP |
|---|---|---|---|---|---|
| APB | Arroz | 1.047,74 | 17,73 | 101.001,13 | 0,29 |
| | Cultivos permanentes arbóreos | 580,36 | 26,99 | 21.441,64 | 0,29 |
| | Guayaba | 6,28 | 54,17 | 10.376,94 | 0,29 |
| | Hortalizas | 25,77 | 11,03 | 2.891,23 | 0,29 |
| | Mango | 9,12 | 11,03 | 511,48 | 0,29 |
| | Mosaico de cultivos | 45,65 | 22,29 | 6.568,22 | 0,29 |
| | Mosaico de cultivos y espacios naturales arbóreos | 172,92 | 14,59 | 7.121,46 | 0,29 |
| | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales arbóreos | 548,99 | 26,35 | 11.080,13 | 0,29 |
| | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales arbustivos | 28,24 | 19,36 | 2.546,78 | 0,29 |
| | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales herbáceos | 3,44 | 11,03 | 1.158,96 | 0,29 |
| | Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos | 1.571,01 | 29,99 | 34.128,69 | 0,29 |
| | Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos | 8.335,74 | 29,83 | 63.021,70 | 0,29 |
| | Mosaico de pastos con espacios naturales herbáceos | 286,22 | 17,12 | 13.801,64 | 0,29 |
| | Mosaico de pastos y cultivos | 2.800,97 | 35,65 | 78.494,42 | 0,29 |
| | Otros cultivos transitorios | 258,33 | 31,58 | 27.998,09 | 0,29 |
| | Palma de aceite | 386,39 | 27,86 | 30.574,90 | 0,29 |
| | Pastos arbolados | 17.553,08 | 34,84 | 83.450,04 | 0,29 |
| | Pastos enmalezados | 2.867,09 | 27,64 | 52.824,66 | 0,29 |
| | Pastos limpios | 49.841,22 | 33,33 | 136.216,14 | 0,29 |
| | **Subtotal** | **86.368,55** | **31,42** | **85.978,52** | **0,29** |
| ART | Red vial y territorios asociados | 1.042,63 | 29,41 | 15.738,86 | 0,33 |
| | Zonas industriales | 38,20 | 11,03 | 6.428,97 | 0,33 |
| | **Subtotal** | **1.080,83** | **28,79** | **15.423,27** | **0,33** |
| BPB | Arbustal abierto mesófilo | 1.391,75 | 22,80 | 67.055,18 | 0,09 |
| | Arbustal denso alto | 3.698,66 | 18,30 | 16.428,45 | 0,09 |
| | Arbustal denso bajo | 523,26 | 22,20 | 93.177,57 | 0,09 |
| | Arenales | 2.044,27 | 11,81 | 35.933,18 | 0,09 |
| | Bosque abierto alto inundable | 5.344,44 | 15,21 | 47.057,09 | 0,09 |
| | Bosque abierto bajo inundable | 294,57 | 19,28 | 17.918,09 | 0,09 |
| | Bosque de galería y ripario alto | 132,67 | 28,90 | 15.652,88 | 0,09 |
| | Bosque de galería y ripario bajo | 59,60 | 11,03 | 20.059,11 | 0,09 |
| | Bosque denso alto inundable heterogéneo | 9,48 | 16,59 | 2.285,97 | 0,09 |
| | Bosque denso bajo de tierra firme | 86,58 | 11,03 | 29.138,64 | 0,09 |
| | Bosque denso bajo inundable | 937,34 | 20,21 | 17.248,95 | 0,09 |
| | Bosque fragmentado con pastos y cultivos | 427,96 | 29,65 | 37.587,44 | 0,09 |
| | Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 4.557,32 | 17,48 | 42.140,10 | 0,09 |
| | Helechal | 109,93 | 19,95 | 1.394,00 | 0,09 |
| | Herbazal abierto arenoso | 763,82 | 13,04 | 5.706,60 | 0,09 |
| | Herbazal denso de tierra firme con arbustos | 112,36 | 22,65 | 11.807,27 | 0,09 |
| | Herbazal denso de tierra firme no arbolado | 19,39 | 11,03 | 3.263,39 | 0,09 |
| | Herbazal denso inundable arbolado | 3.981,40 | 15,75 | 8.622,67 | 0,09 |
| | Herbazal denso inundable no arbolado | 31.050,09 | 17,82 | 51.713,79 | 0,09 |
| | Manglar denso alto | 27.751,02 | 14,50 | 17.910,51 | 0,09 |
| | Plantación de latifoliadas | 29,34 | 35,61 | 31.877,51 | 0,09 |
| | Plantación forestal | 12,91 | 28,92 | 3.754,39 | 0,09 |
| | Playas | 677,33 | 11,84 | 12.248,18 | 0,09 |
| | Tierras desnudas y degradadas | 158,77 | 24,50 | 10.139,21 | 0,09 |
| | Vegetación secundaria alta | 601,76 | 28,47 | 17.544,85 | 0,09 |
| | Vegetación secundaria baja | 7.968,75 | 25,76 | 112.697,36 | 0,09 |

| ZHR | COBERTURA | Área (ha) | IVE_KM2 | Vuso | IP |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Subtotal** | **92.744,82** | **16,73** | **28.281,91** | **0,09** |
| HCA | Canales | 488,50 | 23,10 | 48.776,56 | 0,00 |
| | Cuerpos de agua artificiales | 40,07 | 23,82 | 3.625,88 | 0,00 |
| | Estanques para acuicultura continental | 10,41 | 11,03 | 3.502,88 | 0,00 |
| | Lagunas costeras | 71.370,32 | 12,40 | 40.057,06 | 0,00 |
| | Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 4.959,30 | 20,33 | 21.267,77 | 0,00 |
| | Ríos | 242,18 | 23,54 | 9.148,70 | 0,00 |
| | Zonas Pantanosas | 19.768,47 | 17,92 | 23.300,80 | 0,00 |
| | **Subtotal** | **96.879,26** | **15,33** | **31.845,76** | **0,00** |
| SIN DATO | Nube, sombra, sin información | 39,24 | 25,18 | 7.607,21 | 0,00 |
| | **Subtotal** | **39,24** | **25,18** | **7.607,21** | **0,00** |
| **Total** | | **277.112,70** | **19,74** | **42.119,38** | **0,11** |

**ZHR: Definición de la sigla de acuerdo con los determinantes de la categoría para cada unidad:**

1. Cobertura: A = Agrícola, B= Bosques y áreas seminaturales, HCA = cuerpos de agua y áreas húmedas, ART = áreas artificializadas
2. Relieve: M= Montañoso, P= Plano-ondulado
3. Categoría económica del municipio A= Alta, M= Media y B= Baja

**Figura 5.10. Zonas homogéneas rurales (ZHR)**

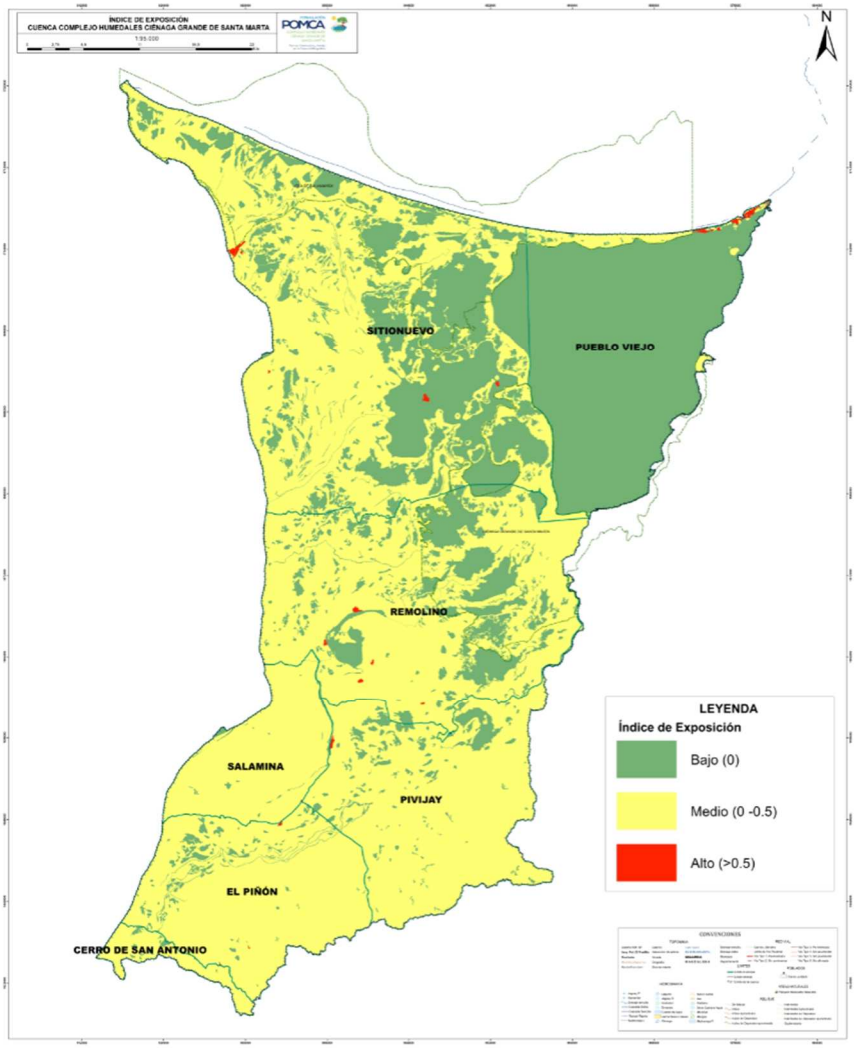


Luego del procesamiento de los datos obtenidos en la clasificación de las zonas homogéneas que conforman el territorio de la cuenca, en la 0 se presenta el índice de exposición o índice de perdida (IP), consolidado y definido en tres categorías así : Alta para los valores IP menores de 0,5, la cual abarca un 0,15% del total del territorio; Media para los valores entre 0 y 0,5 correspondiendo con el 65,04% del área total de la cuenca y Baja, para valores IP iguales a cero, ocupando un 34,81% del área del territorio (Ver Figura 5.11).

**Tabla 5.18. Índice de pérdida o exposición (IP)**

| Índice de Perdida | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|
| Baja (0) | 96918,496 | 34,81 |
| Media (0-0.5) | 181075,185 | 65,04 |
| Alta (>0.5) | 428,35428 | 0,15 |

**Figura 5.11. Índice de pérdida o exposición (IP)**



### 5.4.2. Resultados del análisis de la Fragilidad

La fragilidad física es el resultado de la superposición de los elementos expuestos con las categorías de amenaza alta y media de cada uno de los fenómenos amenazantes analizados para el área de estudio. La fragilidad, en esta cuenca, se determinó frente a amenazas por inundación y frente a amenazas por incendios forestales. Para lograr determinar la fragilidad total, se calcularon primero la fragilidad física, la fragilidad socio cultural y la fragilidad Ecosistémica, luego se realizó en cálculo para determinar la fragilidad total de la cuenca.

5.4.2.1. *Fragilidad Física.*

A continuación, la Tabla 5.19 presenta las categorías de la Fragilidad Física (Ff) de los elementos expuestos, la cual se compara con el nivel de amenaza que cada uno de estos tiene; y las Tabla 5.20 y Tabla 5.21 presentan las categorías de fragilidad respecto al área y porcentaje del área total de la cuenca respectivamente para cada evento amenazante.

**Tabla 5.19. Categorías de Fragilidad Física de los elementos expuestos, con respecto al nivel de amenaza**

| Elementos Expuestos | Nivel de Amenaza | | |
|---|---|---|---|
| | Alta | Media | Baja |
| Línea de transmisión | 2,869 | 17,871 | 5,45 |
| Línea de Alta Tensión | 12,381 | 0,066 | 0 |
| Gasoducto | 5,222 | 17,813 | 28,882 |
| Vías (Tipo 1 y 2) | 140,74 | 14,632 | 57,743 |
| Cementerio | 8 | 4 | 20 |
| Instalación Educativa | 23 | 5 | 56 |
| Iglesia | 1 | 1 | 30 |
| Industria | 2 | 0 | 6 |
| Instalación Minera | 0 | 1 | 0 |
| Monumento | 0 | 0 | 2 |
| Otras Construcciones | 2287 | 841 | 1797 |
| Salud | 2 | 1 | 23 |
| Seguridad | 0 | 0 | 7 |
| Sitio Interés | 5 | 0 | 15 |
| Tanque | 0 | 0 | 4 |
| Biblioteca | 0 | 0 | 3 |
| Zonas recreativas | 0 | 0 | 9 |
| Casa de la cultura | 0 | 0 | 4 |

**Tabla 5.20. Fragilidad física por inundaciones**

| Fragilidad física por inundaciones | Área | % Área |
|---|---|---|
| Alta (1) | 103.101,854 | 37,03 |
| Media (0.5) | 67.646,5896 | 24,30 |
| Baja (0) | 107.674,984 | 38,67 |

**Tabla 5.21. Fragilidad física por incendios forestales**

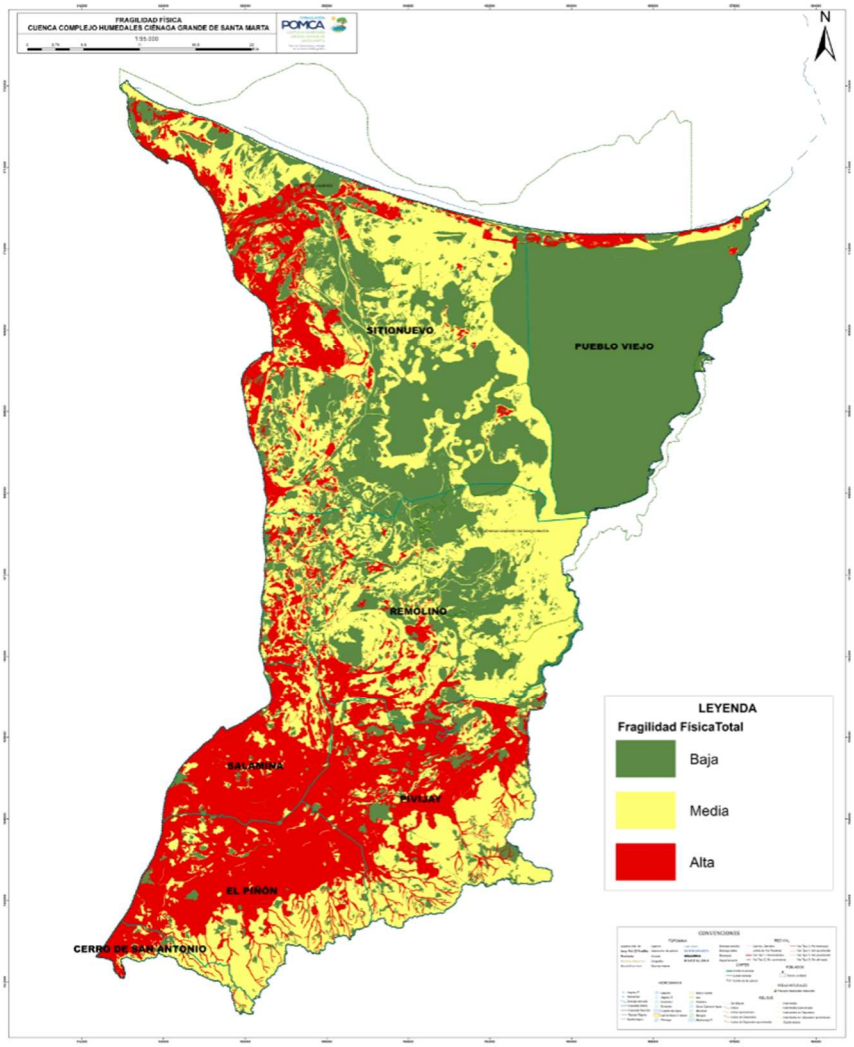
| Fragilidad física por incendios forestales | Área | % Área |
|---|---|---|
| Alta (1) | 74262,2786 | 26,67 |
| Media (0.5) | 45629,4618 | 16,39 |
| Baja (0) | 158531,687 | 56,94 |

En la Tabla 5.22 presenta el resultado consolidado de la Fragilidad Física (Fi) y la Figura 5.12 muestra la ubicación de las áreas con fragilidad según la categoría, permitiendo identificar que el sector sur, presenta niveles de fragilidad media a alta, mientras que el sector centro y norte, que corresponden al mayor porcentaje del territorio presentan una fragilidad física baja.

**Tabla 5.22. Fragilidad física (Ff) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**

| Fragilidad física (Ff) | Área | % Área |
|---|---|---|
| Alta (1) | 73428,651 | 26,37 |
| Media (0.5) | 98801,8472 | 35,49 |
| Baja (0) | 106192,93 | 38,14 |

**Figura 5.12. Fragilidad física (Ff) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**



5.4.2.2. *Fragilidad Socio cultural (Fsc)*

La Fragilidad Socio-cultural (Fsc) se define por la sumatoria del Índice de calidad de Vida (ICV) y la Fragilidad cultural (Fc). Los datos para elaborar esta sumatoria, se obtuvieron de fuentes como el DANE, DNP y el IGAC.

**Tabla 5.23. Categorías para la evaluación de la fragilidad sociocultural (Fsc) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta por municipio.**

| Municipio | Área (h) | ICV | Categoría Fragilidad | Valoración |
|---|---|---|---|---|
| CERRO DE SAN ANTONIO | 3331,21 | 50-70 | Alta | 0,5 |
| EL PIÑÓN | 29053,77 | 50-70 | Alta | 0,5 |
| SALAMINA | 15492,79 | 50-70 | Alta | 0,5 |
| REMOLINO | 56837,99 | 50-70 | Alta | 0,5 |
| SITIONUEVO | 93532,54 | 50-70 | Alta | 0,5 |
| PIVIJAY | 36369,71 | 50-70 | Alta | 0,5 |
| PUEBLO VIEJO | 43805,41 | 50-70 | Alta | 0,5 |

5.4.2.3. *Fragilidad Ecosistémica (Fe):*

Las zonas con fragilidad Ecosistémica, la constituyen las áreas protegidas o prestadoras de servicios ambientales que se encuentran dentro de las zonas categorizadas en amenaza alta y media; que para el caso de la cuenca en ordenación se refieren a amenazas por Incendios forestales y por inundación, las cuales se calcularon, teniendo en cuenta los valores de ponderación de la siguiente tabla, con lo cual se obtuvo la salida cartográfica preliminar que se muestra en la Figura 4.13.

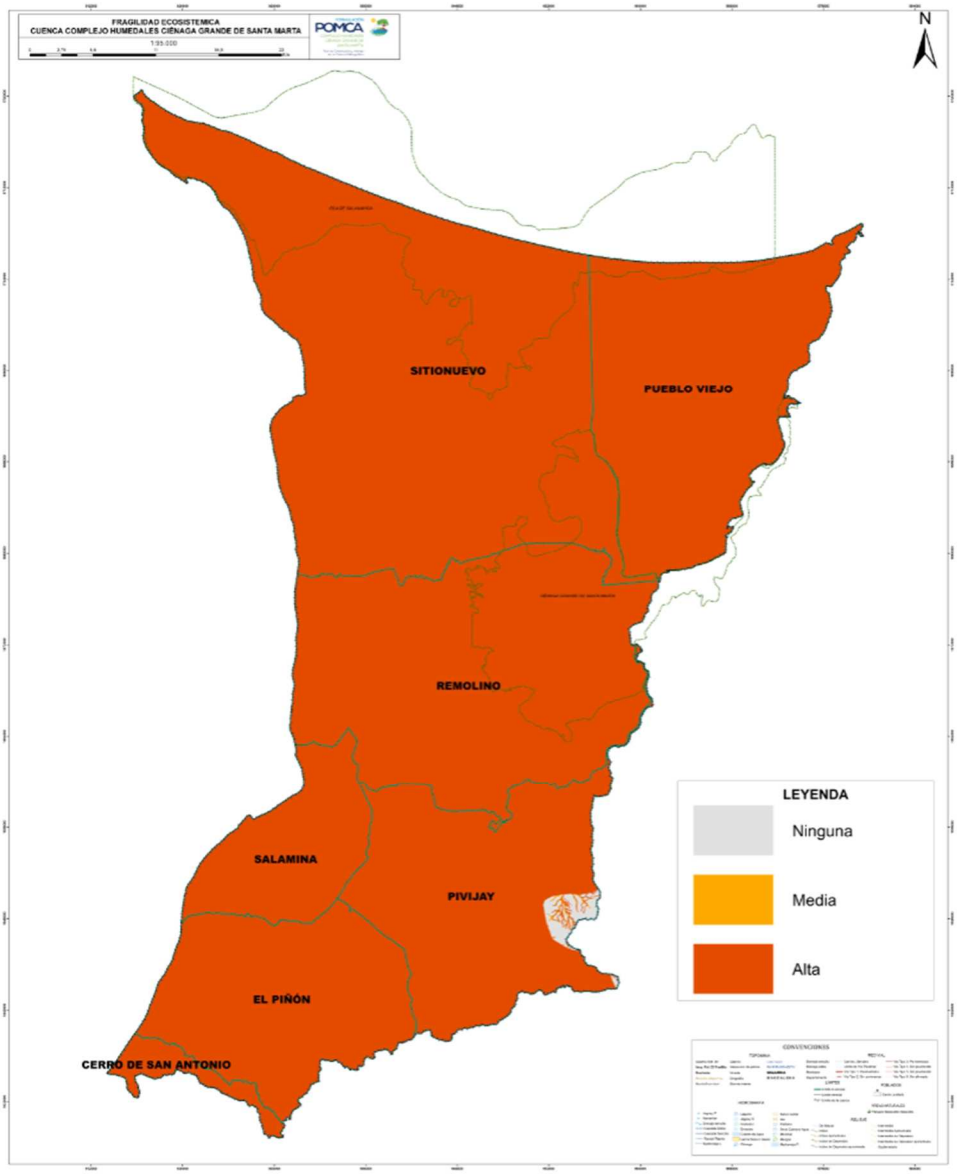
**Tabla 5.24. Categorías para la evaluación de la fragilidad de ecosistemas estratégicos (Fe) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**

| Nombre del ecosistema estratégico | Áreas de Ecosistemas Estratégicos | Valor | Categoría |
|---|---|---|---|
| AICA (Reserva de Biosfera RAMSAR Ciénaga Grande, Isla de Salamanca y Sabana Grande) PNN (Ciénaga Grande de Santa Marta, Isla Salamanca) RAMSAR (Sistema Delta Estuario del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta) | Satisfacción de necesidades básicas y equilibrio natural | 1 | Alta |
| Reserva de Biosfera Ciénaga Grande de Santa Marta | Productividad y equilibrio natural | 0,75 | Media |
| Estas categorías no fueron consideradas, puesto que las anteriores cubren el 100% de la cuenca hidrográfica objeto de ordenación. | Productividad | 0,3 | Baja |
| | No constituye ecosistema estratégico dentro de la cuenca | 0 | Nula |

**Tabla 5.25. Fragilidad Ecosistémica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**

| Fragilidad Ecosistémica | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|
| Ninguna (0.00) | 1.215,99 | 0,44 |
| Media (0.30-0.75) | 90,68 | 0,03 |
| Alta (1.00) | 277.116,76 | 99,53 |

**Figura 5.13. Fragilidad Ecosistémica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**



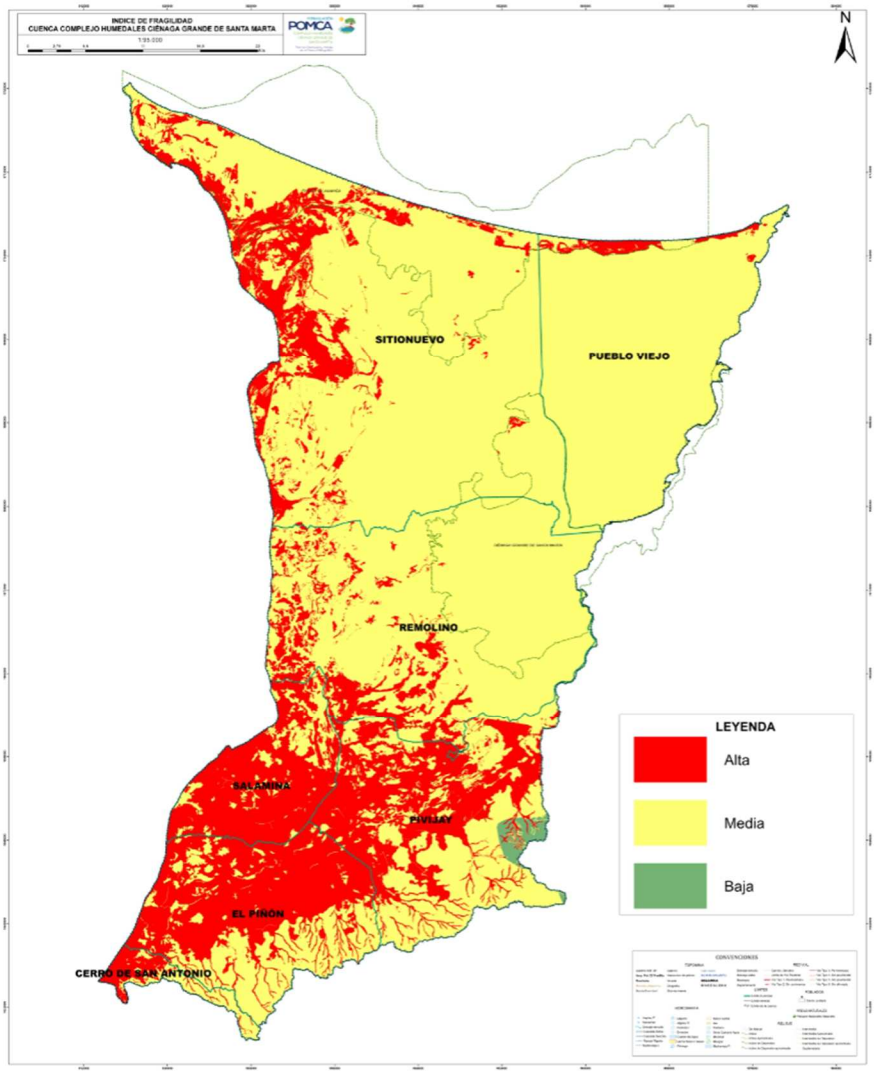

5.4.2.4. *Índice de Fragilidad (IF)*

*Corresponde* al promedio de los valores calculados para Fragilidad Fisca Fi, fragilidad Sociocultural Fsc y Fragilidad Ecosistémica Fe. Para la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, la categoría de fragilidad baja ocupa el 0,12% del territorio de la cuenca, seguida de la categoría media con 79,.01% y alta 20,87%; denotando mayor proporción de área frágil en los municipios de Salamina, El Piñón y Pivijay. Cabe resaltar, que las áreas con fragilidad media, se distribuyen de manera homogénea en el territorio en ordenación

**Tabla 5.26. Índice de Fragilidad en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**

| Tipo de fragilidad | Área (ha) | % Área | Índice de fragilidad |
|---|---|---|---|
| Alta | 235.524,80 | 20,87 | 0.75 - 1 |
| Media | 891.765,98 | 79,01 | 0.5 – 0.75 |
| Baja | 1.314,88 | 0,12 | 0 – 0.5 |

**Figura 5.14. Índice de fragilidad (IF) en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta**




## 5.4.3. Resultado del análisis de la resiliencia

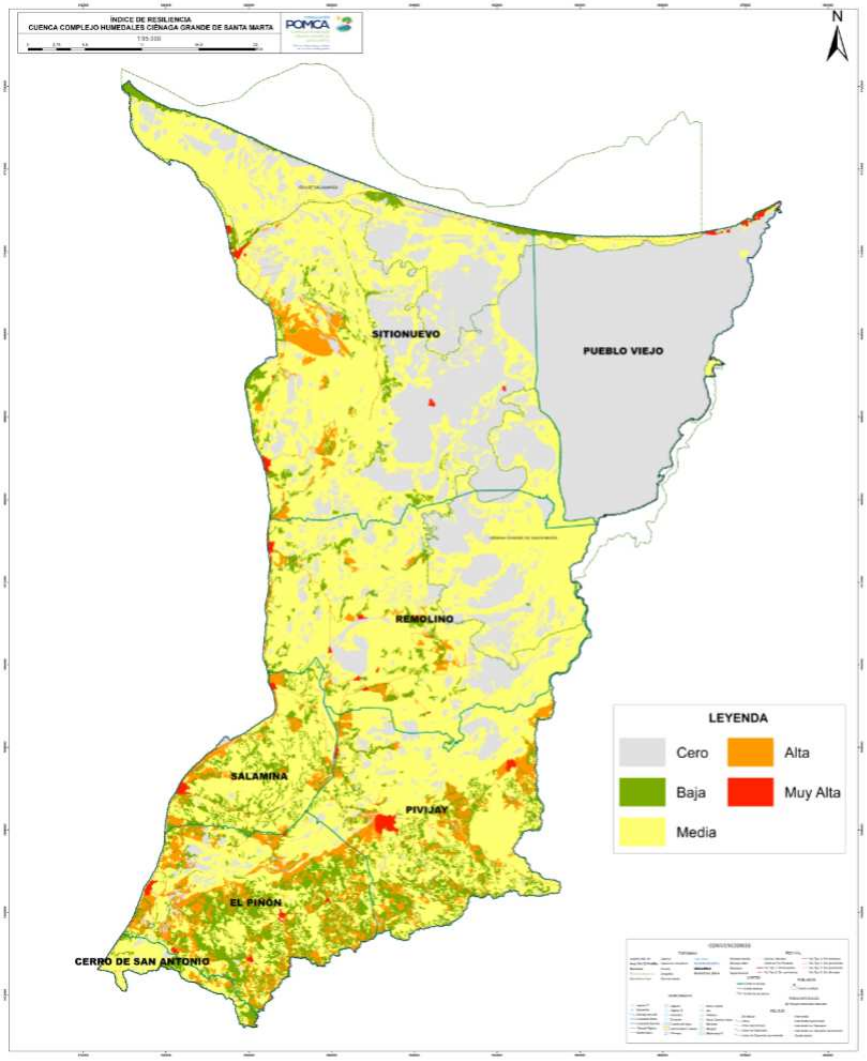
La resiliencia, se categoriza como el Índice de falta de resiliencia IR, el cual determina el nivel de incapacidad de absorber los impactos y recuperarse a ellos en el corto, mediano y largo plazo. Para el análisis de este índice, se partió de la reclasificación del mapa de coberturas, asignando a las categorías valores entre 0 y 1. Encontrando la categorización que se presenta en la siguiente tabla

y la cual se espacializa en la Figura 5.15, que representa la ubicación por categorías de de Resiliencia Económica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Tabla 5.27. Indice de Falta de Resiliencia Económica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**

| Índice de Resiliencia | Nivel Resiliencia | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|---|
| 0,0 | Cero | 96985,26793 | 34,83 |
| 0,25 | Baja | 23143,15474 | 8,31 |
| 0,50 | Media | 141315,3572 | 50,76 |
| 0,75 | Alta | 14589,47769 | 5,24 |
| 1,00 | Muy Alta | 2390,163784 | 0,86 |
| | **Total** | **278423,4213** | **100,00** |

**Figura 5.15. Indice de Falta de Resiliencia Económica en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**



### 5.4.4. Resultado del análisis de la Vulnerabilidad

De acuerdo con lo indicado en la metodología, la Vulnerabilidad, se determina en función de los índices de pérdida o exposición, de fragilidad, y de resiliencia. Corresponde al promedio de estos tres índices. Su valor se categoriza así: Alto para valores entre 0.75 y 1; Media para valores entre 0.30 y 0.75 y baja, para valores entre 0 y 0.30. La categorización de este índice permite que las áreas definidas se especialicen en el Mapa de vulnerabilidad así:

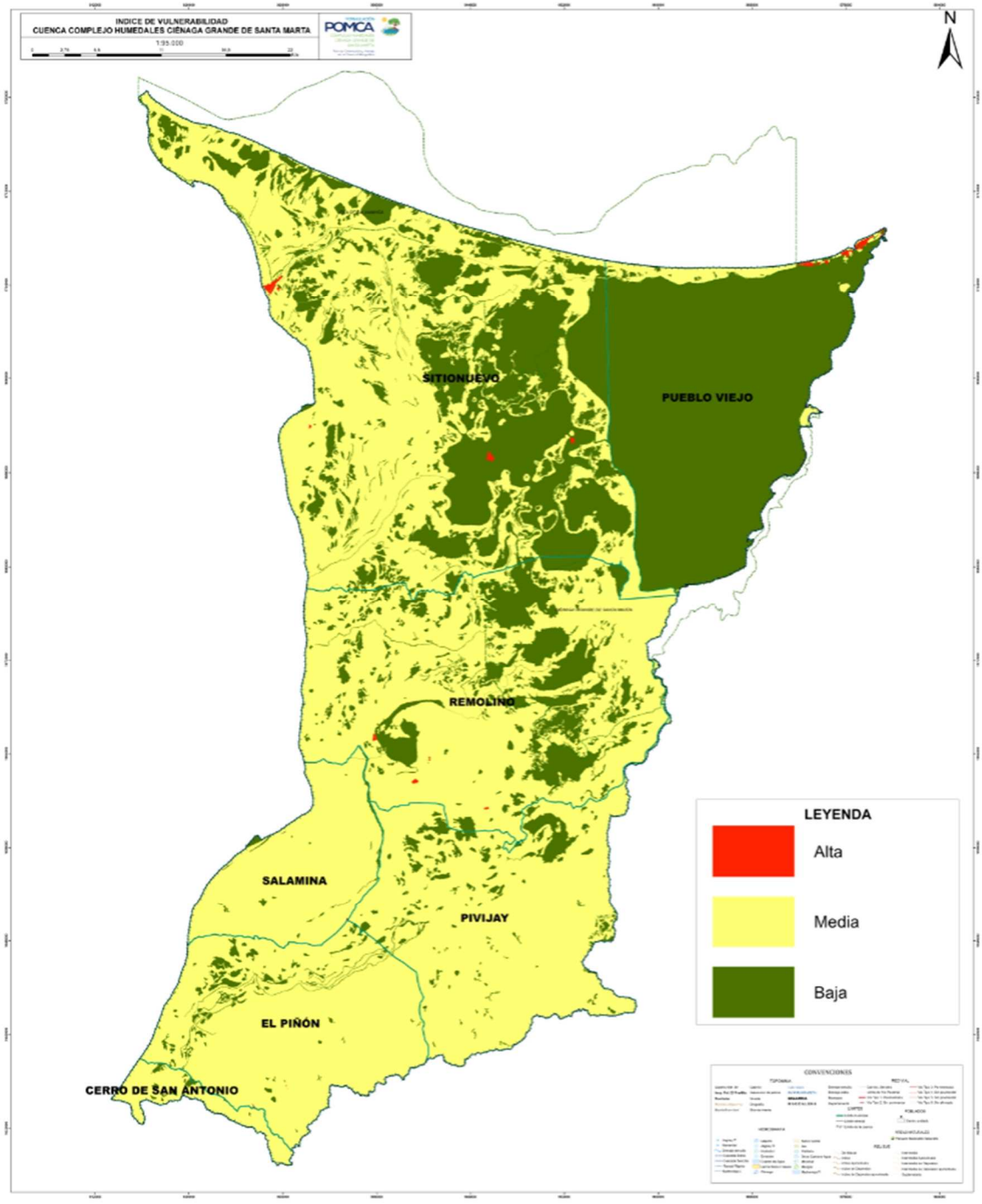
**Tabla 5.28. Categorización del índice de vulnerabilidad (IV)**

| Vulnerabilidad | Índice de Vulnerabilidad | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|---|
| Alta | 0.75 - 1 | 349,66 | 0,13 |
| Media | 0.30 – 0.75 | 180.656,94 | 64,89 |
| Baja | 0.0 – 0.30 | 97.416,83 | 34,99 |

Con el procesamiento anterior, se encontró que una mínima parte del área total de la cuenca presenta un índice de Alta Vulnerabilidad, correspondiendo apenas con el 0,13% de su territorio. Estas zonas de alta vulnerabilidad se localizan en el casco urbano de Pueblo Viejo, en un pequeño sector en la zona central, en el costado noroeste del municipio de Sitio Nuevo y en pequeños sectores del municipio de Remolinos. La mayor parte del territorio de la cuenca presenta Vulnerabilidad Media, siendo el 64,89% del área total del territorio. Las áreas con Baja vulnerabilidad, que son el 34,99% corresponden principalmente con los sitios de ubicación de los cuerpos de agua permanentes como la Ciénaga Grande de Santa Marta y los complejos de humedales asociados a esta. La Figura 5.16 que corresponde a la salida cartográfica de vulnerabilidad para la cuenca, muestra la ubicación de cada una de estas zonas (Ver anexo 17).

El índice de vulnerabilidad para cada uno de los escenarios amenazantes por movimientos en masa se presenta de igual manera en el anexo 17.

**Figura 5.16. Mapa de vulnerabilidad para la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**



### *5.5. Necesidades de Información*

Tomando en consideración que los niveles de exposición y vulnerabilidad más altos se concentran en los centros poblados de La Loma, Tio Gollo, Corral Viejo, Guaimaro, Paraco, Nueva Fontera, Palmira, Santa Rita, Dividivi, San Basilio, Isla del Rosario, Tasajera, Media Luna, Palermo y Cantagallar, se debe elaborar un análisis socioeconómico detallado que establezca con precisión los valores de reposición ante la ocurrencia de un evento amenazante.

Debido a que la cuenca hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se encuentra inmersa dentro de diferentes ecosistemas estratégicos como: Parque Nacional Natural Ciénaga Grande de Santa Marta, Parque Nacional Natural vía Isla Salamanca y sitio RAMSAR, debe elaborarse una valoración económica de los bienes y servicios ambientales que prestan estas áreas, para que el análisis de vulnerabilidad sea más detallado.

Incorporar en el análisis de vulnerabilidad, información cualitativa que enriquezca los resultados obtenidos de la ponderación de los índices; es claro que los habitantes de la cuenca son conscientes de las condiciones de amenaza frente a inundaciones; sin embargo continúan desarrollando actividades en la cuenca que aumentan o disminuyen el grado de vulnerabilidad ante estos eventos.

En el análisis de vulnerabilidad, es importante contar con una base cartográfica sólida que integre los elementos y/o infraestructura vial, socioeconómica, cultural y estratégica para el desarrollo funcional del territorio en ordenación. De igual manera, esta información debe estar asociada a características como: calidad, estado y tipo de uso, a fin de realizar un análisis más detallado de la pérdida y/o daño que se podría generar como consecuencia de la ocurrencia de un evento amenazante.

Para el modelo de exposición, se requiere un análisis económico detallado que establezca con precisión los valores de reposición de las áreas dedicadas a la producción agropecuaria. Aunque en el presente análisis se tomaron valores de referencia de acuerdo con la dinámica del territorio en ordenación, pueden existir algunas particularidades, que deberán ser evaluadas con mayor detalle en los escenarios priorizados a intervenir.

### *5.6. Recomendaciones Finales*

La cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se encuentra conformada por áreas con alta importancia para la prestación de servicios ambientales a saber: santuario de Fauna y flora Ciénaga Grande de Santa Marta, Sitio RAMSAR, Reserva de la Biosfera y Áreas de Importancia para la Conservación de Aves; por lo cual resulta imperativo generar estrategias que articulen el componente programático del POMCA, con las herramientas y planes de acción definidos para estas áreas.

En los municipios de Sitio Nuevo, Remolino, Salamina El Piñón y Pivijay, es imperativo la implementación de medidas que reduzcan el índice de fragilidad de su territorio; especialmente relacionadas con la protección de la infraestructura y equipamento ante los fenómenos de inundación.

Para reducir las condiciones de vulnerabilidad de las comunidades asentadas en la cuenca, es importante fortalecer los sistemas de alerta temprana, a fin de reducir los daños y/o pérdidas generados a causa de la ocurrencia de un evento amenazante. Esto requiere de un trabajo mancomunado entre las entidades territoriales y sus comunidades, sustentado en los procesos de gestión del riesgo: conocimiento, reducción del riesgo y manejo de desastres.

Promover campañas de educación para las comunidades y esquemas de capacitación para los planificadores, técnicos y funcionarios de las entidades territoriales, que permitan adquirir el conocimiento necesario para generar estrategias orientadas a la reducción de la vulnerabilidad del territorio en ordenación.

### *5.7. Conclusiones*

La vulnerabilidad se define en función tanto de la intensidad y magnitud del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto y es la resultante de procesos de desarrollo económico y social no armonizados con el medio ambiente.

Los parámetros para la determinación de los índices e indicadores requeridos en el método empleado para la Evaluación de la vulnerabilidad en la cuenca no cambian significativamente y sus valores son los mismos independientemente del fenómeno amenazante.

La información de entrada para la obtención de los índices de fragilidad en términos de los elementos expuestos en el análisis dentro del POMCA puede quedarse corta debido a la escala 1:25.000 (regional) en que se desarrollan y proyectan los resultados de este tipo de estudios.

Resulta complejo incorporar todas las variables para desarrollar el modelo de análisis tal como lo propone el Protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en los POMCAS, debido a que no se cuenta con la totalidad de los datos requeridos, no existen estadísticas ni información actualizada principalmente en lo que se refiere a los indicadores económicos y de desarrollo, pues los datos adquiridos en el DNP, el DANE y el IGAC, entre otros no son del todo precisos, completos ni claros, tampoco todos los datos están referidos al mismo año o periodo de tiempo. Adicionalmente, no resulta practico el hecho de que parámetros como los precios unitarios para áreas de cobertura, el valor de los avalúos se deban calcular en dólares; y que algunos de estos parámetros estén referidos en unidades de área como Ha, mientras que otros deban estar referidos en $Km^2$. Para obviar estos inconvenientes, el análisis se desarrolló lo más ajustado a lo indicado en el protocolo, pero para la operación de los datos su presentación se homologó todo a pesos y $Km^2$ respectivamente.

En la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta se encontró que: El mayor porcentaje del territorio presenta índice de Perdida o exposición, en la categoría media; el mayor porcentaje de Fragilidad, corresponde con la categoría media; y el mayor porcentaje de del índice de falta de resiliencia también corresponde con la categoría media, lo que permite concluir, tal como se observa en el Mapa de Vulnerabilidad resultante, que el territorio de la cuenca tiene Vulnerabilidad predominantemente media, la cual se localiza en los terrenos no anegados.

# 6. ANÁLISIS DE RIESGO

## 6.1. *RESUMEN*

El análisis de Riesgo para la Cuenca Hidrográfica del Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, parte de la superposición de las condiciones amenazantes para cada uno de los eventos evaluados (Movimientos en Masa, Inundaciones, Avenidas Torrenciales e Incendios Forestales) y los niveles de vulnerabilidad descritos en el numeral anterior; priorizando aquellos escenarios de riesgo con categorías de amenaza Alta y Media e Índice de Vulnerabilidad Alta.

Inicialmente, se describen la configuración de los escenarios de riesgo por movimientos en masa, evidenciando que dado los resultados de susceptibilidad y amenaza descritos en los numerales 4.1.1. y 4.3.1 del presente documento, el riesgo por este tipo de eventos es predominantemente bajo para los diez (10) escenarios descritos en el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCAS.

En el escenario de riesgo por inundaciones, se observa que el 65,54%, es decir un poco más de la mitad del área total de la cuenca presenta algún nivel de riesgo, mientras que el 34,46%, no presenta riesgo por inundación, este porcentaje se da por la existencia de zonas que naturalmente siempre han estado anegadas, como son los cuerpos de agua de la Ciénaga Grande de Santa Marta, su complejo de humedales, y un pequeño sector al sureste, donde la topografía que presenta una elevación relativamente mayor que el resto de la cuenca no crea la posibilidad de inundación.

Frente a incendios forestales, se presenta en el 25,82% en nivel alto, el 40,04% en nivel medio, el 34,13% en nivel bajo. En las zonas donde el riesgo es bajo, predomina la vulnerabilidad baja y las condiciones de amenaza baja, localizado en mayor extensión en el borde noreste de la cuenca, dentro de la jurisdicción de los municipios de Pueblo Viejo y Sitio Nuevo. La categoría de riesgo medio, presenta mayor extensión hacia el centro y norte del territorio, en sectores como Sitio Nuevo, Remolino y Pivijay y la categoría de riesgo alto se concentra en el borde sur de la cuenca, dentro de la jurisdicción de los municipios de Salamina, El Piñón y Pivijay

Por último el riesgo frente a avenidas torrenciales es bajo para la totalidad de la superficie objeto de ordenación, debido a que las condiciones de susceptibilidad y amenaza se encuentran dentro de la categoría baja.

## 6.2. *INTRODUCCIÓN*

El conocimiento del riesgo se asume como un proceso social, enfocado a la identificación, evaluación y seguimiento de los escenarios de riesgos, acorde a las disposiciones de la ley marco de la gestión del riesgo de desastres en Colombia (Ley 1523 de 2012); el cual, está compuesto a su vez, por 3 procesos: evaluación de amenazas, análisis de vulnerabilidad y definición de los escenarios de riesgos.

En los anteriores capítulos, se describió los insumos, metodología y resultados obtenidos en la evaluación de amenazas y análisis de vulnerabilidad para la cuenca hidrográfica Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta; a continuación se presentan los escenarios de riesgos para cada uno de los eventos amenazantes evaluados en el POMCA.

### 6.2.1. Alcance

Determinar las áreas con condición de riesgo, utilizando la herramienta de escenarios, estimando los daños y/o afectaciones en la cuenca Complejo de humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta en relación con la dinámica de los fenómenos amenazantes evaluados (Movimientos en Masa, Inundaciones, Avenidas Torrenciales e Incendios Forestales).

### 6.2.2. Objetivos

- Identificar los escenarios de riesgos para cada uno de los eventos amenazantes evaluados en el POMCA.
- Localizar y priorizar los escenarios de riesgo de acuerdo con las categorías de amenaza y niveles de vulnerabilidad
- Estimar daños y/o afectaciones sobre la cobertura vegetal y elementos expuestos
- Definir estrategias de mitigación de los escenarios de riesgo priorizados.

### 6.2.3. Antecedentes

El Riesgo, es el daño potencial que, sobre la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la economía pública y privada, pueda causarse por la ocurrencia de amenazas naturales de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional, que se extienda más allá de los espacios privados o actividades particulares de las personas y organizaciones y que por su magnitud, velocidad y contingencia hace necesario un proceso de gestión que involucre al Estado y a la sociedad[22.] . El proceso de planificación y ordenación del territorio que conforma la cuenca permite y debe incorporar criterios de reducción de riesgos, especificando condiciones sostenibles y seguras de uso y ocupación, en armonía con los objetivos ambientales, sociales y económicos de la cuenca.

La Gestión del Riesgo, es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible[20].

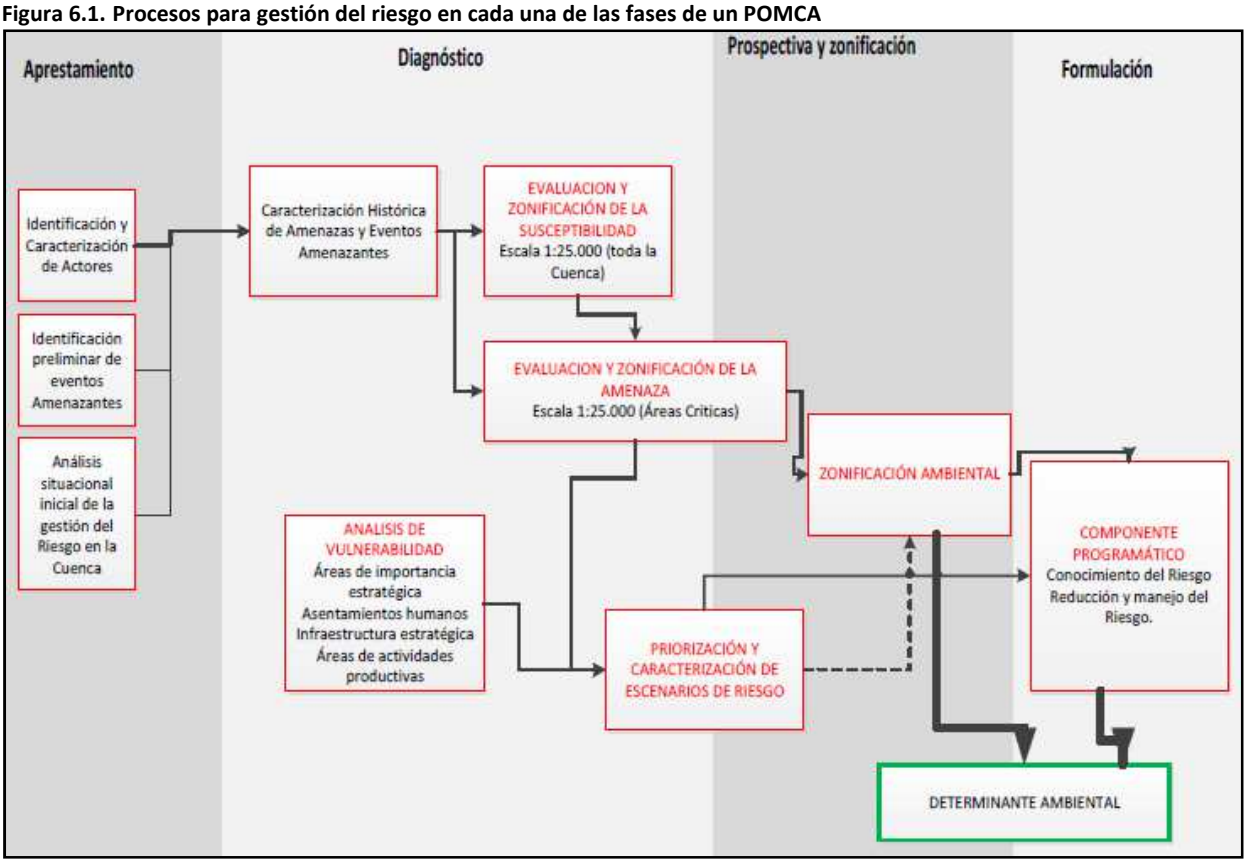
La Ley 1523 de 2012, en su Art. 1 define: “La gestión del riesgo de desastres (…) es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos y medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible”.

[22] Metodologías de análisis de Riesgo. Resolución 004/09 del FOPAE. Alcaldía Mayor de Bogotá. 2014

"La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles del gobierno y la efectiva participación de la población ". Parágrafo 1. Art. 1 Ley 1523 de abril de 2012.

Incluir la Gestión del Riesgo en los POMCAS, obedece a la necesidad no solo de aplicar la ley, sino a que las exigencias del riesgo sean consideradas en la planificación de los territorios manera explícita, para evitar pérdidas materiales, humanas y de recursos naturales que conllevan a disminuir la calidad de vida de las poblaciones y a que se amplíe brecha de desequilibrio económico y social, limitando las inversiones en proyectos de desarrollo como infraestructura de vías, centros educativos y de atención en salud y marginando a las comunidades que se ubican en los terrenos que presentan amenazas naturales. La siguiente figura muestra los principales procesos que se desarrollan como soporte para gestión del riesgo en cada una de las fases de un POMCA.

**Figura 6.1. Procesos para gestión del riesgo en cada una de las fases de un POMCA**




Tomado de: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.

Uno de los objetivos de la Gestión del Riesgo es el conocimiento del riesgo, lo cual permite definir Medidas estructurales para la mitigación de los efectos de los desastres naturales como: códigos de construcción y especificaciones de materiales, reacondicionamiento de las estructuras existentes para que sean más resistentes a fenómenos y la construcción de diques u otros mecanismos protectores; y Medidas no estructurales que se concentran en identificar las zonas propensas a la ocurrencia de fenómenos y en limitar su uso. Algunos ejemplos de estas medidas son: zonificación del uso de la tierra, incentivos tributarios, programas de seguros y reubicación de residentes fuera del área de riesgo.

El conocimiento del riesgo, permite a las autoridades ambientales realizar un proceso de planeación, ejecución y seguimiento a la gestión del riesgo, la cual, se constituye en un proceso compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre (Ley 1523 de 2012 artículo 4, numeral 7). La reducción del riesgo, implica la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo.

Son medidas de mitigación y prevención las que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera. (Ley 1523 de 2012 artículo 4, numeral 21).

### *6.3. Metodología para el Análisis de Riesgo*

El análisis de riesgo se basa en la conciencia de que el riesgo es el resultado de la concurrencia de una amenaza y de la vulnerabilidad de elementos amenazados (elementos expuestos). Por consiguiente, tomando en cuenta esta combinación de factores, el análisis de riesgos apunta a estimar y evaluar las posibles consecuencias de fenómenos naturales en un determinado grupo poblacional y en sus bases de vida. Dicho de otra forma: La evaluación de la amenaza y el análisis de la vulnerabilidad forman parte del análisis de riesgos y deben entenderse como acciones inseparables.

De esta manera, partiendo del conocimiento de que las personas y las bases de vida potencialmente afectadas por un determinado fenómeno natural son vulnerables a éste y sabiendo que, por lo tanto, dicho fenómeno se convierte en una amenaza, el análisis de riesgos estudia los posibles daños[23]. El Análisis de Riesgo tiene por objeto ser el fundamento para la elaboración de los escenarios de riesgos y de las estrategias y programas para la reducción los mismos, siendo este componente integral del POMCA y su implementación contribuye a reducir los riesgos existentes y a no permitir que se generen nuevas condiciones de riesgos en la cuenca.

[23] Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas POMCAS. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá. 2014.

Analizar el riesgo implica relacionar las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales frente a un determinado evento. Para el caso de los POMCA el análisis de riesgos se realiza en los escenarios de riesgos priorizados. De la zonificación de la amenaza y el análisis cualitativo y semi- cualitativo de vulnerabilidad se pasa a los escenarios de riesgo, ya que no es posible realizar una zonificación de riesgos a esta escala.

El Riesgo comprende dos componentes definidas previamente: La primera corresponde a la Amenaza, la cual, para este estudio se estableció a partir del Análisis de susceptibilidad que permitió categorizar e identificar los eventos amenazantes con susceptibilidad media y alta existentes en la cuenca, estos eventos, se definieron espacialmente en zonas críticas, las cuales se analizaron de acuerdo con la información existente y con la escala de trabajo bajo diferentes métodos y herramientas según el evento en estudio, obteniendo categorías o niveles de amenaza alta, media y baja expresados en términos de probabilidad de ocurrencia del evento amenazante (Pf). La segunda componente del riesgo, corresponde a la Vulnerabilidad, la cual se evaluó bajo tres ítems correspondientes a Exposición, Fragilidad y Resiliencia, los cuales permitieron obtener por medio del método de análisis de índices e indicadores, el índice de vulnerabilidad (IV) el cual fue categorizado para cada evento como alta, media, y baja.

Teniendo en cuenta la forma como se obtuvo la probabilidad de ocurrencia de la Amenaza (Pf) y el Índice Vulnerabilidad (IV), en el análisis de Riesgo se optó por aplicar el método cualitativo, empleando el SIG para realizar la superposición de la capa de Amenaza para el evento en evaluación y las categorías o niveles de Vulnerabilidad obtenidos a partir de los rangos establecidos para el índice de vulnerabilidad en el evento seleccionado. La superposición de capas permitió la obtención del Índice de Riesgo (IR).

Partiendo de la definición de Riesgo, expuesta en el Protocolo Para la Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas como la siguiente igualdad:

$$\boldsymbol{Riesgo = Amenaza * Vulnerabilidad}$$

Que expresada en términos de Indicies e indicadores, permite obtener el Índice de Riesgo (IR):

$$\boldsymbol{IR = Pf * IV}$$

Dónde:
IR = categoría del Riesgo.
Pf = categoría de Amenaza.
IV = categoría de vulnerabilidad.

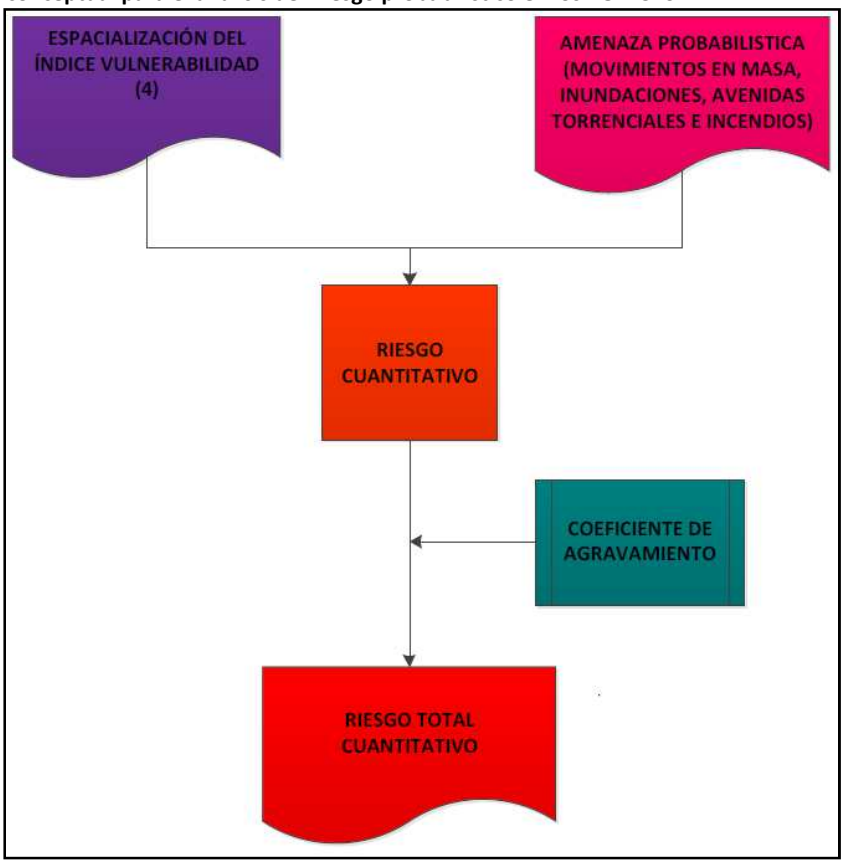
De acuerdo con el documento de protocolo, en el estudio de cuencas hidrográficas la mayor parte de los valores de los factores de agravamiento se desconocen, por lo tanto, este protocolo propone el uso de un factor o coeficiente de agravamiento, que para el caso de inundaciones y avenidas torrenciales es de 1.7 para poder determinar el Índice de Riesgo total (IRt) así:

$$IRt = IR * F$$

Dónde:
IRt = Índice de Riesgo Total
F = Coeficiente de agravamiento

De tal manera, que el cálculo el Riesgo, se define deterministamente de acuerdo con el siguiente mapa conceptual.

**Figura 6.2. Mapa conceptual para el análisis del Riesgo probabilístico en los POMCAS**




Tomado de: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.

Para clasificar los Niveles de Probabilidad de ocurrencia del evento amenazante, se aplica la siguiente tabla, asignando rangos a los valores obtenidos en porcentaje para la categoría de amenaza (Pf), los cuales se operan en la matriz que permite realizar el cruce entre la Amenaza expresada en categorías de probabilidad, y los niveles del Índice de Vulnerabilidad (IV) para definir los Niveles del Índice de Riesgo (IR).

**Tabla 6.1. Categorías de probabilidad de ocurrencia de un evento amenazante**

| Rango de Probabilidad de ocurrencia del evento amenazante (Pf) % | Categoría |
|---|---|
| 75 - 95 | Alta |
| 30 - 75 | Media |
| < 30 | Baja |

**Tabla 6.2. Matriz de categorización para Niveles de índice Riesgo (IR) en el análisis probabilístico.**

| Niveles de Riesgo total (IR) | Niveles de Vulnerabilidad (IV) | | |
|---|---|---|---|
| Probabilidad de Amenaza (Pf) | Alta | Media | Baja |
| Alta | ALTO | ALTO | MEDIO |
| Media | ALTO | MEDIO | BAJO |
| Baja | MEDIO | MEDIO | BAJO |

La Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, únicamente presenta zonas críticas para los eventos de Inundaciones e Incendios forestales, por lo tanto, a continuación, se presenta los resultados del análisis de riesgos para estos eventos.

## *6.4. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE RIESGO*

En este documento se presentan, de acuerdo con el protocolo para la incorporación de la Gestión de riesgo en los POMCA, los resultados para el análisis de riesgo por inundaciones e incendios forestales. Mediante el uso de SIG, al superponer la capa de amenaza para cada uno de los eventos y los niveles de vulnerabilidad clasificados de acuerdo con el índice de vulnerabilidad obtenido en el capítulo anterior se logra general el mapa de riesgos para cada uno de los eventos amenazantes analizados (Ver anexo 18).

A continuación se presenta el compendio de los resultados previos obtenidos en el análisis de amenazas por Incendios Forestales y por Inundaciones; y el resultado del análisis de vulnerabilidad para el territorio de la cuenca.

**Tabla 6.3. Porcentaje y categorización de áreas de amenaza en la cuenca**

| CATEGORÍA DE LA AMENAZA | Amenaza por Incendios forestales % Área (ha) | Amenaza por Inundación % Área (ha) |
|---|---|---|
| Alta | 26,63 | 37,03 |
| Media | 18,66 | 24,30 |
| Baja | 54,71 | 4,22 |
| Nula | 0 | 3,71 |
| Cuerpos de Agua | 0 | 30,75 |

**Tabla 6.4. Tipos de fragilidad en la cuenca**

| | tipos de Fragilidad (% del área Ha) | | |
|---|---|---|---|
| Categorías fragilidad | Fisica Fi | Sociocultural Fsc | Ecosistémica Fe |
| Alta | 26,37 | 100 | 99,53 |
| media | 35,49 | 0 | 0,03 |
| Baja | 38,14 | 0 | 0,44* |

*Para la fragilidad ecosistémica este valor corresponde a la categoría ninguna

**Tabla 6.5. Áreas de categorías de Fragilidad comparadas por tipo de amenaza**

| Categorías | Fragilidad física inundación | Fragilidad física incendios |
|---|---|---|
| Alta | 37,03 | 26,67 |
| media | 24,30 | 16,39 |
| Baja | 38,67 | 56,94 |

**Tabla 6.6. Índices finales por categoría y porcentaje de área para el cálculo de la vulnerabilidad**

| | Índices (% del área Ha) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Categorías vulnerabilidad | FRAGILIDAD IF | PERDIDA IP | FALTA DE RESILIENCIA IR | VULNERABILIDAD IV |
| Alta | 20,87 | 0,15 | 6,1 | 0,13 |
| media | 79,01 | 65,04 | 50,76 | 64,89 |
| Baja | 0,12 | 34,81 | 43.14 | 34,99 |

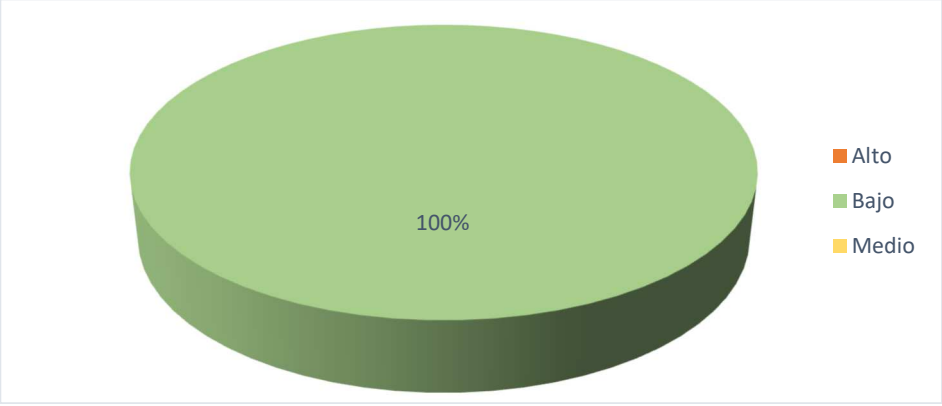
### 6.4.1. Resultados del análisis de riesgos por movimientos en masa

De acuerdo, con el numeral 4 del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCAS: "Los Análisis de vulnerabilidad y riesgo se efectuarán solo para las áreas que tienen evaluación de amenaza, es decir para las áreas definidas como críticas en la evaluación de susceptibilidad: áreas con susceptibilidad media y alta"

Tomando en consideración lo anterior y de acuerdo con los resultados presentados en el numeral 4.3.1.3 del presente documento, no se requiere efectuar el análisis de riesgo por movimientos en masa para la Cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Sin embargo se presentará de manera general los resultados de esta actividad. Las salidas cartográficas de riesgo por movimientos en masa para cada escenario amenazante, se presenta en el anexo 18.

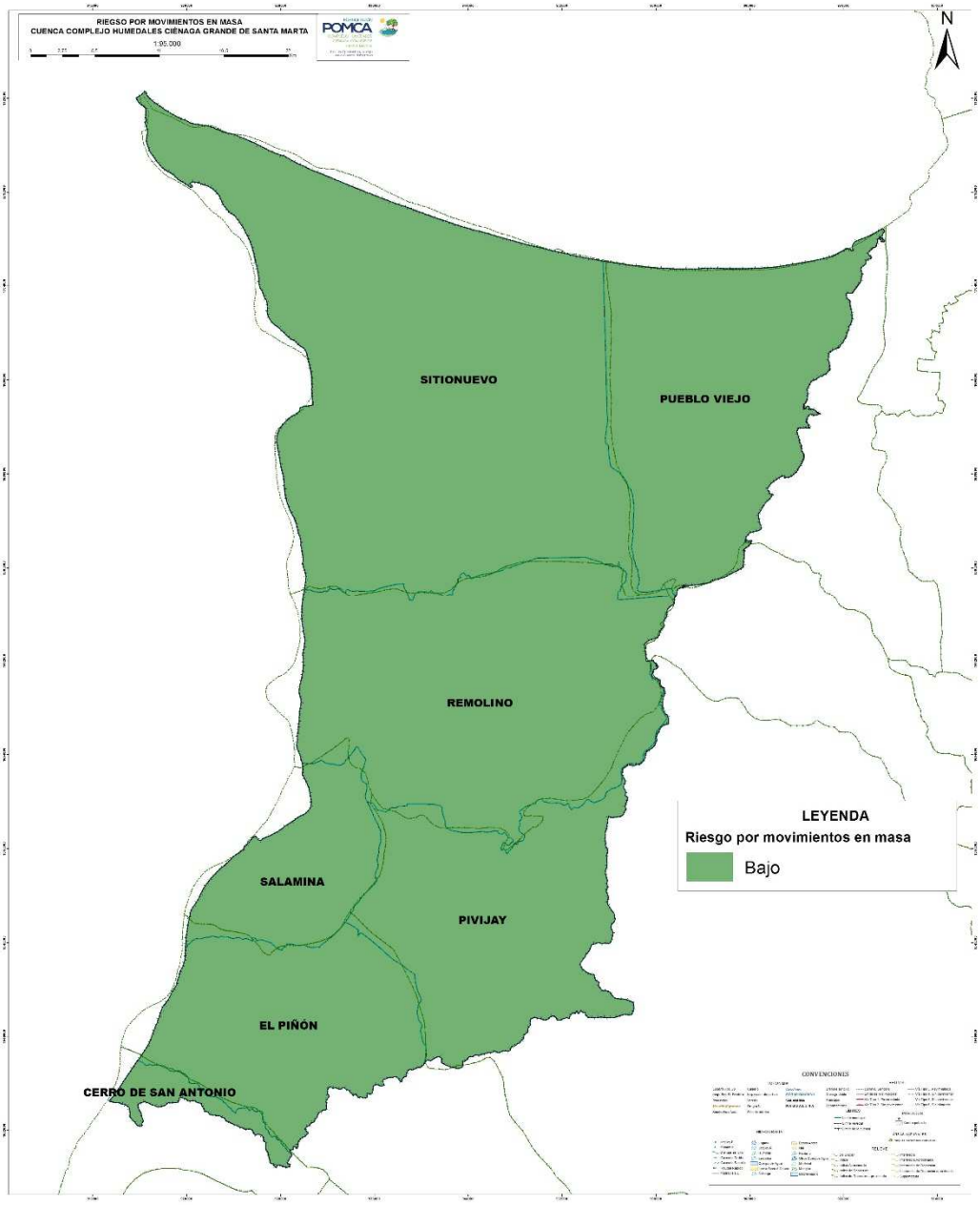
El riesgo final por movimientos en masa, se presenta en el 100% de la superficie en nivel bajo (ver Figura 6.3). En las zonas donde el riesgo es bajo, predomina la vulnerabilidad baja y las condiciones de amenaza baja, siendo característico de las áreas con factores de seguridad con valores superiores a 1.5.

**Figura 6.3. Distribución porcentual del escenario de riesgo por movimientos en masa**



En la Figura 6.4 se presenta el resultado del análisis de riesgo por movimientos en masa, donde se puede ver de manera mucho más clara, las zonas de interés para este tipo de evento.

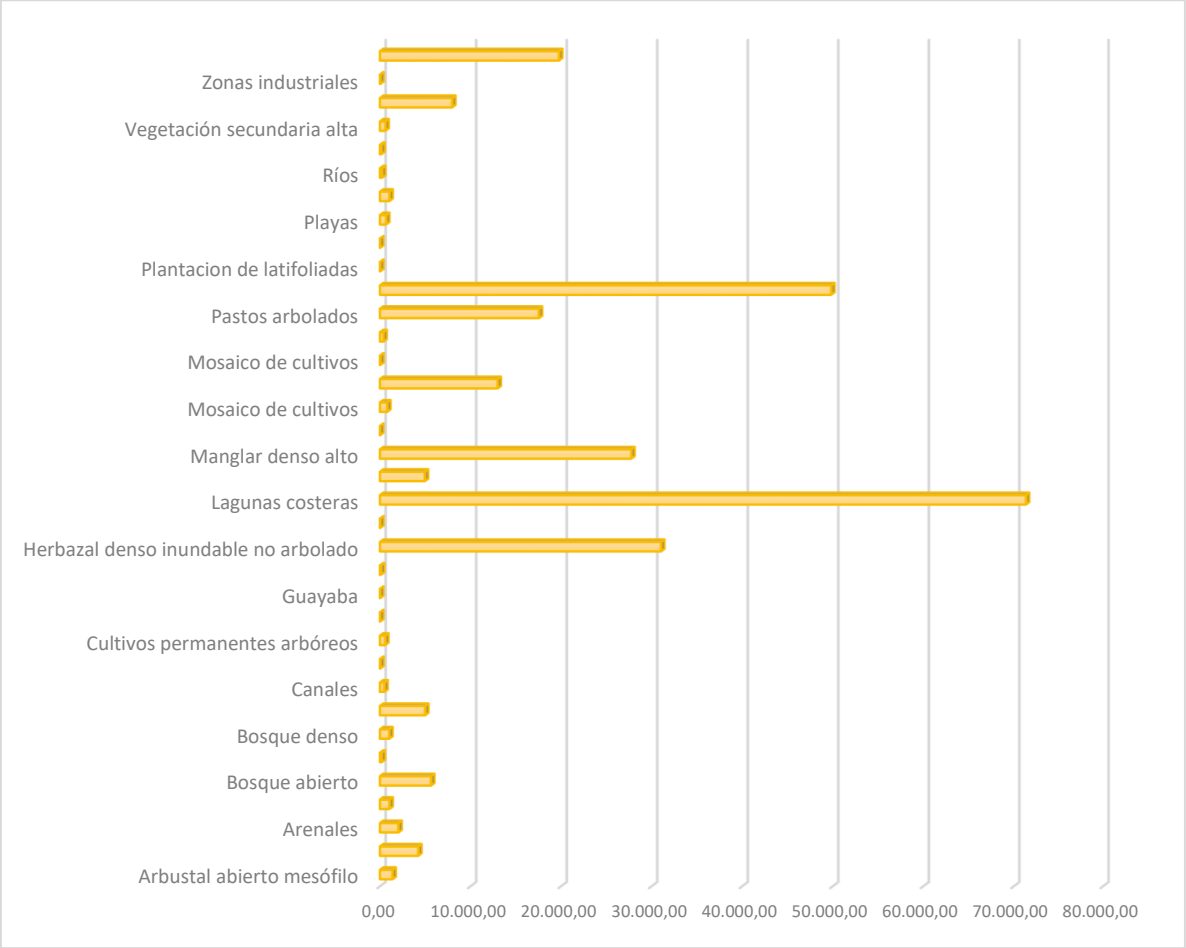
**Figura 6.4. Riesgo por movimientos en masa**




El nivel de riesgo bajo, presenta áreas dominadas por pendientes topográficas ligeramente planas y unidades geomorfológicas con procesos morfodinámicos asociados a desbordamientos. El 100% de esta categoría, cuenta con niveles de amenaza y vulnerabilidad bajas.

Esta categoria de riesgo se caracteriza por presentar coberturas vegetales predominantes asociadas a lagunas costeras, pastos limpios, herbazal denso inundable no arbolado, manglar denso alto y zonas pantanosas (Ver Figura 6.5) ; situación que impacta directamente la capacidad económica de los habitantes de la cuenca, reduciendo las condiciones de vida de los mismos.

**Figura 6.5. Extensión de la cobertura (ha) en categoria de riesgo bajo por movimientos en masa**




De acuerdo con los alcances técnicos del POMCA, los escenarios de riesgo a priorizar deben considerar las categorias de amenaza media y alta para condiciones de vulnerabilidad alta; para la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, no existen escenarios priorizados por movimientos en masa, debido a que presenta condiciones de amenaza y vulnerabilidad bajas.

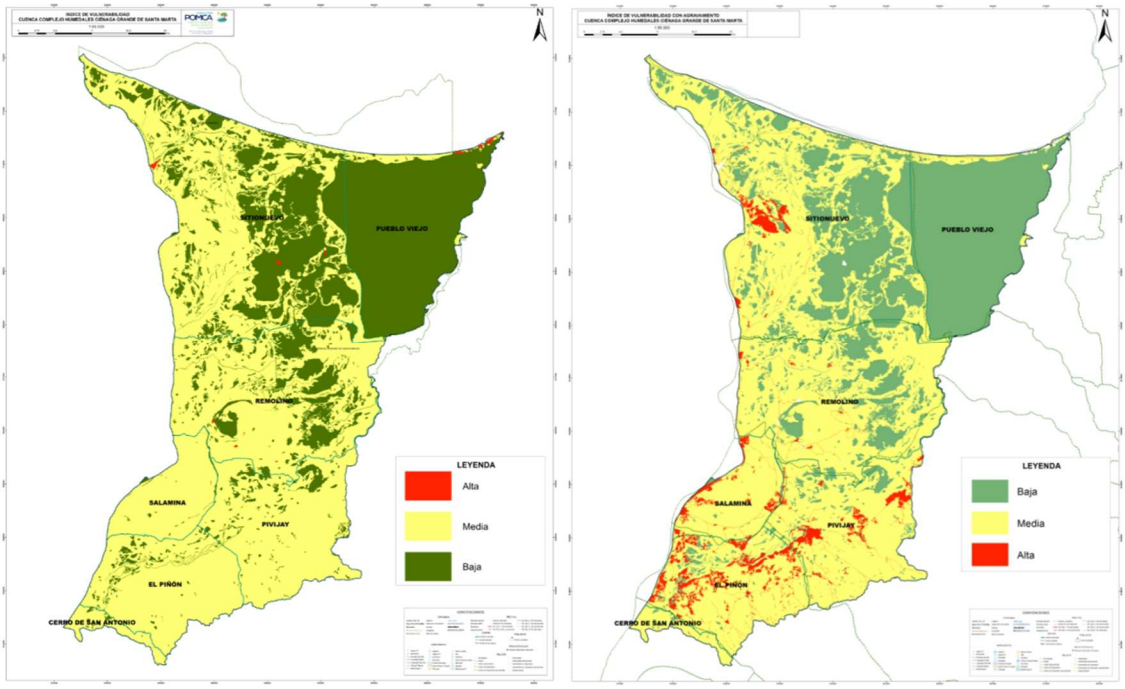
### 6.4.2. Resultados de análisis de riesgo por inundaciones.

Al desarrollar la metodología propuesta en el Protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en los POMCA, se encontraron vacíos del procedimiento descrito, que se debieron suplir con el análisis lógico de los valores, los cuales debieron ponderarse y transformarse algunos en índices, otros en indicadores para poder realizar las operaciones en SIG. Un ejemplo de ello, es la forma

que se determinó para aplicar el coeficiente de agravamiento (1.7) para inundaciones, el cual se operó con los resultados del índice de vulnerabilidad, pudiendo obtener dos mapas para comparar el antes y el después de la vulnerabilidad frente a la aplicación del coeficiente sugerido.

Al aplicar el coeficiente de agravamiento para inundaciones a los datos de vulnerabilidad, se puede observar un leve cambio en el incremento de áreas con vulnerabilidad Alta, el cual es más evidente al comparar los mapas antes y después de la aplicación de la constante propuesta. La siguiente figura muestra los mapas de vulnerabilidad comparados: el de la izquierda representa las áreas de vulnerabilidad normales, mientras que el de la derecha representa las áreas de vulnerabilidad con la aplicación del coeficiente.

**Figura 6.6. Mapas de vulnerabilidad comparados: izquierda áreas de vulnerabilidad normales; derecha áreas de vulnerabilidad con la aplicación del coeficiente de agravamiento.**




Para la categorización y espacialización de las áreas de riesgo, se aplicó la matriz de riesgo ejecutando la función del ArcGIS de distribución de intervalos naturales, con ella se obtuvieron los siguientes resultados del riesgo por inundación así:

**Tabla 6.7. Áreas en Riesgo por inundaciones Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta sin aplicar el coeficiente de agravamiento.**

| Riesgo | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|
| Alto | 93.546,40 | 33,60 |
| Medio | 87.481,48 | 31,42 |
| Bajo | 1.460,44 | 0,52 |
| Sin riesgo | 95.935,10 | 34,46 |

**Figura 6.7. Mapa de Riesgo por inundaciones Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta sin coeficiente de agravamiento.**

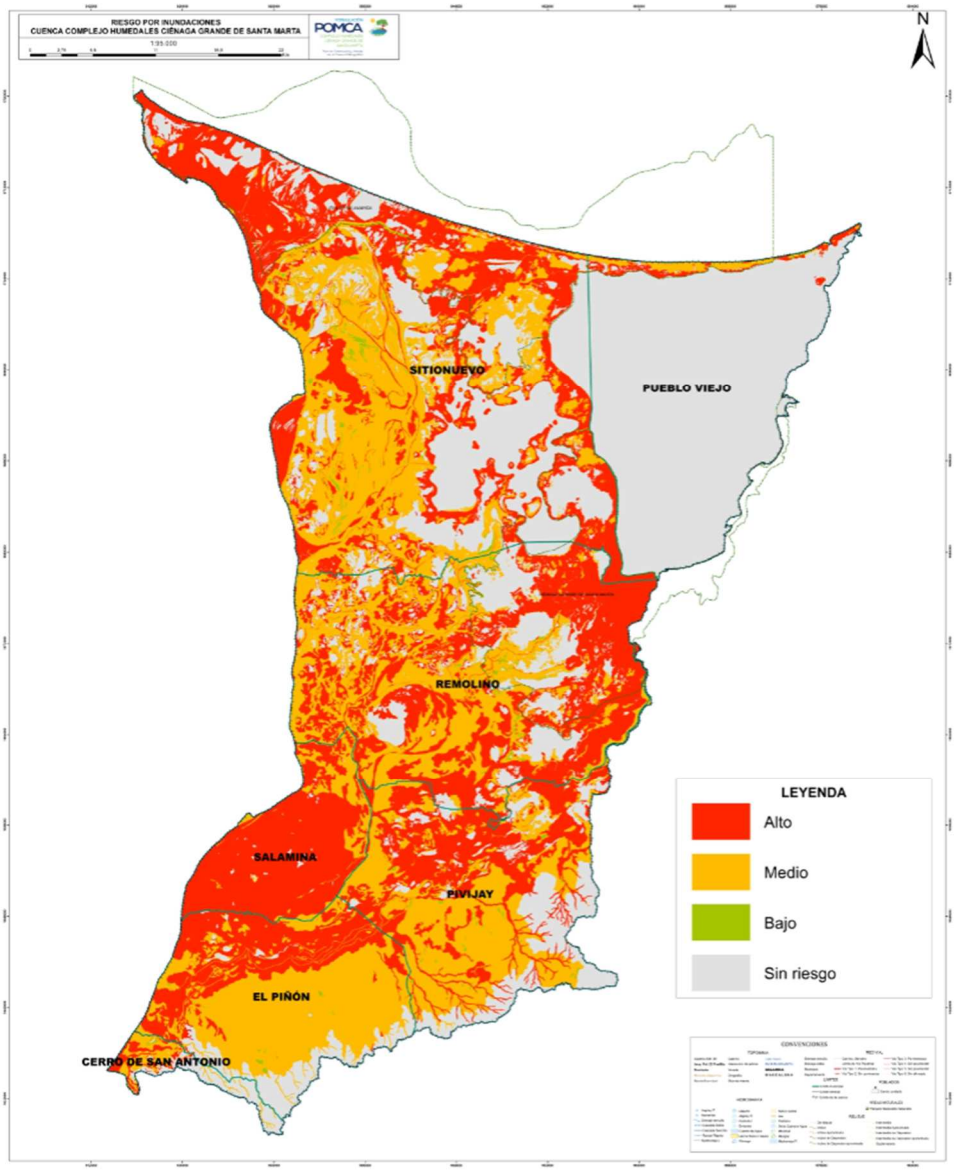
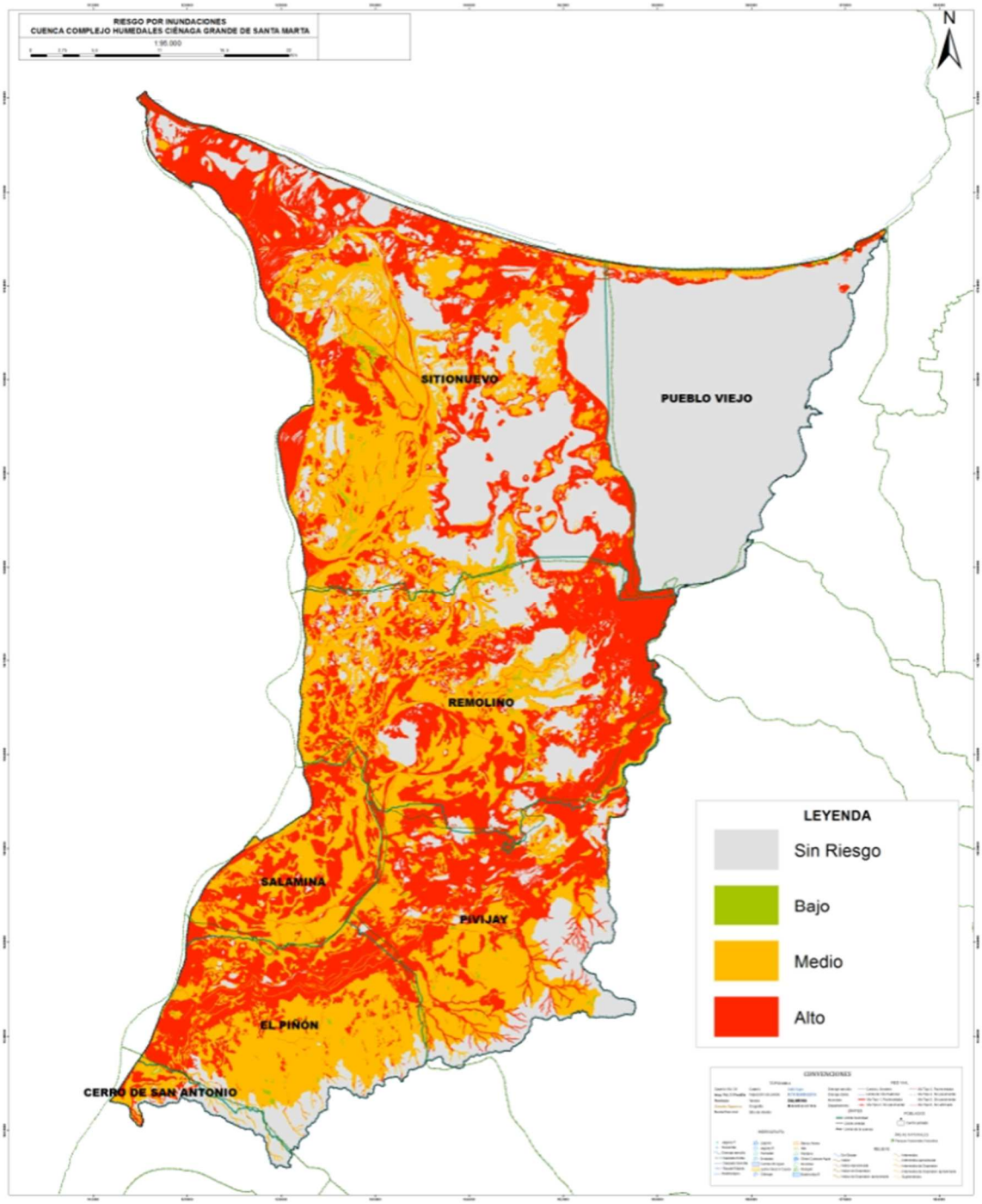



**Tabla 6.8. Áreas en Riesgo por inundaciones Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta aplicando el coeficiente de agravamiento.**

| Categoría del Riesgo | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|
| Alto | 90.948,79 | 32,67 |
| Medio | 90.054,23 | 32,34 |
| Bajo | 1.485,31 | 0,53 |
| Sin Riesgo | 95.935,10 | 34,46 |

**Figura 6.8. Mapa de Riesgo por inundaciones Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta con coeficiente de agravamiento.**



Al realizar el ejercicio de comparar los resultados obtenidos del mapa de riesgos antes y después de operar la vulnerabilidad con el coeficiente de agravamiento, se observa que la aplicación del coeficiente no genera mayor variación en los datos, sin embargo, este coeficiente de agravamiento permite definir con mayor precisión las categorías de vulnerabilidad. Para esta cuenca, el coeficiente de agravamiento no resulta determinante al establecer las categorías del riesgo, dado que el territorio es extenso frente a su densidad población y a la cantidad de elementos expuestos: el índice de perdidas alto, que apenas abarca el 0,15% del área, la falta de resiliencia alta en tan solo el 6,1% del territorio frente a las categorías de fragilidad sociocultural y Ecosistémica que prácticamente se evidencian en la totalidad del área, justifican porque la categoría de vulnerabilidad alta se estime en un área relativamente pequeña de tan solo el 0,13% del territorio.

Al analizar el riesgo por inundación a partir de los porcentajes de área determinados para la amenaza y para la vulnerabilidad se observa que el 65,54%, es decir un poco más de la mitad del área total de la cuenca presenta algún nivel de riesgo, mientras que el 34,46%, no presenta riesgo por inundación, este porcentaje se da por la existencia de zonas que naturalmente siempre han estado anegadas, como son los cuerpos de agua de la Ciénaga Grande de Santa Marta, su complejo de humedales, y un pequeño sector al sureste, donde la topografía que presenta una elevación relativamente mayor que el resto de la cuenca no crea la posibilidad de inundación. Los cuerpos de agua y los sectores anegados desde la configuración del territorio, no se consideran en riesgo de inundación, pues ellos por su naturaleza corresponden con geoformas que ya están inundadas.

**Tabla 6.9. Porcentajes de área del territorio que presentan algún nivel de riesgo por inundación**

| Categorías | % Área en Amenaza | % Área vulnerable | % Área en riesgo |
|---|---|---|---|
| Alta | 37,03 | 0,13 | 32,67 |
| media | 24,30 | 64,89 | 32,34 |
| Baja | 4,22 | 34,99 | 0,53 |

Dentro del categoría de riesgo alto por inundación, las coberturas que predominan con mayor área, son los manglares densos altos, herbazal denso inundable no arbolado y pastos limpios, los cuales constituyen más del 70% del área de la cobertura contenida en esta categoría; en las zonas de riesgo medio por su parte las coberturas predominantes son los pastos limpios, pastos arbolados y herbazales densos inundables no arbolados Por último, para el caso de las coberturas que se encuentran con mayor área dentro de la categoría de riesgo bajo por inundación son las lagunas costeras y los lagos y ciénagas naturales, con un porcentaje de 9,38% respectivamente.

El índice de pérdida de las coberturas vegetales, denota que se presentan mayores afectaciones en los pastos arbolados, enmalezados, limpios y mosaicos de pastos con espacios naturales arbustivos, exhibiendo valores de pérdida cercanos al 30%, tal como lo muestra la Tabla 6.10. Esta situación, impacta directamente el nivel y calidad de vida de las comunidades asentadas en esta zona, comprometiendo la seguridad alimentaria de las mismas. Cabe resaltar que, durante los paneles de gestión del riesgo, los asistentes aludieron como factor principal de riesgo por inundaciones, el taponamiento y desviación de los cauces para usos agropecuarios, siendo una dinámica muy recurrente en el territorio en ordenación.

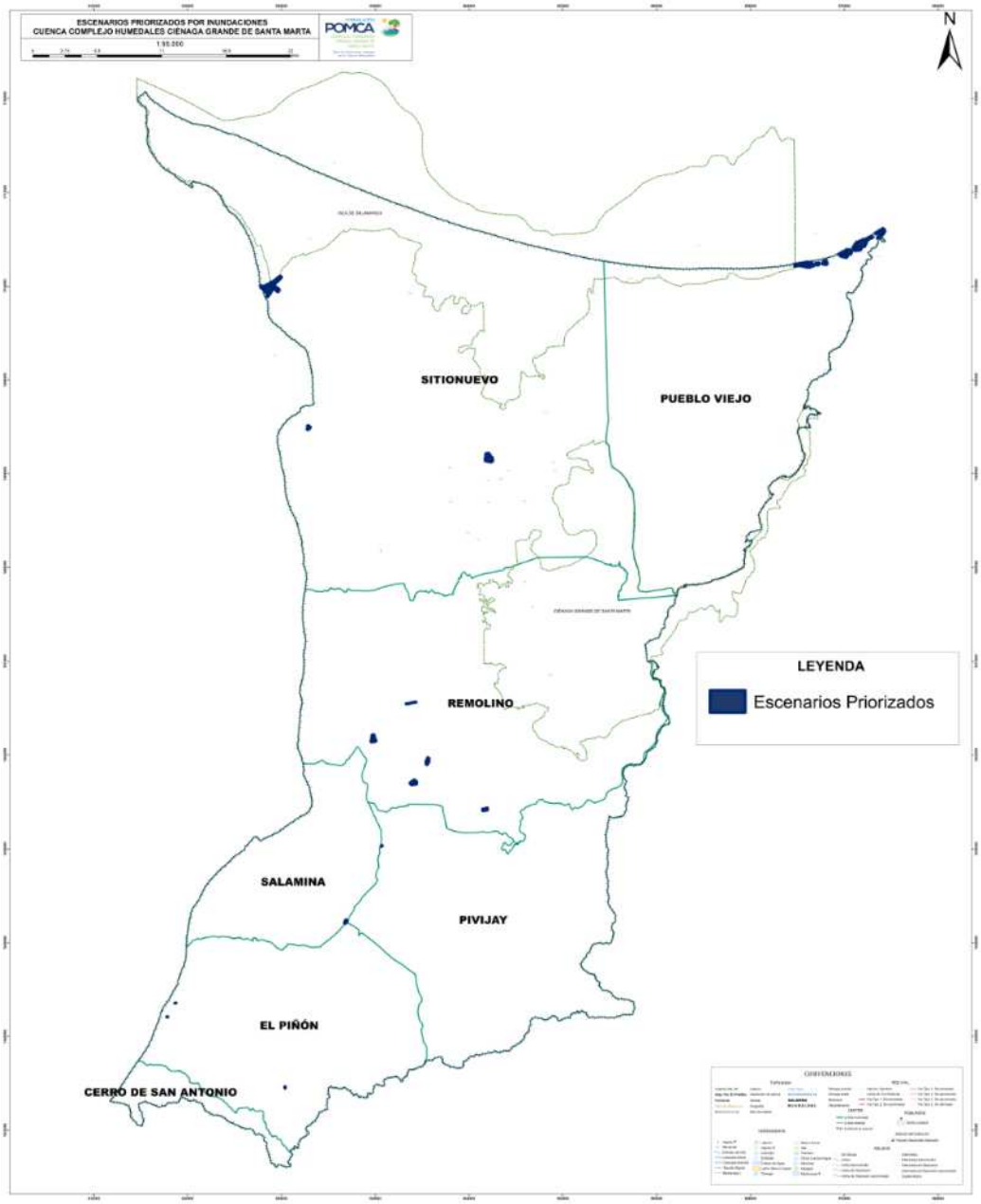
**Tabla 6.10. Índice de pérdida de las coberturas vegetales más representativas en el escenario de riesgo por inundaciones**

| Riesgo | Tipo de Cobertura | % Área | Índice de pérdida |
|---|---|---|---|
| Alto | Arbustal denso alto | 1,38 | 0,091 |
| | Bosque abierto alto inundable | 4,86 | 0,091 |
| | Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 1,94 | 0,091 |
| | Herbazal denso inundable arbolado | 1,88 | 0,091 |
| | Herbazal denso inundable no arbolado | 22,92 | 0,091 |
| | Manglar denso alto | 24,89 | 0,091 |
| | Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos | 1,89 | 0,286 |
| | Pastos arbolados | 2,86 | 0,286 |
| | Pastos enmalezados | 1,25 | 0,286 |
| | Pastos limpios | 24,35 | 0,286 |
| | Vegetación secundaria baja | 2,17 | 0,091 |
| Medio | Arbustal abierto mesófilo | 1,01 | 0,091 |
| | Arbustal denso alto | 2,59 | 0,091 |
| | Arenales | 1,42 | 0,091 |
| | Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 2,87 | 0,091 |
| | Herbazal denso inundable arbolado | 2,22 | 0,091 |
| | Herbazal denso inundable no arbolado | 7,86 | 0,091 |
| | Lagunas costeras | 4,71 | 0,000 |
| | Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 1,55 | 0,000 |
| | Manglar denso alto | 3,82 | 0,091 |
| | Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos | 1,14 | 0,286 |
| | Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos | 5,80 | 0,286 |
| | Pastos arbolados | 13,71 | 0,286 |
| | Pastos enmalezados | 1,48 | 0,286 |
| | Pastos limpios | 25,52 | 0,286 |
| | Vegetación secundaria baja | 5,92 | 0,091 |
| | Zonas Pantanosas | 13,11 | 0,000 |

Con relación a las categorías de riesgo, se estima que los valores de reposición promedio por hectárea se encuentran en $1.288.978,61, $1.203.858,52 y $104.050,514 para las condiciones de amenaza alta, media y baja respectivamente, evidenciando mayores niveles de pérdida en la configuración de los escenarios de riesgo moderado; situación que está influenciada por la extensión del índice de vulnerabilidad medio en la cuenca.

De acuerdo con los alcances técnicos del POMCA, los escenarios de riesgo a priorizar deben considerar las categorias de amenaza media y alta para condiciones de vulnerabilidad alta; para la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, los escenarios priorizados por inundaciones, ocupan el 5,46% del área total del territorio en ordenación y se localizan en los municipios de Pueblo viejo, Sitio Nuevo, Remolino, Salamina y El Piñón (ver Figura 6.9).

**Figura 6.9. Escenarios de riesgo priorizados por inundaciones**




Los principales daños y/afectaciones en los escenarios de riesgo priorizados, se presentan en los elementos de tipo lineal y puntual; en el primer caso, las vías (ej: vía al corregimiento de Santa Rita), muros y cercas presentan mayor vulnerabilidad, comprometiendo 16,09, 2,41 y 1,36 km respectivamente (Ver Tabla 6.11). Por otra parte, los elementos puntuales se agrupan en tres

categorías: Puente vehicular, antena y otras construcciones[24]; siendo esta última la que presenta mayor número de instalaciones afectadas; debido a la incidencia de las cabeceras municipales de los municipios de Sitio Nuevo, Pueblo Viejo, Remolino, Salamina y El Piñón, en las categorías de riesgo alto y medio.

**Tabla 6.11. Estimación daños en los elementos expuestos lineales -Riesgo por Inundación**

| Elemento | Km |
|---|---|
| Cerca | 1,36 |
| Construcción agua | 0,52 |
| Muro | 2,41 |
| Tubería | 1,31 |
| Vías | 16,09 |

**Tabla 6.12. Estimación daños en los elementos expuestos puntuales -Riesgo por Inundación**

| Elemento | Número |
|---|---|
| Otras construcciones | 795 |
| Puente | 2 |
| Antena | 1 |

### 6.4.3. Resultados del análisis de riesgos por Incendios Forestales.

Dentro del análisis de riesgo para este tipo de eventos, se tuvieron en cuenta diferentes parámetros que permitieron concluir en principio el nivel de amenaza y categorizar el territorio en porcentaje de área (Ha), estos parámetros ya fueron referidos en el capítulo 4; sin embargo, a continuación se presenta una tabla resumen que muestra la categoría de amenaza que cada uno de ellos obtuvo.

En la tabla se puede observar que la accesibilidad y la frecuencia de eventos históricos determinaron en buena parte la conceptualización de este fenómeno como un riesgo latente que azota con frecuencia y en todos los niveles de amenaza al territorio de la cuenca; en menor proporción factores como la precipitación, las pendientes y la temperatura también determinan la ocurrencia y extensión de este.

**Tabla 6.13. Categorías de amenaza obtenidas para los parámetros analizados por Incendios forestales**

| Categoría de la amenaza | Precipitación | Temperatura | Pendientes | Accesibilidad | Frecuencia eventos históricos |
|---|---|---|---|---|---|
| Muy alta | x | x | | x | x |
| Alta | x | | | x | x |
| Media - moderada | | | | x | x |
| Baja | | | x | x | x |
| Muy baja | x | | x | x | x |

[24] Dentro de la categoría de otras construcciones, se incluyeron las siguientes infraestructuras: cementerio, hotel, iglesia, industria, instalación minera, seguridad, sitio de interés y tanque.

Al igual que para el análisis de riesgo por inundaciones, la amenaza también se evaluó de forma determinística, y con los datos de los noveles categorizados para este tipo de evento, se calcularon los niveles de riesgo, empleando el SIG por superposición de las capas de amenaza y vulnerabilidad, obteniendo como resultado que la cuenca presenta riesgo alto por incendios forestales en un 25,82% de su área total, riesgo medio en el 40,04% y riesgo bajo en el 34,13%. Lo que significa que la totalidad del territorio de la cuenca se expuesta frente a esta amenaza, independientemente del nivel de riesgo.

**Figura 6.10. Riesgo por incendios forestales en Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**

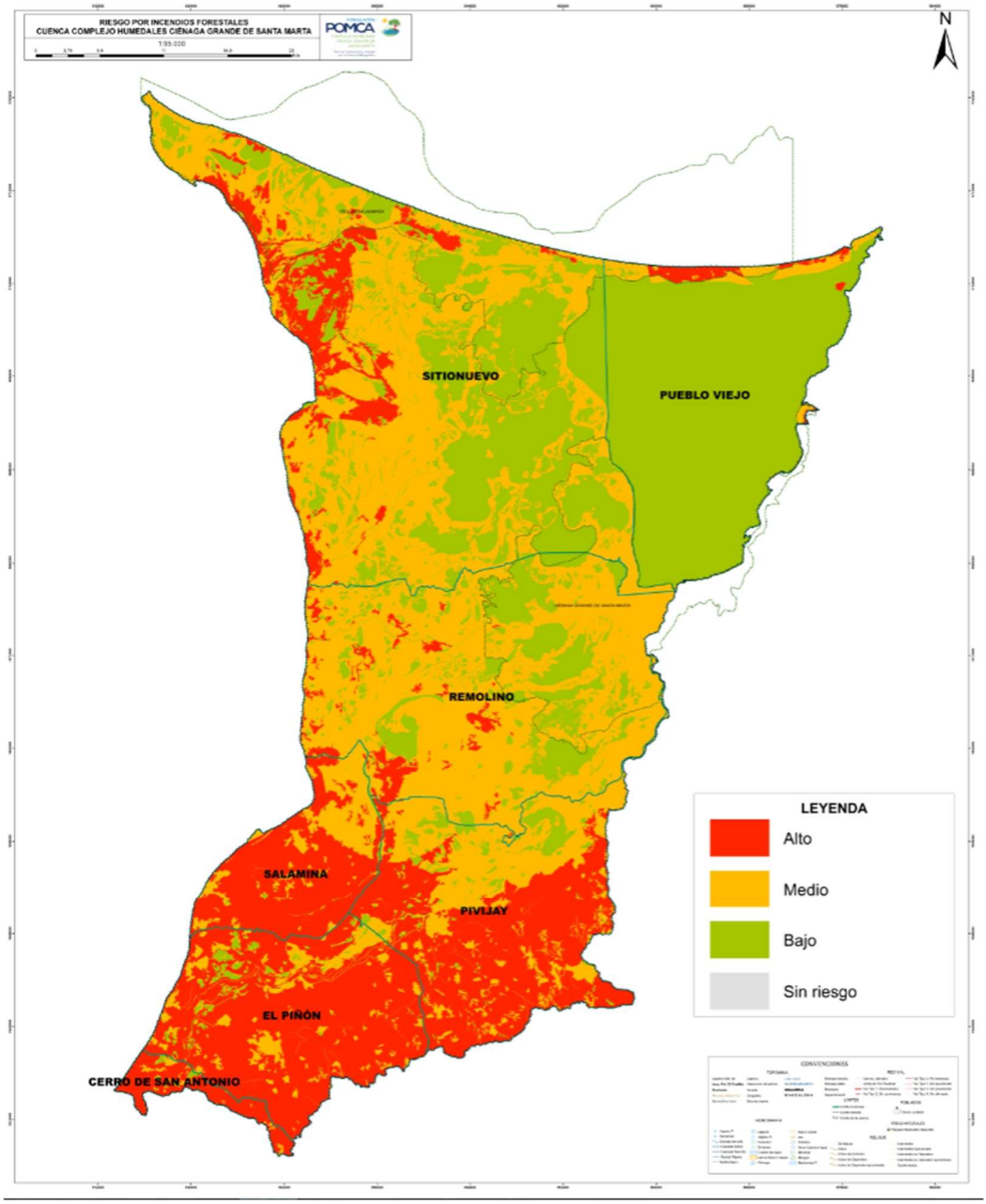
| Riesgo | Área (ha) | % Área |
|---|---|---|
| Alto | 71.899,20 | 25,82 |
| Medio | 111.484,83 | 40,04 |
| Bajo | 95.039,40 | 34,13 |

A partir de los porcentajes de área determinados para la amenaza y para la vulnerabilidad a Incendios forestales, se observa que el 99,99%, prácticamente el área total de la cuenca, presenta algún nivel de riesgo por incendios forestales. La configuración morfológica, su clima y en especial su vegetación, la hacen bastante propensa a la presencia de estos fenómenos. Adicionalmente, se pudo constatar durante la fase de campo, que existe un nivel mínimo de cultura conservacionista en los habitantes, por lo tanto es frecuente que se observen prácticas de quema y tala de bosques lo cual se convierte en factor detonante, sumado a esto, la precaria accesibilidad que tiene la mayor parte del territorio y los pocos recursos en materia de organización social y grupos de atención de emergencias facilitan las condiciones para que cuando ocurren estos eventos sean devastadores.

**Tabla 6.14. Porcentajes de área del territorio que presentan algún nivel de riesgo por incendios forestales**

| Categorías | % Área en Amenaza | % Área vulnerable | % Área en riesgo |
|---|---|---|---|
| Alta | 26,63 | 0,13 | 25,82 |
| media | 18,66 | 64,89 | 40,04 |
| Baja | 54,71 | 34,99 | 34,13 |

**Figura 6.11. Mapa de Riesgo por Incendios Forestales en la Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.**



En las zonas donde el riesgo es bajo, predomina la vulnerabilidad baja y las condiciones de amenaza baja, localizado en mayor extensión en el borde noreste de la cuenca, dentro de la jurisdicción de los municipios de Pueblo Viejo y Sitio Nuevo. La categoría de riesgo medio, presenta mayor extensión hacia el centro y norte del territorio, en sectores como Sitio Nuevo, Remolino y Pivijay, caracterizado por los siguientes niveles de amenaza y vulnerabilidad.

- 2,13% amenaza alta y vulnerabilidad baja
- 38,36% amenaza media y vulnerabilidad media
- 59,30% amenaza baja y vulnerabilidad media
- 0,21% amenaza baja y vulnerabilidad alta

El 99,84% de la categoría de riesgo alto, se configura como resultado de las condiciones de amenaza alta y el índice de vulnerabilidad medio, concentrándose en el borde sur de la cuenca, dentro de la jurisdicción de los municipios de Salamina, El Piñón y Pivijay.

De otro lado teniendo en cuenta las coberturas de la cuenca, se tienen las siguientes consideraciones:

Dentro del categoría baja de riesgo por incendios forestales las coberturas que predominan con mayor área, son las lagunas costeras y las lagunas, lagos y ciénagas naturales, las cuales alrededor del 80% del área de la cobertura contenida en esta categoría; en las zonas de riesgo medio por su parte las coberturas predominantes son los manglares densos, herbazales densos inundables no arbolados y pastos limpios. Por ultimo, para el caso de las coberturas que se encuentran con mayor área dentro de la categoría de riesgo alto por incendios forestales son los pastos limpios con un 44,19% y los pastos arbolados con un porcentaje de 20,06% respectivamente.

Al evaluar el valor de reposición de las coberturas vegetales, se establece que los tipos de cobertura con mayores niveles de pérdida son mosaico de pastos y cultivos, pastos arbolados y limpios. En contraposición, los arenales y lagunas costeras, los cuales reportan los valores de reposición más bajos para toda la cuenca hidrográfica en ordenación.

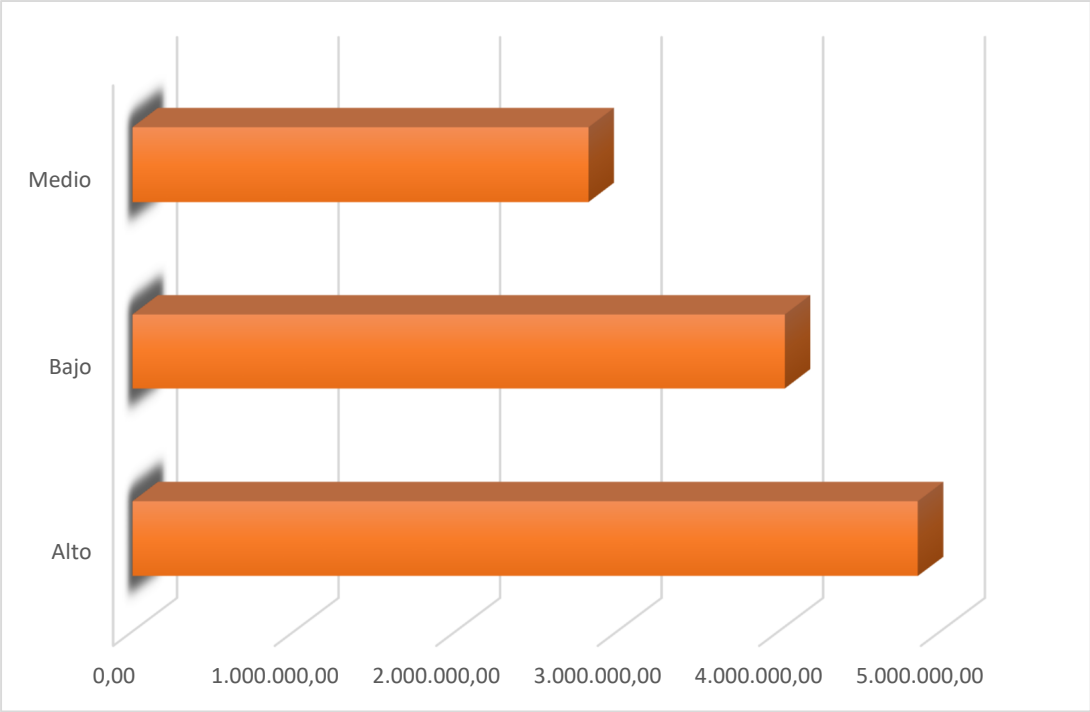
**Tabla 6.15. Valores de reposición por tipo de cobertura**

| Riesgo | Tipo de Cobertura | % Área | Valor de reposición promedio por hectárea |
|---|---|---|---|
| Alto | Herbazal denso inundable no arbolado | 9,28 | 543,58 |
| | Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos | 2,11 | 910,25 |
| | Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos | 10,92 | 522,35 |
| | Mosaico de pastos y cultivos | 3,86 | 1.087,67 |
| | Pastos arbolados | 20,04 | 1.063,06 |
| | Pastos enmalezados | 2,46 | 843,37 |
| | Pastos limpios | 44,19 | 1.017,06 |
| | Vegetación secundaria baja | 1,88 | 785,98 |
| Medio | Arbustal abierto mesófilo | 1,12 | 695,65 |
| | Arbustal denso alto | 3,18 | 558,34 |
| | Arenales | 1,60 | 360,23 |

| Riesgo | Tipo de Cobertura | % Área | Valor de reposición promedio por hectárea |
|---|---|---|---|
| | Bosque abierto alto inundable | 4,79 | 463,94 |
| | Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 3,89 | 533,36 |
| | Herbazal denso inundable arbolado | 3,01 | 480,55 |
| | Herbazal denso inundable no arbolado | 21,86 | 543,58 |
| | Manglar denso alto | 24,54 | 442,29 |
| | Pastos arbolados | 2,82 | 1.063,06 |
| | Pastos limpios | 16,21 | 1.017,06 |
| | Vegetación secundaria baja | 5,93 | 785,98 |
| Bajo | Lagunas costeras | 74,14 | 378,46 |
| | Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 5,06 | 620,24 |
| | Zonas Pantanosas | 19,89 | 546,59 |

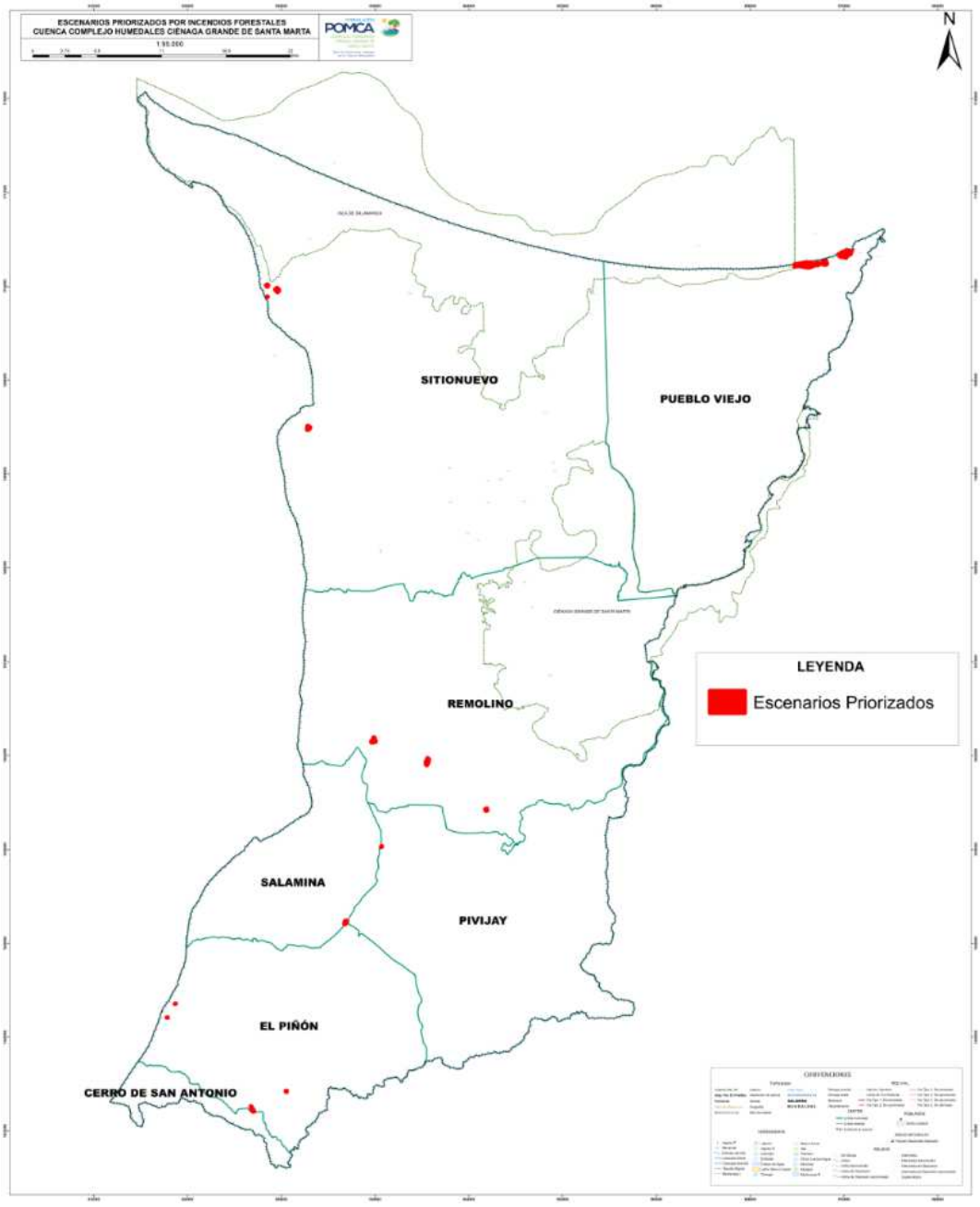
Los daños y afectaciones varían con relación a la extensión de las categorías de amenaza definidas presentando diferencias en los valores de reposición; es así como, los costos promedios por hectárea asociados a las condiciones de amenaza moderada por incendios forestales alcanzan los $2.823.646,34 millones de pesos, en comparación con los $4.861.869,75 y $4.039.068,09 reportados para las categorías de amenaza alta y baja respectivamente.

**Figura 6.12. Valores de reposición por categorías de amenaza**




Los escenarios de riesgo por incendios forestales priorizados ocupan el 0,16% de la superficie total del territorio en ordenación, se encuentran localizados en los corregimientos de Bonda, Minca y Taganga, pertenecientes al Distrito de Santa Marta.

**Figura 6.13. Escenarios priorizados por incendios forestales**

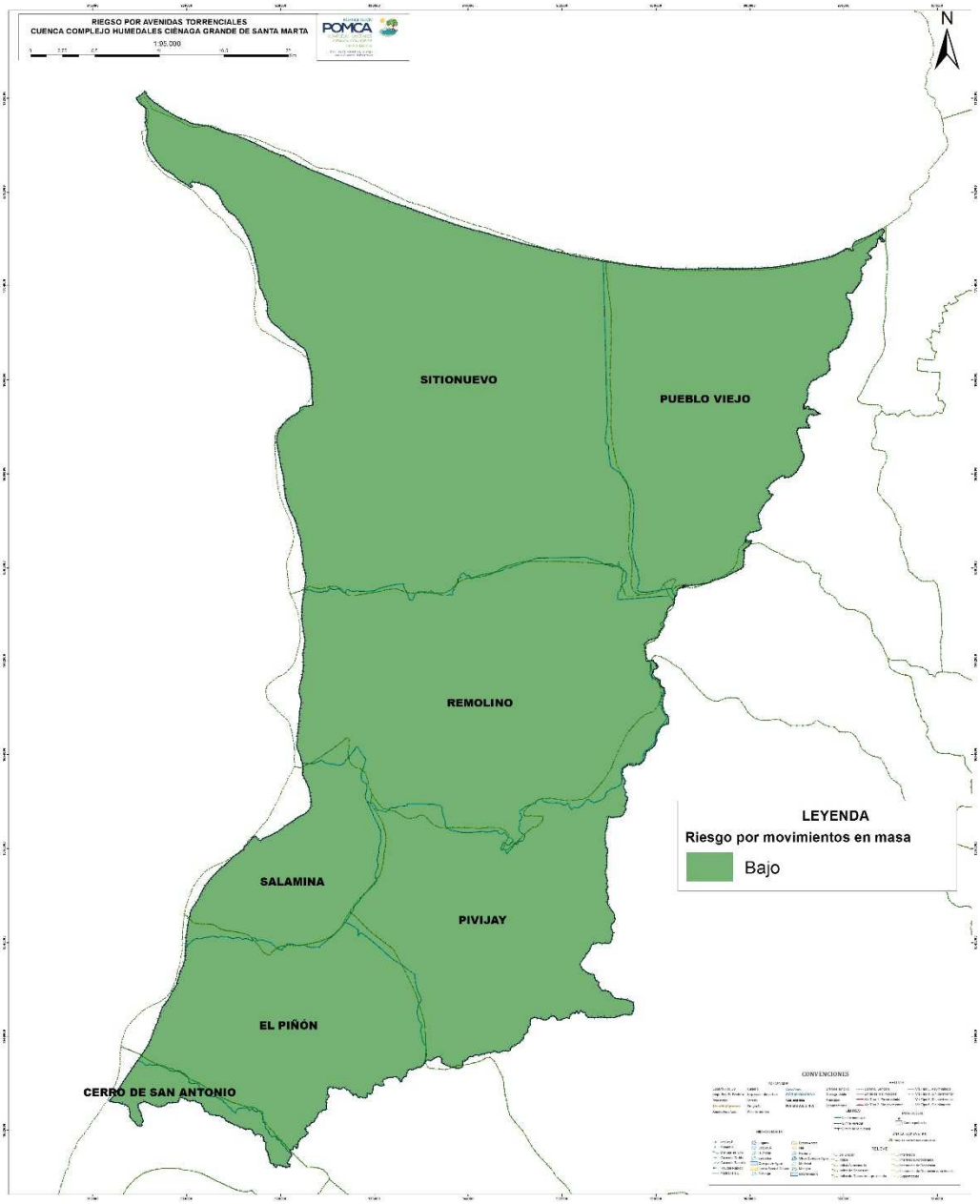



Las afectaciones derivadas de la configuración de estos escenarios de riesgos, están asociadas principalmente con la pérdida de cobertura vegetal, siendo los pastos limpios y arbolados los más impactados por este fenómeno amenazante. Su valor de reposición se estima en $4.299.575.370,77.

### 6.4.4. Resultados del análisis de riesgo por avenidas torrenciales

Para la cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se tienen que frente a avenidas torrenciales el riesgo de la cuenca se presenta en el 100% en grado bajo. En zonas en donde el riesgo es representativamente bajo, predomina las condiciones de amenaza y vulnerabilidad bajas, caracterizadas por presentar coberturas vegetales de lagunas costeras, pastos limpios, herbazal denso inundable no arbolado, manglar denso alto y zonas pantanosas

**Figura 6.14. Riesgo por avenidas torrenciales**



Los valores de reposición de las principales coberturas vegetales que se encuentran en categoria baja por avenidas torrenciales, oscilan entre $21.805,11 y $336.647,45, costo que no incorpora en su totalidad la importancia ecosistemica que tiene para la región, la presencia de áreas ambientalmente estrategicas como el Parque Natural Nacional Santuario de Fauna y Flora de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

**Tabla 6.16. Valor de reposición en las coberturas vegetales más representativas en el escenario de riesgo bajo por avenidas torrenciales**

| Cobertura Vegetal | Valor de reposición |
|---|---|
| Arbustal denso alto | 56.950,25 |
| Bosque abierto alto inundable | 21.805,11 |
| Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 35.202,07 |
| Herbazal denso inundable arbolado | 105.239,46 |
| Herbazal denso inundable no arbolado | 210.365,91 |
| Lagunas costeras | 265.677,85 |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 76.909,20 |
| Manglar denso alto | 291.025,36 |
| Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos | 108.319,38 |
| Mosaico de pastos y cultivos | 42.419,14 |
| Pastos arbolados | 214.738,25 |
| Pastos enmalezados | 37.951,43 |
| Pastos limpios | 336.647,45 |
| Vegetación secundaria baja | 44.015,09 |
| Zonas Pantanosas | 260.179,13 |

De acuerdo con los alcances técnicos del POMCA, los escenarios de riesgo a priorizar deben considerar las categorias de amenaza media y alta para condiciones de vulnerabilidad alta; para la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, no existen escenarios priorizados por avenidas torrenciales, debido a que presenta condiciones de amenaza y vulnerabilidad bajas.

### *6.5. Necesidades de Información*

La evaluación de las condiciones de riesgo para la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, está supeditada a la calidad de la información proveniente del análisis de amenaza y vulnerabilidad; toda vez que las necesidades de información de estos componentes sean solucionadas, se logrará un análisis de riesgo que refleja de manera más acertada la dinámica actual del territorio en ordenación.

Respecto a los análisis de riesgo, resulta indispensable contar con información de cobertura y uso detallada para precisar los daños y/o pérdidas de cada una de las coberturas presentes en la zona de estudio, debido a que este factor es determinante para la caracterización de los escenarios de riesgo. De igual manera, se requiere contar con una base cartográfica actualizada, que permita inventariar acertadamente las afectaciones a los elementos expuestos por cada tipo de evento amenazante evaluado.

Articular la información de los escenarios de riesgo para la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, con las estrategias contempladas en los planes de manejo de las áreas protegidas (PNN Santuario de Fauna y Flora, PNN Parque isla Salamanca).

### *6.6. Recomendaciones Finales*

En la mitigación de los escenarios de riesgo por inundaciones, se sugiere el mantenimiento y/ elevación de la vía que conduce de la cabecera municipal de Remolino al Corregimiento de Santa Rita, a fin de mejorar el estado de la misma, permitiendo el tránsito peatonal y vehicular de manera permanente y segura. Asimismo, es importante, la adecuación de pasos de agua en la infraestructura y red vial actual o proyectada, con el propósito de reducir el rápido deterioro de las mismas debido a la acción del agua.

Dada la configuración de escenarios de riesgo alto por inundación en las áreas urbanas de Remolino, Sitio Nuevo, Pueblo Viejo, Pivijay, El Piñón y Salamina y en los centros poblados de La Loma, Nueva Frontera, Corral Viejo, Guaimaro, Paraco, Palmira, Santa Rita, Dividivi, Martinente, Los Patos, Las Casitas, Media Luna, Palermo, Campo Alegre, Isla del Rosario y Tasajera, se sugiere realizar estudios detallados, con el propósito de reducir las condiciones de riesgos actuales y establecer medidas de mitigación para orientar el desarrollo o expansión de las áreas urbanas.

Considerando que los niveles de riesgo (medio y alto) por inundaciones, se configuraron principalmente a causa de las condiciones de amenaza media y alta, se deben implementar programas de capacitación y concientización para las comunidades, a fin de evitar los procesos de ocupación de las zonas con condición de amenaza.

Incorporación de los escenarios de riesgo en los instrumentos de planificación territorial, para establecer medidas estructurales orientadas a la prevención y mitigación del riesgo existente, evitando la generación de nuevas condiciones de riesgo. Las estrategias formuladas en el presente Plan deben articularse con las políticas, programas y/o proyectos diseñados por los entes territoriales con jurisdicción en la cuenca Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Implementar programas de asistencia técnica agropecuaria para reconvertir las prácticas de renovación de cultivos, reduciendo de esta manera los niveles de vulnerabilidad y riesgo del territorio en ordenación. Esta actividad debe desarrollarse prioritariamente en los municipios de Sitio Nuevo, Salamina, El Piñón, Pivijay y Cerro de San Antonio, dada la configuración de escenarios de riesgo alto.

Fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana, para controlar oportunamente la propagación del fuego. De igual manera, se requiere que los organismos de socorro, cuenten con el recurso humano, técnico y físico necesario para la atención de emergencias.

Realizar por parte de las administraciones municipales un control más fuerte sobre la construcción de viviendas o infraestructura en las áreas categorizadas como riesgo alto por cualquiera de los eventos amenazantes evaluados en el POMCA: inundaciones e incendios forestales.

Implementar programas de capacitación en técnicas de uso y manejo en zonas afectadas por inundaciones, a fin de reducir la configuración de escenarios de riesgo por este tipo de eventos amenazantes.

Debido a la forma como se definió el límite de la cuenca hidrográfica del Complejo Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, los ríos que drenan en ella (Aracataca, Fundación, Sevilla, y Río Frio) descendiendo de terrenos con topografías altas e inclinadas del flanco suroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentran por fuera del área de este estudio, estos, ocasionalmente podrían manifestar fenómenos de estos dos tipos, en todo caso, por fuera del área de la cuenca, lo que no significa, que en caso de que se desarrollen, no puedan llegar a afectarla, dada su vecindad y el evidente relación fisiográfica que existe entre estos dos territorios. Por lo anterior, se recomienda realizar el empalme entre los POMCA para las cuencas hidrográfica Complejo de humedales Ciénaga Grande de Santa Marta, con la cuenca correspondiente que contiene los ríos Aracataca, Fundación, Sevilla, y Río Frio, ya que en esta cuenca vecina, están ocurriendo eventos que influyen en la dinámica del área de estudio.

Como consecuencia del anterior se sugiere integrar los programas que se puedan proyectar para mejorar las condiciones ambientales en las cuencas contiguas, ya que buena parte de lo que ocurre en la cuenca que se encuentra topográficamente más alta afecta a la cuenca vecina, topográficamente más baja.

En el caso de las inundaciones, es posible emplear otros criterios para reducir la vulnerabilidad frente a esta amenaza natural, es así como involucrar el análisis de la frecuencia y severidad de un evento podrían permitir el diseño de proyectos infraestructura en lugares donde las inundaciones son frecuentes y forman parte del paisaje casi que de forma permanente; la capacidad para alterar la intensidad de ocurrencia de estos eventos predecibles, por ejemplo mediante la construcción de canales o el mantenimiento de los sistemas de equilibrio de entrada y salida de agua en una ciénaga, y el establecimiento de la velocidad de formación del evento, condiciona el período de alerta donde la posibilidad de ocurrencia se puede llegar a conocer con varias horas o días de anticipación.

Es necesaria la creación de políticas objetivas, concretas y firmes para definir y desarrollar la vocación de este territorio, ya que de ello depende el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes, y la posibilidad de recuperar, proteger y conservar un ecosistema estratégico para la humanidad.

Es necesario concientizar a los habitantes de la naturaleza del territorio, pues este en su mayor parte no es propicio para el desarrollo de asentamientos humanos, por lo tanto se deben realizar estudios que permitan identificar zonas seguras para posibles reubicaciones de los asentamientos existentes y el desarrollo de estos en condiciones dignas y con la mínima exposición a los fenómenos amenazantes.

### *6.7. Conclusiones*

Los escenarios de riesgo frente a incendios forestales, se presentan en el 25,82% en nivel alto, el 40,04% en nivel medio y el 34,13% en nivel bajo, concentrándose e en el borde sur de la cuenca, dentro de la jurisdicción de los municipios de Salamina, El Piñón y Pivijay.

A pesar que la Cuenca Hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, presenta niveles de riesgo por inundaciones medio y alto, se considera que toda la cuenca debería elevarse a nivel de riesgo alto por inundación, ya que la mayor parte de su territorio está siendo transformado por el hombre, sin ningún tipo de planeación ni estudio; se le está robando constantemente terreno a los cuerpos de agua que natural e históricamente ha sido zonas anegadas, y que tarde o temprano serán recuperadas nuevamente por los rio o el mar. Estas zonas no son otra cosa que zonas de descarga o dicho de otra forma zonas de alivio del delta del Rio Magdalena, en el sector oeste, y de los ríos Fundación, Aracataca, Rio Frio y Sevilla que desaguan en la Ciénaga Grande.

En la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, no se configuraron escenarios de riesgo asociados a Movimientos en Masa y Avenidas Torrenciales, debido a que las características geomorfológicas, topográficas y geológicas del territorio no denotan la presencia de áreas con susceptibilidad media o alta.

Los elementos expuestos con mayores afectaciones debido a la configuración de los escenarios de riesgos son las construcciones y la infraestructura vial. De otra parte, las coberturas vegetales asociadas a pastos, mosaicos de pastos, herbazales y manglares densos, presentan alta susceptibilidad de ser afectadas ante la ocurrencia de un evento amenazante.

El hecho que la delimitación de esta cuenca haya dejado por fuera los cauces de los ríos Fundación, Aracataca, Rio Frio y Sevilla que desaguan en la Ciénaga Grande, no permitió contractualmente realizar un estudio total de la dinámica de este territorio, en consecuencia, es posible que algunos de los resultado obtenidos en la gestión del riesgo, no se reflejen en la realidad, por cuanto fenómenos como los movimiento de remoción en masa y las avenidas torrenciales o avalanchas que pueden darse por fuera del área de estudio lleguen a afectarlo en un futuro y no se tenga proyección ni prevención de estos eventos dentro del territorio denominado Cuenca Hidrográfica Complejo Humedales Ciénaga Grande de Santa Marta.

No existe ningún tipo de control sobre la ocupación y uso del territorio de la cuenca, lo que permite que cada vez sea mayor el crecimiento de los asentamientos humanos que allí se están dando permitiendo que estos este expuestos permanentemente al riesgo.

Cada región suele tener amenazas principales con las cuales se relacionan los grandes daños del pasado. Sin embargo, no se deben olvidar las amenazas que producen daños pequeños, pero repetidos, los cuales a la larga pueden generar pérdidas y daños mayores que las grandes catástrofes. Eventos severos de baja o escasa frecuencia son los más difíciles de mitigar y las medidas requeridas para reducir la vulnerabilidad no son fáciles de justificar económicamente, es el caso de las marejadas, vendavales y tormentas.

No existe planeación para el desarrollo de las obras de infraestructura que se adelantan en la cuenca y en sus áreas conexas, pues es evidente que se quiere desconocer la importancia de este territorio como ecosistema estratégico, que en buena parte de su extensión fue elevado a categoría de SITIO RAMSAR lo cual implica que debe ser de conservación y de tratamiento especial pues es estratégico para la comunidad mundial.

La falta de políticas ambientales y de desarrollo serias que propendan por el equilibrio sostenible de este territorio han presionado el cambio de su vocación económica de territorio de pesca y conservación ecología a territorio ganadero y agrícola, lo que está causando graves e irreparables daños al ecosistema, y a la economía de sus habitantes, cuyo índice de calidad de vida es bajo. Aunado a esto se está perdiendo el arraigo cultural y la pertenencia por el territorio, situación que se refleja en la existencia de pocas y débiles asociaciones y organizaciones comunitarias interesadas en la defensa y conservación de sus riquezas naturales y pop renda en la prevención de riesgos naturales y atención de desastres.

Al invadir zonas de amortiguación o al desecar zonas para volverlas terrenos agrícolas el territorio pierde su vocación natural y se convierte en una zona de posibles desastres ya que esto trae consigo la creación de asentamientos humanas en zonas no aptas para ello, exponiendo al riesgo a los habitantes e infraestructura que se disponga allí.

# 7. ANÁLISIS SITUACIONAL

El análisis situacional de la cuenca que conforman el Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta se basó no solo en el diagnostico técnico formulado a través de la aplicación metodológica de la guía, sino en sí mismo mediante el ejercicio constructivo conjunto de la comunidad con los técnicos expertos, los cuales abordando el conocimiento de la población como referente puntual de la cuenca permitieron ahondar en todas las temáticas. Este análisis comprende como la precisión de las potencialidades, limitantes y condicionamientos que tiene la Cuenca, la evaluación de los conflictos ambientales, y el análisis de los territorios funcionales.

La cuenca para el presente análisis se abordó como un sistema interconectado en el cual se hace evidente que cualquier desbalance genera múltiples procesos que se encadenan y se derivan en múltiples problemáticas, las cuales reflejan no solo la fragilidad del ecosistema sino la ausencia de apropiación de los múltiples estudios de diagnóstico que han explicado desde la formación del complejo cenagoso, hasta la degradación actual del mismo.

En el presente numeral se describen los aspectos más relevantes encontrados en el análisis de la gestión del riesgo, los cuales fueron complementados con los aportes de los actores durante las Rutas Veredales y las Mesas Zonales de Trabajo realizadas en la fase de Diagnóstico. El análisis situacional final de la cuenca hidrográfica Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se presenta en el Volumen IV del presente informe de diagnóstico, con sus respectivas salidas cartográficas.

## *7.1. POTENCIALIDADES*

En el proceso del POMCA, las potencialidades de los territorios son los capitales y recursos naturales, humanos, sociales, económicos y de infraestructura ya sean utilizados o no. Así, las potencialidades se refieren a condiciones inherentes a la cuenca y su entorno, las cuales con algún manejo son opciones que favorecen el desarrollo sostenible de la misma. Esto demanda capacidad institucional, sectorial y de las organizaciones de base para innovar y ser capaces de aprovechar los cambios del entorno, así como las fortalezas de los subsistemas de la cuenca para lograr cambios de comportamiento en los actores y desarrollos tecnológicos que favorezcan el acceso, uso y aprovechamiento de los recursos naturales sin detrimento de su capacidad para mantener la funcionalidad de la cuenca.

En este sentido y de acuerdo con las características geológicas y geomorfológicas de la Cuenca, se determinó que la existencia de una susceptibilidad baja del territorio ante la ocurrencia de eventos de movimientos en masa y/o avenidas torrenciales, lo cual es ratificado por los habitantes de la cuenca, quienes no conciben este evento como significativo en el territorio.

Por otra parte, el 54,71% de la superficie total de la cuenca, dada la predominancia de las coberturas vegetales asociadas a áreas húmedas y cuerpos de agua, presenta amenaza baja o nula por

incendios de la cobertura vegetal. La mayor extensión de esta categoría se presenta en el cuadrante Noreste de la cuenca, en jurisdicción de los municipios de Pueblo Viejo, Remolino y Sitio Nuevo. Las entidades encargadas de la prevención y atención de desastres se encuentran interesadas y comprometidas con la planeación estratégica de la cuenca en los aspectos relacionados con la gestión del riesgo; esta situación, es ratificada por la participación del cuerpo de bomberos en los diferentes espacios de participación programados.

### *7.2. LIMITANTES Y CONDICIONAMIENTOS*

Las limitantes a analizar en el proceso de construcción del POMCA incluyen no sólo aquellas de orden biofísico para el manejo de los ecosistemas en la Cuenca, sino además las limitantes y restricciones de índole social y legal que puedan existir para la ocupación del territorio y el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables de acuerdo con los resultados del diagnóstico.

En el caso del componente de gestión del riesgo, el análisis efectuado en la cuenca revela que el evento amenazante con mayor incidencia en la Cuenca es la Inundación. De acuerdo con la evaluación realizada, adicional al 30,75% del área de la Cuenca ocupado por ciénagas, existe un 24,30% del territorio que se encuentra bajo amenaza moderada de inundación y se asocia a con geoformas producto de procesos intermitentes (ej. Terrazas medias, meandros), procesos erosivos o sedimentarios suavizados (micro topografía irregular con limites suavizados de baja pendiente) o flujos secundarios representados por evidencias de morfologías canaliformes de poca definición y continuidad identificables en campo, además de eventos históricos con recurrencia mayor a 15 y hasta 100 años de periodo de retorno. Estas áreas se encuentran ubicadas en su mayoría en los municipios de El Piñón y Sitionuevo.

De otra parte, el 37,03% de la Cuenca se ubica bajo amenaza alta por inundación, y corresponde a zonas con geoformas asociadas a procesos activos (el. Valles aluviales, planos de inundación, terrazas bajas, albardones), evidencias efímeras (restos flotantes, depósitos sueltos), evidencias erosivas y sedimentarias bien definidas (micro topografía muy irregular, altas pendientes, y superposición de formas erosivas y sedimentarias, marcas de canales sin evidencia de actividad resiente), además de evidencias e inundaciones resientes o actividad fluvial reiterada identificadas en el análisis multitemporal de eventos históricos con recurrencias menores o iguales a 15 años. Los sectores con amenaza alta prácticamente cobijan toda la superficie no anegada de la cuenca, encontrándose en amenaza alta por inundación los municipios de Sitio Nuevo, Pueblo Viejo, Remolino, Salamina y Pivijay

Es importante indicar que todos los asentamientos humanos del Complejo se encuentran amenazados por inundación.

### *7.3. SÍNTESIS DE POTENCIALIDADES, LIMITANTES Y CONDICIONAMIENTOS PARA LA CUENCA*

Se describen a continuación las potencialidades y limitantes más relevantes encontradas en el análisis de la Cuenca de acuerdo con las categorías contempladas en el Anexo A. Diagnóstico de la Guía para la Formulación de POMCAS del MADS.

**Tabla 7.1. Síntesis de potencialidades, limitantes y condicionamientos para la cuenca**

| COMPONENTE | | POTENCIALIDADES | LIMITANTES y CONDICIONAMIENTOS |
|---|---|---|---|
| BIOFÍSICO | Capacidad de uso de las tierras | ❖ Suelos con fertilidad alta en el 68% de los terrenos que comprende la Cuenca (excluyendo las áreas ocupadas por ciénagas), que se ven favorecidos por su buena profundidad (33,3% de los suelos) | ❖ Pese a que la Cuenca en su totalidad presenta pendientes menores al 25%, se presentan zonas donde esta situación combinada con la concavidad del terreno ha hecho avanzar sistemas productivos de arroz y ganadería que resultan inconvenientes para la sostenibilidad de la Cuenca.<br>❖ 45% del área de la Cuenca presenta suelos con profundidades inferiores a los 50 cm, que se ve adicionalmente desfavorecida por limitaciones relacionadas con el nivel freático o la acumulación de sales. |
| | Hidrología | ❖ Rendimientos hídricos anuales en categoría media, con valores cercanos a 0,1 $m^3/(s \cdot Km^2)$ y caudales medios multianuales que superan los 2 $m^3/s$.<br>❖ Aproximadamente un 37,3% del área total de la Cuenca muestra valores de Índice de Calidad de Agua en condiciones aceptables o buenas, y coinciden con los sectores donde se han concentrado tradicionalmente los asentamientos humanos importantes de la Cuenca. | ❖ Aunque los valores medios históricos de caudal indiquen una importante oferta hídrica, esta se ve drásticamente reducida bajo condiciones hidrometeorológicas secas, llegando a valores por debajo del 10% del nivel medio, y colocan en vulnerabilidad alta por desabastecimiento a los asentamientos de la Cuenca.<br>❖ La anterior situación se combina con condiciones de uso del agua que están en niveles alto a crítico, según las condiciones hidrometeorológicas, en las áreas de la Cuenca donde se concentran los asentamientos humanos y las actividades productivas. (42,7% del área de la Cuenca)<br>❖ 83,39% de la Cuenca presenta niveles altos o muy altos de Alteración Potencial de la Calidad del Agua. |
| | Biodiversidad | ❖ El 49,59% del área total de la Cuenca presenta condiciones de vegetación natural no transformada o con una transformación parcial compatible con el ecosistema, mientras que el 51% se considera en condiciones de biodiversidad abundante.<br>❖ El 75% del área total de la Cuenca mantiene una oferta de servicios ecosistémicos entre media a alta. | ❖ 77,87% del área de la Cuenca bajo condiciones de transformación que inducen a escenarios decrecientes de sostenibilidad.<br>❖ El 49% del área de la Cuenca presenta condiciones de transformación moderada a fuerte que mantiene en estado de vulnerabilidad a la biodiversidad presente.<br>❖ Pérdida paulatina de los servicios ecosistémicos de la Cuenca inducido |

| COMPONENTE | | POTENCIALIDADES | LIMITANTES y CONDICIONAMIENTOS |
|---|---|---|---|
| | | | por las transformaciones antrópicas sobre esta. |
| | Gestión del riesgo | ❖ Susceptibilidad nula a eventos de movimientos en masa y avenidas torrenciales.<br>❖ El 54,71% del área total de la Cuenca presenta un nivel de amenaza bajo o nulo frente a la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal | ❖ 37,03% de la Cuenca se encuentra en amenaza alta por inundación, y otro 24,30% está en amenaza media. Estas áreas abarcan también a los asentamientos humanos de la Cuenca. |
| **SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL** | Socioeconómico | ❖ Niveles de escolaridad que muestran para la Cuenca que toda su población cuenta con un nivel de formación básica primaria, y más del 60% posee además formación secundaria.<br>❖ Coberturas medias a altas en servicios de salud que garantizan por lo menos la atención del 60% de los habitantes, excepto el municipio de El Piñón.<br>❖ Cobertura de energía eléctrica superior al 90%, y niveles medio altos de cobertura en acueducto para casi todos los municipios de la Cuenca.<br>❖ Posibilidades de crecimiento económica basados en el sector terciario de la economía, dada la ubicación estratégica de los municipios y los macroproyectos de infraestructura en desarrollo o de implementación en el corto o mediano plazo. | ❖ Fuertes deficiencia en materia de acceso a servicios básicos de acueducto y alcantarillado en las áreas rurales, que generan problemas de contaminación a las fuentes hídricas y de salud pública por enfermedades gastroentéricas.<br>❖ Los servicios de aseo y gas natural presentan coberturas deficientes en la mayor parte de la Cuenca.<br>❖ Las categorías de protección y conservación limitan las posibilidades de uso y aprovechamiento de las tierras para fines productivos por parte de los habitantes.<br>❖ La cultura de los habitantes de la Cuenca impulsa el desarrollo de actividades económicas que no son compatibles con el entorno, de manera que se pone en riesgo la sostenibilidad de la Cuenca. |
| | Cultural | ❖ Niveles altos de organización comunitaria en los municipios de la Cuenca, especialmente Pueblo viejo, El Piñón y Pivijay; en estos últimos, adicionalmente, se observa una mayor concentración de capital humano calificado que puede contribuir al desarrollo de la región.<br>❖ Conservación y transmisión de valores tradicionales y algunas prácticas productivas (pesca) responsables con el ambiente, entre las comunidades que habitan las áreas de los complejos cenagosos. | ❖ Bajo nivel de cultura política y ambiental en las comunidades, que incide en la apatía a la participación en la toma de decisiones públicas y en el sostenimiento de prácticas habituales nocivas para el ambiente.<br>❖ La gestión pública se ha concentrado en las cabeceras urbanas, lo que contribuye a que los habitantes rurales sientan una menor capacidad de gobernabilidad en los temas que afectan la Cuenca |

| COMPONENTE | | POTENCIALIDADES | LIMITANTES y CONDICIONAMIENTOS |
|---|---|---|---|
| POLÍTICO-ADMINISTRATIVO | Político-Administrativo | ❖ Pluralidad de organizaciones de la comunidad con proyectos ambientales orientados a la conservación de los recursos naturales, y su interés por articularse con la gestión estatal<br>❖ Oferta institucional abundante y existencia de diferentes instrumentos de planificación ambiental que pueden ser articulados en beneficio del desarrollo sostenible local | ❖ Limitantes presupuestales tanto en las organizaciones comunitarias como en las instituciones del estado que condicionan la ejecución de proyectos ambientales, así como la puesta en marcha de los diferentes instrumentos de planificación existentes. |

### *7.4. ANÁLISIS DE TERIITORIOS FUNCIONALES*

Los territorios de la Cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta se articulan y están influenciados por dos nodos del Eje Regional Caribe del Sistema Nacional de Ciudades: la aglomeración urbana de Barranquilla (conformada por 16 municipios), y Santa Marta como entidad uninodal capital de departamento con más de 100.000 habitantes. Estos dos polos del sistema urbano forman parte, como se dijo, de un eje regional que concentra más de 2’500.000 habitantes, configurándose en un elemento estructurante de la actual red nacional. La cercanía a este eje motiva fuertes transformaciones en la medida que la atracción hace que las demandas de bienes y servicios ecosistémicos, así como los patrones de aprovechamiento de los recursos naturales se adapten a las necesidades de los nodos de jerarquía superior. Vale la pena recordar que, para el caso de la cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, la jerarquía funcional de los asentamientos está tres niveles por debajo de la correspondiente a Santa Marta que es el polo con menor nivel de atracción en el sistema.

Así, confirmando lo que se ha evidenciado en el análisis de los demás componentes del presente Diagnóstico, la tendencia en la Cuenca es a una mayor demanda de recursos naturales en el área, no sólo para satisfacer el autoabastecimiento de los centros poblados y las cabeceras municipales, sino para el flujo de productos hacia los polos del eje regional. Un ejemplo es el caso de la zona del municipio de Pivijay, donde entre 2006 y 2010 el área cultivada tuvo un crecimiento no superior a 150 Ha, principalmente en coberturas de pastos para ganadería; sin embargo, esa misma área presenta rendimientos hídricos entre 5 y 10 L/s/Km$^2$ (DNP, 2014) aumentando la presión ya de por sí existente sobre el recurso hídrico superficial.

En este orden de ideas, el patrón de integración urbano-regional de la cuenca está experimentando actualmente un comportamiento de exportación de productos, con concentraciones de actividades productivas como la ganadería y la pesca con una presión sobre los recursos naturales en general. Esto plantea una serie de retos en el corto, mediano y largo plazo relacionados con la necesidad de realizar una planificación del desarrollo que pueda ser sostenible; esta área posee ventajas estratégicas por su ubicación geográfica tan cercana al eje de desarrollo regional principal, además de la oferta de servicios ecosistémicos que posee; pero por esta misma razón se presentan cambios en las coberturas naturales y en las matrices de producción que afectan de manera negativa el equilibrio de los ecosistemas estratégicos y ponen en riesgo la posibilidad del cierre de brechas

socioeconómicas, como por ejemplo la reducción en la productividad pesquera artesanal de los complejos cenagosos en Remolino, Sitionuevo y Puebloviejo relacionado con el flujo de sedimentos y contaminantes provenientes del río Magdalena, las fluctuaciones en la salinidad del agua y la sobrepesca por debajo del límite de madurez de las especies ícticas características de la Cuenca.

En la Figura 7.1 y Figura 7.2 se representan los diferentes centros urbanos identificados en el área de la Cuenca, con su correspondiente nivel de relación predominante y las relaciones urbano-rurales de tipo socioeconómico que se presentan entre ellos. Puede observarse que existen dos tipos de agrupaciones nodales importantes en la Cuenca: (i) agrupaciones municipales donde cada una de las cabeceras concentra funciones administrativas y algunos servicios socioeconómicos que abastecen a los centros rurales y veredas de su jurisdicción, y (ii) agrupaciones regionales en torno a los polos de desarrollo cercanos, ya sea a Barranquilla (como en el caso de remolino y Sitionuevo) o Santa Marta (como El Piñón y Pivijay)

**Figura 7.1. Relaciones urbano-rurales en el área de la Cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta – sector norte**

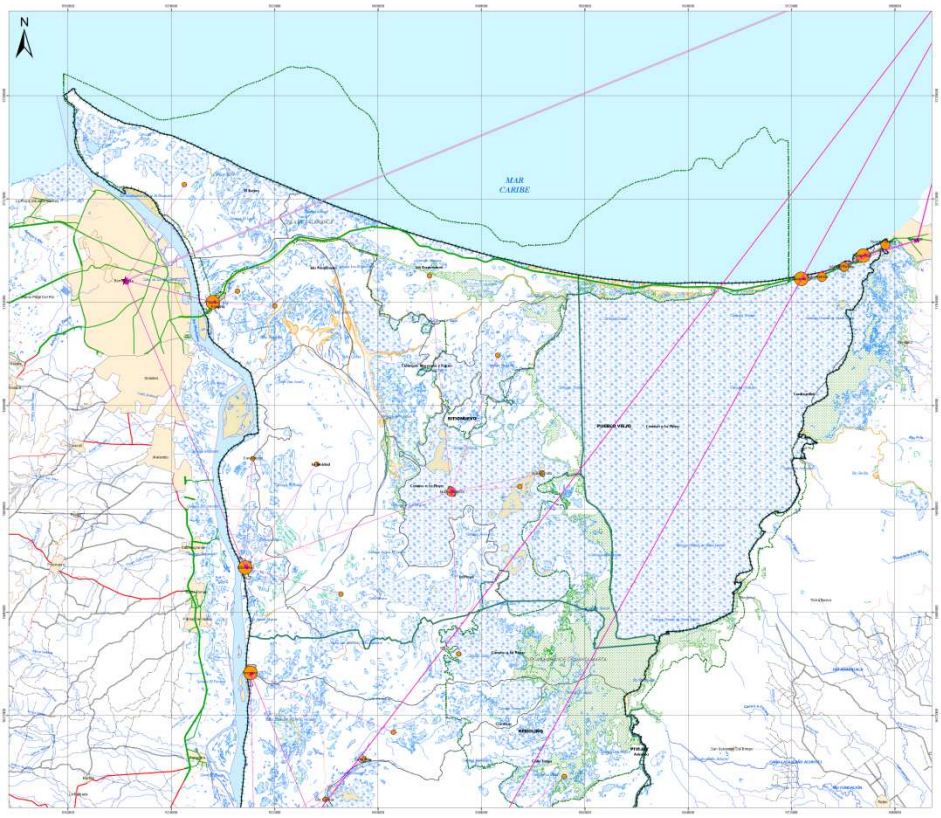
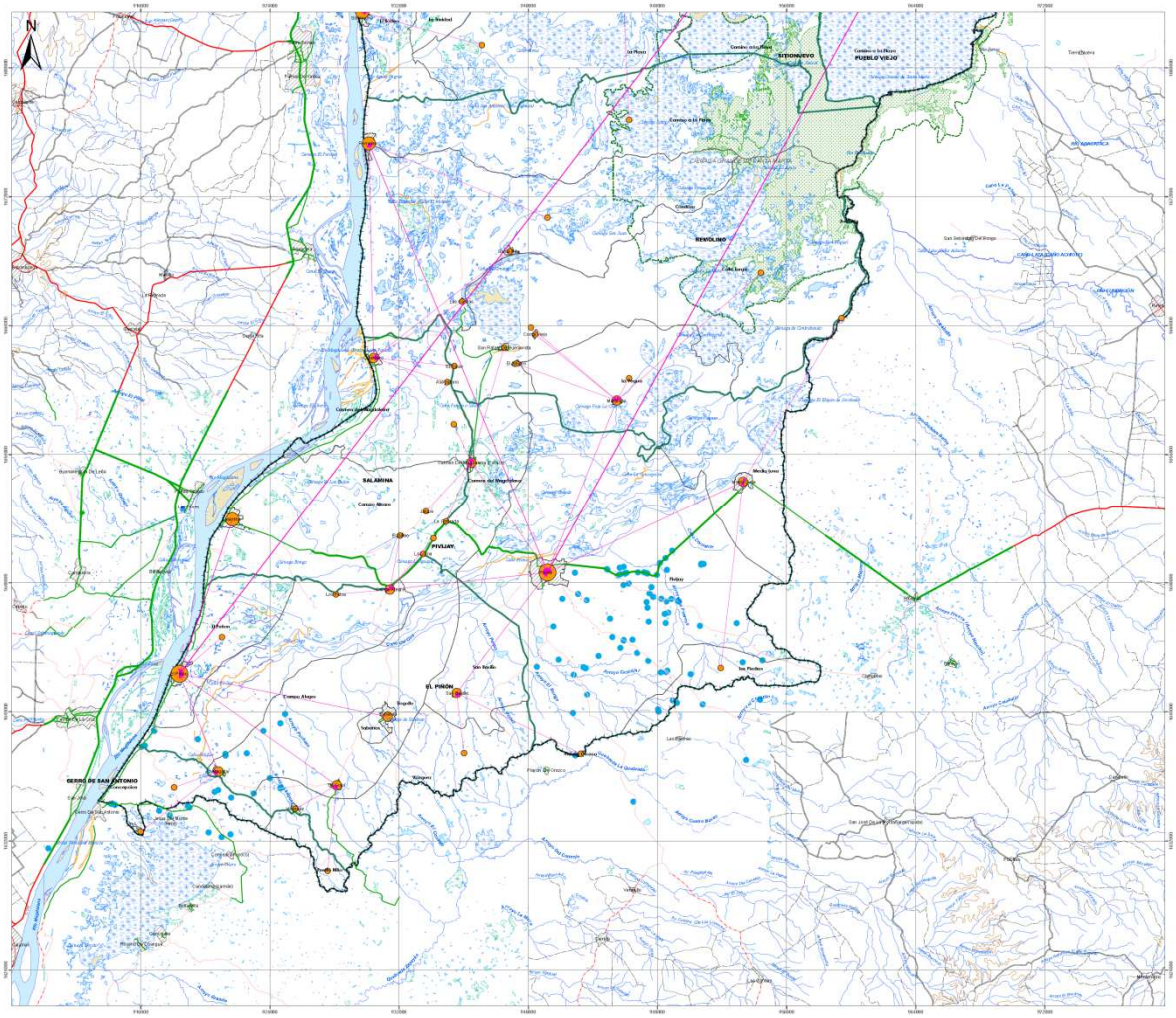


**Figura 7.2. Relaciones urbano-rurales en el área de la Cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta – sector sur**




Fuente: Elaboración propia.

En lo relacionado con la demanda de recurso hídrico, se indicó ya previamente que con la excepción de Pivijay y Pueblo viejo, las cabeceras municipales realizan la captación de agua desde el río Magdalena; Pivijay se abastece del Caño Ciego y Pueblo viejo recibe agua desde el acueducto de Ciénaga. En el caso de los centros poblados y áreas rurales dispersas las poblaciones se abastecen de los ríos y quebradas que tienen cerca, generalmente por medio de mangueras y captaciones no reguladas. Lo anterior indica que las condiciones de la red hídrica de la Cuenca actualmente permiten a los habitantes hacer un uso local del recurso hídrico, gracias a los moderados excedentes de agua reflejados en el Índice de Aridez; sin embargo, la presión actual y futura de los diferentes usos identificados para la Cuenca, combinados con la moderada capacidad de retención y regulación hídrica de la Cuenca configuran escenarios de conflicto por uso, requiriéndose en el corto y mediano plazo medidas eficaces en torno al ahorro y uso eficiente del agua.

En materia de vertimientos, la infraestructura de las cabeceras municipales es bastante deficiente; los municipios de Remolino y Pivijay no cuentan con red de alcantarillado, Sitionuevo emplea pozos sépticos para el tratamiento de sus aguas domésticas, Salamina descarga sus aguas al Caño El Roblal luego de pasar por un sistema de lagunaje ineficiente, y El Piñón, descarga al río Magdalena, aunque presenta frecuentes rebosamientos del sistema. Para los centros poblados rurales, las descargas son realizadas al suelo o a los cuerpos de agua contiguos, luego de pasar por pozos sépticos en mal estado. Estas descargas domésticas sin tratamiento adecuado, sumadas a las escorrentías y vertimientos generados por las actividades productivas representan una carga considerable a los cuerpos de agua de la Cuenca como se observó en la estimación del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua. Si se toma como referencia los valores determinados en la evaluación del Índice de Calidad del Agua se observa que la mayor parte de la Cuenca ya presenta una afectación en la calidad de sus recursos hídricos por vertimientos; situación que, unida a la salinización de los cuerpos de agua, está provocando un escenario de afectación al equilibrio de los ecosistemas del Complejo y coloca en vulnerabilidad a la población que se beneficia de ellos.

Dicho de otra manera, el metabolismo hídrico de la Cuenca plantea desconexiones en torno al recurso hídrico, donde no se logra una vinculación entre los centros urbano y rurales para el aprovisionamiento de agua para consumo, sino que cada población debe satisfacer sus necesidades con el recurso que encuentre disponible en su entorno inmediato.

En lo que respecta a residuos sólidos, se han realizado avances importantes en la gestión. Los municipios de El Piñón, Salamina y Pivijay, realizan la disposición final de sus residuos en el relleno sanitario regional “Ciénaga Grande de Santa Marta” localizado en el municipio de Salamina, entrando en operación en el año 2009 como puesta para la operación regional del servicio integral de aseo; a este relleno espera vincularse próximamente el municipio de Cerro de San Antonio. Puebloviejo realiza la descarga de sus residuos sólidos en el relleno “La María” del municipio de Ciénaga, mientras que Sitionuevo y Remolino continúan con mecanismos de disposición a cielo abierto de manera inadecuada y con impactos sobre los ecosistemas.

Finalmente, en lo que respecta a las coberturas de áreas agrícolas y pecuarias en la Cuenca del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, se observa una baja capacidad de la misma para el abastecimiento de productos básicos de consumo; frente a esta necesidad, los municipios al sur han introducido y expandido zonas de ganadería bovina y bufalina para el abastecimiento de carne con impactos ambientales fuertes en el delicado equilibrio de los suelos de humedal que solían caracterizar esa región. Asimismo, el suelo agrícola se encuentra en crecimiento y se han introducido cultivos de arroz, palma, maíz y cultivos transitorios menores además de los tradicionales cultivos de frutales. En este sentido, el relacionamiento urbano-regional genera dependencia frente al abastecimiento de productos de la canasta básica provenientes de las Centrales de Abastos de Barranquilla -GRANABASTOS- así como la provisión de productos cárnicos desde el sur provenientes principalmente de Pivijay. Se ha identificado que por efecto de cercanías y accesibilidad es más fuerte la dependencia con el Distrito de Barranquilla, con quien se presenta una relación de dependencia funcional de mayor nivel.

# 8. SÍNTESIS AMBIENTAL

Las condiciones que definen la situación de la cuenca están enmarcadas en múltiples factores que se analizan de manera distinta por cada uno de los actores; sin embargo, la consolidación de los factores que permiten el análisis y la síntesis de la cuenca se ve reflejada en la presentación tanto de los problemas y conflictos que desde los aspectos técnicos se han identificado como los que se definen prioritarios por parte de los actores.

En el presente numeral se describen los aspectos más relevantes de la síntesis ambiental para la cuenca Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta. La síntesis ambiental final, se presenta en el Volumen V del presente informe de diagnóstico, con sus respectivas salidas cartográficas.

## *8.1. IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS Y CONFLICTOS*

### 8.1.1. Análisis situacional inicial (Fase de Aprestamiento)

Durante el desarrollo de la fase de aprestamiento, en las mesas zonales, se llevó a cabo el análisis situacional inicial de la cuenca mediante la identificación de las potencialidades, conflictos y problemas a partir de la percepción de los diferentes grupos enfocados de actores a saber: Los que somos de la cuenca, los que gobernamos en la cuenca, los que producimos en la cuenca y los que servimos en la cuenca.

Este ejercicio se llevó a cabo mediante la espacialización en cartografía base de la cuenca. Como producto de este espacio de participación, el equipo profesional obtuvo información complementaria para el diseño de las rutas veredales, y un primer escenario de los factores detonantes de las diversas problemáticas ambientales. La información resultante sistematizada y retomada como insumo para las rutas del diagnóstico y para las mesas de trabajo.

En síntesis la información que sirvió como puntos de partida en cada componente temático fue:

**Tabla 8.1. Síntesis Análisis Situacional Inicial**

| COMPONENTE | SITUACIÓN PROBLÉMICA |
|---|---|
| Geología e Hidrogeología | ❖ Vulnerabilidad potencial de los recursos hidrogeológicos por actividades de extracción mineral, y que puedan servir como fuente de abastecimiento a núcleos humanos |
| Geomorfología | ❖ Susceptibilidad a las inundaciones fluviales y marinas |
| Hidrología | ❖ Desequilibrios en el balance hidrológico que mantiene las condiciones estuarinas por el debilitamiento del ingreso de agua dulce proveniente del Magdalena, ya sea por períodos intensos de estiaje o por modificaciones naturales y/o antrópicas del cauce de los caños y quebradas que componen el sistema hídrico superficial |
| Calidad de agua | ❖ Vulnerabilidad alta por alteración potencial de la calidad del agua debido a la pobre infraestructura de saneamiento básico a nivel de veredas y corregimientos, y al aporte de contaminantes de actividades productivas de mediana y gran escala en sectores agroindustrial, pecuario y minero |

| COMPONENTE | SITUACIÓN PROBLÉMICA |
|---|---|
| Capacidad de uso del suelo | ❖ Susceptibilidad de los suelos al deterioro por denudación, erosión y salinización |
| Flora, Fauna y Biodiversidad | ❖ Deterioro de la biodiversidad por caza indiscriminada de especies animales silvestres, pérdida de especies arbóreas, contaminación de cuerpos de agua, entre otros |
| Cobertura del suelo | ❖ Variaciones marcadas en la cobertura vegetal debido a las alteraciones en la dinámica hidrológica y la presión expansiva de los asentamientos humanos |
| Riesgos | ❖ Amenazas introducidas por eventos de inundación, sequías y erosión costera |
| Aspectos socioculturales | ❖ Incidencia de la deficiente dotación en infraestructura social en los procesos socioculturales de los municipios<br>❖ Alteración de las dinámicas sociales por la presencia de grupos al margen de la Ley y conflicto armado |
| Aspectos económicos | ❖ Empleo de técnicas no apropiadas para el aprovechamiento económico de la oferta de Bienes y Servicios ambientales<br>❖ Conflictos de intereses entre sectores económicos por la alteración en los patrones de consumo de recursos naturales renovables y no renovables |

### 8.1.2. Rutas veredales (Fase de Diagnóstico)

El aporte de los actores que viven y desarrollan actividades en la cuenca, se convierte en una herramienta estratégica para la validación de información, así como para la complementación del trabajo técnico multidisciplinar. Es así como a través del formato de "Diario de Ruta" se sintetizaba por el grupo de actores que lo diligenciaron la información relevante a cada componente en términos de problemas y fortalezas.

La consolidación y análisis de las problemáticas y conflictos ambientales manifestados por los habitantes de la cuenca mediante los diarios de ruta, fue procesado e incorporado a la documentación técnica de cada componente del POMCA. Las principales problemáticas identificadas se describen a continuación:

**Figura 8.1. Síntesis de problemas y fortalezas identificadas en la ruta veredal**

| Ruta Veredal | Principales Problemas | Principales Fortalezas |
|---|---|---|
| Ruta del Agua | ▪ Desviación de caudales para atención de demanda de los sectores productivos.<br>▪ Vías deterioradas por dinámica hidráulica y déficit de obras de manejo de caudales<br>▪ Capacidad de regulación de caudal deficiente en Caños por sedimentación acelerada y disposición inadecuada de residuos sólidos.<br>▪ Sequía de fuentes hídricas por ampliación de periodos de eventos climáticos extremos<br>▪ Desarticulación de los instrumentos de planificación territorial e incompatibilidad de usos.<br>▪ Caza ilegal de flora y fauna<br>▪ Pérdida acelerada de calidad de agua para consumo humano<br>▪ Déficit de infraestructura de saneamiento básico y de tratamiento de agua potable<br>▪ Contaminación hídrica por manejo y disposición inadecuada de aguas servidas y residuos sólidos | Algunas explotaciones de agua subterránea<br>▪ Riqueza ecosistémica<br>▪ Fuentes hídricas abundantes<br>▪ Suministro continuo de recurso hídrico para actividades cotidianas y productivas |

| Ruta Veredal | Principales Problemas | Principales Fortalezas |
|---|---|---|
| | ▪ Mortandad de peces por pérdida de calidad y de capacidad de depuración de los humedales y demás cuerpos de agua<br>▪ Suministro interrumpido de recurso hídrico (Municipios de Remolino y Salamina) | |
| Ruta de la Tierra | ▪ Deforestación masiva y quemas descontroladas para la expansión de la frontera agropecuaria, generando deterioro y erosión acelerada del suelo y sedimentación de cuerpos hídricos.<br>▪ Procesos erosivos acelerados en áreas ribereñas por deforestación<br>▪ Sobreexplotación de suelos<br>▪ Deterioro de vías de comunicación<br>▪ Contaminación de suelos por disposición inadecuada de residuos sólidos y empleo de agroquímicos en los diversos sectores productivos de la cuenca<br>▪ Suelos de difícil manejo para implementación de cultivos.<br>▪ Salinización de suelos por alteración de la dinámica hidráulica en los humedales<br>▪ Ampliación de periodos de sequía<br>▪ Limitación de uso del suelo por problemas de compactación | Presencia de reservorios de agua<br><br>Extensiones amplias de humedal<br><br>Presencia de terrenos fértiles<br><br>Oferta amplia de bienes y servicios ambientales para el sostenimiento (pesca, agricultura y ganadería) |
| Ruta de Gestión del Riesgo | ▪ Capacidad de regulación de caudal deficiente en Caños por sedimentación acelerada y disposición inadecuada de residuos sólidos.<br>▪ Grietas en terreno y algunas estructura (Municipio de Pivijay)<br>▪ Aumento de recurrencia de eventos de incendio forestal de origen antrópico por la expansión de la frontera agropecuaria y natural por aumento de los periodos del fenómeno del niño.<br>▪ Ampliación de periodos de sequía, limitando las producciones y sustento de la población<br>▪ Afectación a los diferentes sectores económicos por eventos naturales<br>▪ Gobernabilidad insuficiente de la autoridad ambiental sobre los márgenes de los cuerpos de agua (humedales)<br>▪ Vías deterioradas por características del terreno y eventos de altas precipitaciones debido al déficit de infraestructuras de regulación hidráulica<br>▪ Aumento de recurrencia de eventos de inundación afectando cultivos e infraestructura de vivienda y comunicación (Municipio de Salamina) | ▪ Diversidad ecosistémica<br>▪ Oferta amplia de bienes y servicios ambientales para el sostenimiento (pesca, agricultura y ganadería)<br>▪ Abundantes fuentes hídricas con riqueza hidrobiológica<br>▪ Áreas con baja probabilidad de ocurrencia de deslizamientos<br>▪ Capacidad operativa para afrontar situaciones de riesgo<br>▪ Articulación de la comunidad<br>▪ La topografía de la cuenca es favorable porque no se presentan procesos de movimientos en masa |
| Ruta sectores productivos | ▪ Sistemas de riego inexistentes en las áreas de vocación productiva de la cuenca<br>▪ Vías deterioradas y de difícil acceso en época de lluvias, por déficit de infraestructura de regulación hidráulica.<br>▪ Transporte y desarrollo de economía local y regional limitado por déficit de infraestructura vial y de abastecimiento<br>▪ Asesoría técnica insuficiente sobre manejo de los suelos, a los pequeños y grandes productores | ▪ Suelos fértiles<br>▪ Mano de obra<br>▪ Acceso a ríos y caños para el sostenimiento de cultivos |

| Ruta Veredal | Principales Problemas | Principales Fortalezas |
|---|---|---|
| | ▪ Baja inversión en tecnificación de actividades agrícolas y pecuarias<br>▪ Empleo de técnicas insostenibles de producción acuícola<br>▪ Mortandad de peces por pérdida de calidad del agua y de capacidad de depuración<br>▪ Déficit de reservorios de agua para el sustento de las economías locales (Municipio de Salamina)<br>▪ Pérdida de capacidad de uso del suelo por baja disponibilidad del recurso hídrico o baja calidad del mismo<br>▪ Disminución de oferta de bienes y servicios ambientales en ecosistemas estratégicos de Ciénaga por invasión ilegal de predios en sus márgenes y contaminación del cuerpo de agua por actividad antrópica<br>▪ Pérdida de quebradas por sequía o contaminación<br>▪ Pérdida de cultura campesina y cultivo de la tierra, generando fenómenos de migración constantes<br>▪ Áreas con limitantes fisicoquímicas del suelo<br>▪ Afectación a cultivos por periodo de inundación<br>▪ Disposición inadecuada de residuos sólidos<br>▪ Pesca ilegal<br>▪ Invasión de ronda de protección de los afluentes hídricos. | |

### 8.1.3. Mesas Zonales (Fase de Diagnóstico)

Consideradas como la base de la estructura de participación a nivel local, los actores convocados al finalizar la fase a las mesas de trabajo de los núcleos territoriales, siguiendo el guion metodológico se realizaron conjuntamente el análisis de problemas y conflictos, partiendo de la información de resultados presentada. En las mesas de trabajo realizada se recibieron los aportes de los diferentes grupos de actores para la definición de áreas críticas y se priorizaron los problemas y conflictos con los aportes de los actores en cada mesa de trabajo.

El ejercicio de retroalimentación evidenció a los actores que asistieron a la primera mesa de trabajo la trazabilidad de la información suministrada de su parte en la construcción de los escenarios actuales de la cuenca en sus diferentes componentes técnicos. Los productos obtenidos de esta mesa de trabajo se convirtieron en el insumo de trabajo para el equipo profesional.

Mediante el diligenciamiento de matrices se realizó una enriquecedora compilación de información, que con el acompañamiento de los profesionales se logró hacer de la manera más detallada posible en el contexto de espacio y tiempo. Se identificaron además aquellos factores dinamizadores de las economías locales de la cuenca y su relación con los impactos por acceso, uso y calidad del capital ambiental de la cuenca.

Una vez depurada y procesada la información, se realizó un análisis de frecuencia con el ánimo de identificar los patrones de priorización realizados por los actores durante las mesas de trabajo, arrojando como resultado lo siguiente:

**Tabla 8.2. Problemas y conflictos priorizados**

| Problemas y Conflictos Priorizados Cuenca CHCGSM (Mesas Zonales de Trabajo, Fase de Diagnóstico) |
|---|
| 1. Sedimentación y contaminación del Caño Schiller |
| 2. Tala y quema de bosques , pastos y manglares |
| 3. Contaminación de los afluentes de la Ciénaga por falta de tratamiento de aguas y vigilancia de parte de la autoridad ambiental |
| 4. Salinización de los suelos en el sector de Humedales de la Cuenca |
| 5. Prácticas sostenidas de quema para aumento de frontera agrícola |
| 6. Caza ilegal de fauna |
| 7. Malas prácticas de pesca que comprometen la sostenibilidad del ecosistema y disminuyen la productividad del sector. |
| 8. Inundaciones de las vías por falta de infraestructura adecuada de tránsito de los ríos y caños |
| 9. Actividades extensivas de cultivo de palma y ganadería sin control de la autoridad ambiental con afectaciones a todos los recursos del ecosistema boscoso y lagunar |
| 10. Ganadería de Búfalos en ecosistemas de Ciénagas |
| 11. Contaminación de los cuerpos de agua por residuos sólidos |
| 12. Contaminación de los cuerpos de agua por prácticas agropecuarias sin acompañamiento, control y vigilancia en el aspecto ambiental. |
| 13. Planificación desarticulada de la cuenca en todos los niveles nacional, regional y local. |
| 14. Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (Psmv) inoperantes o inexistentes en toda la Ciénaga |
| 15. Aumento Criaderos de peces en la ciénaga (Sábalo, Tilapia) , especies invasoras que comprometen el equilibrio ecosistémico y la extinción de especies endémicas |
| 16. Déficit e ineficiencia de infraestructura para el tratamiento y abastecimiento de agua |
| 17. Recurrencia de Inundaciones en los Centro Poblados del Municipio de Pueblo Viejo |

### 8.1.4. Aportes del consejo de cuenca en la priorización de problemas y conflictos

Como parte del proceso de articulación del equipo multidisciplinar con los actores y sus aportes, se realizó el análisis de la información suministrada durante el proceso de visita en campo, espacios de participación. Los resultados que fueron además procesados para representarlos en salidas cartográficas fueron presentados durante la segunda sesión del Consejo de Cuenca llevada a cabo el día 28 de Noviembre de 2016 en el municipio de Sabana de Torres.

Con el listado de problemas priorizados en las mesas de trabajo el cual resultó de un análisis simple de frecuencias, como insumo, se procedió a calificar en un el instrumento denominado Matriz de priorización que como lo cita la guía técnica, busca "*otorgar orden y relevancia, asignando pesos de importancia según criterios como: urgencia, alcance, gravedad, tendencia o evolución, oportunidad, entre otros."* (MADS, 2014). Para el caso de la cuenca objeto de ordenación, se diseñó de la siguiente manera:

**Tabla 8.3. Matriz de priorización de problemas y conflictos**

| GRAVEDAD | | FRECUENCIA | | TENDENCIA | |
|---|---|---|---|---|---|
| Considerando la magnitud de las consecuencias que genera este problema califique su gravedad siendo | | Qué tan recurrente es este problema en los territorios de la cuenca. Califique según su frecuencia | | El problema analizado en los últimos tiempos | |
| **Valor** | **Descripción** | **Valor** | **Descripción** | **Valor** | **Descripción** |
| 4 | El más grave | 4 | Es el más recurrente | 4 | Crece aceleradamente |
| 3 | Grave | 3 | Recurrente | 3 | Crece de manera sostenible |
| 2 | No tan grave | 2 | Esporádico | 2 | Se ha mantenido como siempre |
| 1 | El menos grave | 1 | muy poco frecuente | 1 | Ha venido disminuyendo |

Por medio de esta matriz se tiene por objeto la identificación y priorización de los principales problemas y conflictos que afectan la disponibilidad y calidad de los recursos naturales renovables en la cuenca (causas, efectos y soluciones) (MADS, 2014).

A continuación se presentan la matriz de priorización propuesta desde los aspectos técnicos para el desarrollo de los talleres con la comunidad y el consejo de cuenca, la cual se constituye en la base para la evaluación posterior por parte de los habitantes y actores en el cabildo

**Tabla 8.4. matriz de priorización propuesta desde los aspectos técnicos**

| TEMA | PRINCIPALES PROBLEMAS | CALCULOS | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Gravedad** | **Tendencia** | **Frecuencia** | **Resultado** |
| **GEOMORFOLOGÍA** | Zona definida naturalmente para contener los procesos periódicos de inundaciones y desbordamientos, los cuales debido a la ocupación y las actividades antrópicas generan las problemáticas de riesgo conocidas | 2 | 2 | 2 | 2,0 |
| | Las tierras presentan una natural susceptibilidad al encharcamiento, lo cual condiciona su actividad productiva | 2 | 2 | 2 | 2,0 |
| | La erosión costera condiciona la estabilidad del complejo lagunar, máxime cuando se han degradado los sistemas de mangle que limitaban su intensidad | 2 | 2 | 2 | 2,0 |
| **FAUNA** | Las condiciones de pérdida de vegetación y fauna asociada a los cuerpos de agua cenagosos. Usos agropecuarios tradicionales que generan pérdidas de vegetación natural Sistemas productivos de monocultivo (palma, pastos) que impiden el paso y conexión de especies en la cuenca | 4 | 4 | 4 | 4,0 |
| **FLORA** | Degradación de la calidad de las aguas reduce diversidad íctea en la cuenca La pérdida de la vegetación es notoria más aun en las | | | | |

| TEMA | PRINCIPALES PROBLEMAS | CALCULOS | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Gravedad | Tendencia | Frecuencia | Resultado |
| | amplias áreas degradadas por sales en los suelos de la cuenca | | | | |
| **COBERTURA Y USO DEL SUELO** | Severas áreas afectadas con conflictos de uso por sobreutilización, así mismo también se presentan amplias áreas afectadas por procesos de salinización.<br><br>Esto redunda en una degradación de los servicios de control hídrico que presta el suelo, especialmente por los procesos de compactación y erosión laminar.<br><br>También es muy relevante entre las problemáticas de la cuenca la modificación total del holobioma seco del caribe en la cuenca, el cual se encontraba ubicado en la parte sur de la cuenca, en las áreas que hoy ocupan sistemas ganaderos extensivos en el municipio de Pivijay<br>Finalmente el entendimiento del recurso suelo en la cuenca como el estabilizador de las condiciones naturales de inundación y drenaje, permite entender la necesidad de conservación de este recurso | 4 | 4 | 4 | 4,0 |
| **CLIMA E HIDROLOGÍA** | nula infraestructura de seguimiento y monitoreo de información climática en la cuenca | 2 | 2 | 3 | 2,3 |
| **CALIDAD DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO** | Las condiciones dispersas de los centros poblados de la Cuenca, junto con las relativas condiciones de aislamiento a la que están sometidos -por conflictos civiles y/o la escasez de infraestructura vial hacia el interior de los humedales- hace que las excretas de estas concentraciones humanas sean vertidas en su mayoría a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. Adicionalmente la intrusión del agua proveniente del mar Caribe eleva los niveles de salinidad hasta áreas incluso más allá del complejo estuarino, limitando la viabilidad del uso del recurso para el aprovechamiento humano. Lo anterior se agrava con el desarrollo de actividades agropecuarias a pequeña escala que elevan la carga de nutrientes a los cuerpos lénticos del sistema. Por estos motivos, la calidad del agua superficial en casi toda la Cuenca es regular con tendencia a mala. | 4 | 4 | 4 | 4,0 |

| TEMA | PRINCIPALES PROBLEMAS | CALCULOS | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Gravedad | Tendencia | Frecuencia | Resultado |
| **ECONÓMICO** | La Cuenca presenta serias limitaciones por la polarización de las actividades productivas. La comunidad de menos recursos dependen esencialmente de la pesca, la cual se localiza esencialmente en el sector oriental de la cuenca o de la agricultura a pequeña escala que se desarrolla en el sector occidental, específicamente en las áreas circundantes a la ribera del río Magdalena. Esto contrasta con los intereses de los hacendados ganaderos y las empresas productoras bananeras y palmeras, las cuales vienen generando conflictos por el uso del suelo, especialmente ligados a las zonas depresionales de la cuenca que son las que constituyen en sí mismo el complejo de humedales.<br><br>Específicamente las actividades económicas se vienen reduciendo para la población más vulnerable y campesina, pues estas dependen de los periodos estacionales de inundación que constituyen el sustento de pescadores, y agricultores estacionales.<br><br>También son muy relevantes en los aspectos económicos, las dinámicas que se vienen presentando en torno a los proyectos de infraestructura<br><br>Es relevante en el análisis económico histórico, entender el desarrollo de Pivijay en la cuenca, pues este municipio se define como el más próspero y pujante, sin embargo esta condición histórica estuvo atada al fuerte desarrollo agropecuario que hoy en día tiene serias restricciones debido a la degradación de los suelos, especialmente aquellos sometidos a la ganadería extensiva y a la agricultura semestral. | 4 | 4 | 4 | 4,0 |
| **FUNCIONAL** | En los temas funcionales, que son para este caso, la síntesis que integra gran parte de la problemática de la cuenca, pues el inadecuado entendimiento del entorno y espacio biogeográfico de la misma se presenta como la principal causa de la perdida de sostenibilidad ecosistémica.<br><br>En este sentido el principal problema se ha generado debido a la infraestructura desarrollada en la cuenca, pues está a través de los proyectos viales a definido de manera importante la severidad de los problemas relacionados con la salinidad del cuerpo de agua de la ciénaga, así como de los suelos que conforman todo el complejo de humedales. Lo cual con la construcción de la denominada vía de la prosperidad se ha maximizado, | 4 | 4 | 4 | 4,0 |

| TEMA | PRINCIPALES PROBLEMAS | CALCULOS | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Gravedad | Tendencia | Frecuencia | Resultado |
| | pues se ha impedido el constante flujo de agua dulce desde el río Magdalena hacia la ciénaga.<br><br>Esto enmarca que el uso inadecuado de las tierras, específicamente los asociados a la falta de entendimiento de la dinámica ambiental y consecuentemente la forma en la que las actividades productivas se han desarrollado en este ecosistema es la causa fundamental de todas las problemáticas asociadas, pues hoy a la luz de la distancia y las evidencias alcanzadas, resulta claro que los usos tradicionales del suelo, así como las practicas asociadas a la desecación de los cuerpos de agua que han sido normales en el país, han afectado severamente la cuenca y consecuentemente su funcionalidad<br><br>Actualmente aun cuando se realizan proyectos de inversión para el mejoramiento de la infraestructura económica y social, estos no se gestan y desarrollan, de manera que reflejen las necesidades del territorio y no solo de los habitantes como actores transformadores del mismo. | | | | |

La discusión y consenso de los consejeros sobre aquellas problemáticas ambientales de mayor relevancia y urgencia de gestión de parte de las entidades gubernamentales, se ha visto evidenciada y discutida de manera mancomunada mediante la calificación matricial de las mismas. Los complejos escenarios económicos, políticos, sociales y naturales a lo largo de décadas, son tan solo algunos de los factores aceleradores del detrimento de la cuenca asociados a su vez a la carencia de enfoque sistémico y armonización de todos aquellos procesos de ordenación en el territorio.

El ecosistema estratégico de la CGSM y el recurso hídrico en sí; se han convertido en factores impulsores del desarrollo territorial, y a su vez, en el origen de múltiples problemáticas y conflictos ambientales, que comprometen la sostenibilidad ambiental y calidad de vida de los habitantes. La Ciénaga Grande de Santa Marta y su rica biodiversidad, han sido objeto de las diversas políticas de desarrollo de las administraciones de turno, la desarticulación interinstitucional y las visiones sectoriales sesgadas en torno a su uso y aprovechamiento de los recursos que allí se ofertan.

## *8.2. DTERMINACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS*

### 8.2.1. Áreas críticas en las rutas veredales

Los aportes realizados por los actores, en los recorridos realizados durante las rutas veredales ejecutadas, a la identificación de áreas críticas se evidencian en el diligenciamiento del diario de ruta instrumento dentro del cual el o los acompañantes que lo diligenciaran podrían consignar sus aportes al respecto. Mediante este formato se integró el conocimiento de la población sobre la

localización de eventos, a la caracterización de campo realizada por el equipo profesional en todos los componentes técnicos, para ser posteriormente procesada y representada en salidas cartográficas.

**Tabla 8.5. identificación de áreas críticas**

| Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta | | |
|---|---|---|
| **RUTA** | **LUGAR** | **DESCRIPCION DEL AREA** |
| Ruta de la tierra | Anillo caño Tambor (Sitio Nuevo) | En esta ocasión la comunidad informa sobre la falta de árboles que genera erosión |
| | Caño Aguas negras, Caño salado (Sitio Nuevo) | La comunidad procura no cortar árboles, son conscientes de las problemáticas ambientales de su región |
| | Vereda lo rieles (sitio Nuevo) | Informan sobre la salinidad del suelo en su vereda y les preocupa la tala de árboles |
| Ruta del Agua | Quebrada La lisa y el río Piedra (San Isidro) | La comunidad informa que hay contaminación por vertimiento de desechos en el río piedra |
| | Caño El salado (Salamina) | Se informa que en el caño el Salado está seco y hay desplazamiento de los Caños |
| | Caño Salado (Sitio nuevo) | La comunidad alerta sobre la sequía del caño y el desplazamiento de los caños |
| | Corregimiento Santa Rita (Remolino) | La comunidad Requiere limpieza del caño por su mal estado y quitar los terraplenes que obstruyen el agua del caño |
| | Caño de Condazo (remolino) | Solicitan una limpieza del caño y quitar los terraplenes que obstaculizan el caño |
| | Caño Primo (Pivijay) | La comunidad informa resequedad del caño y falta de planta de tratamiento de agua |
| | Orilla del caño en la parte este del corregimiento de Media Luna (Pivijay) | La comunidad requiere una implementación de plan de emergencia y contingencia |
| | Caño el Oso (el Piñon) | Se informa que el agua no es de buena calidad, por otro lado hay sequía y por último la falta de canalización de los caños |
| | Bocatoma en el caño sulepe y el acueducto la Loma (salamina) | En esta ocasión se informó que la ciénaga la Iguana está abandonada y se necesita limpieza, también la comunidad denuncia que los Palmicultores captan el agua y afectan a la comunidad |
| | Acueducto Guaimaro | La comunidad resalta la infraestructura pero la calidad del agua no es buena y la intermitencia del servicio los afecta |
| | Bocatoma y estación de tratamiento-corregimiento de Media Luna | Se informa que hay una planta de tratamiento abandonado y se queja por la intermitencia del servicio de acueducto |
| | Pozo nuevo, ciénaga y tanque elevado acueducto (el piñón) | En esta ocasión la comunidad informa que hay contaminación de cuenca hidrográficas, por otro lado denuncian la deficiencia en la red de acueducto |
| Ruta de la vida | Orilla del caño en la parte este del corregimiento de Media Luna | La comunidad informa la falta de conservación de Fauna y Flora que genera un desequilibrio ecológico |
| | El coco, Villa mosquito | La comunidad denuncia casería de animales en la zona entre entré ellos los caimanes y las tortugas |
| Ruta Gestión del Riesgo | Cabecera Municipal Media Luna (Pivijay) | Se informa que hay caza indiscriminada de diferentes especies en zona aledañas |
| | Santa Rita (remolino) | Se informa que los Carreteables están en mal estado |
| | Cabecera Municipal Media Luna (Pivijay) | La comunidad denuncia una mala disposición de residuos sólidos y líquidos. Por otro lado informan que ha habido quema e incendios forestales |

| Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta | | |
|---|---|---|
| **RUTA** | **LUGAR** | **DESCRIPCION DEL AREA** |
| | San Basilio (el Piñón) | En esta ocasión la comunidad alerta sobre el mal estado de la vía, así como la erosión del terreno les afecta |
| | Guaimaro (Salamina) | Se informa que los Carreteables están en mal estado, también les preocupa la erosión |
| | Vereda Dividivi | La comunidad informa que los Carreteables están en mal estado |
| Ruta Sectores Productivos | Sector el Carmen (el piñón) | La comunidad informa la falta de sistema de riego y afectación por la mala ruta de acceso a los terrenos |

### 8.2.2. Áreas críticas en las mesas zonales de trabajo

Se definieron las áreas críticas a partir de la confluencia de la presencia de problemáticas de varios componentes en la misma área así:

- *Áreas muy críticas* donde confluyen problemáticas de 4 o más componentes temáticos.
- *Áreas altamente críticas* donde confluyen problemáticas de al menos 3 componentes temáticos.
- *Áreas medianamente críticas* donde confluyen problemáticas de al menos 2 componentes temáticos.
- *Áreas poco críticas* donde existen problemáticas de un único componente.
- *Áreas no críticas* sin problemáticas identificadas de ningún componente.

**Figura 8.2. Mapa de áreas críticas con aporte de actores de la cuenca**

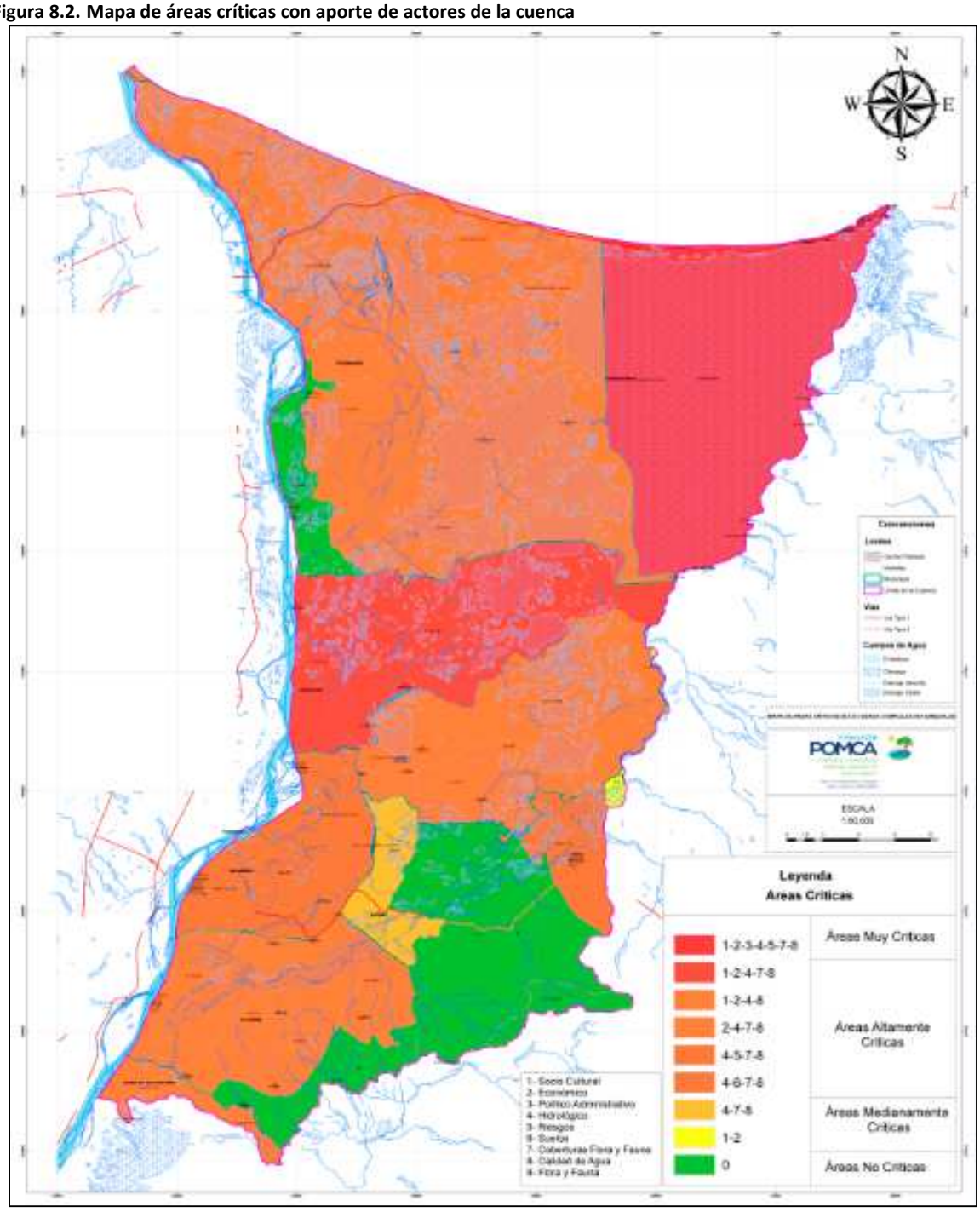
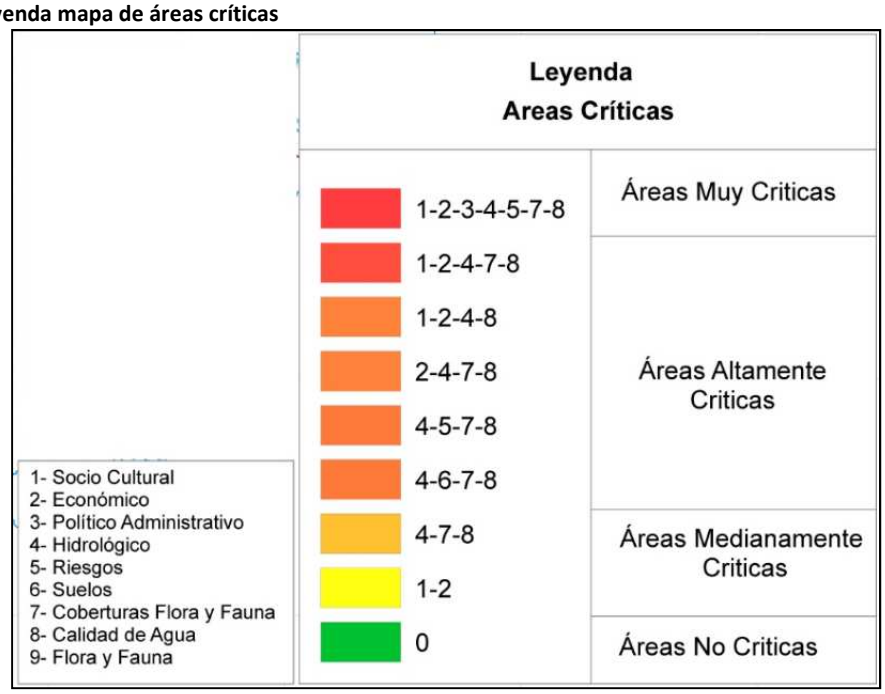


**Figura 8.3. Leyenda mapa de áreas críticas**




La leyenda del mapa de áreas críticas refleja cuatro categorías que recogen los grupos de problemáticas ambientales en aspectos económicos, político, social y biofísico de la cuenca a saber: *áreas muy críticas* que poseen siete problemáticas, *área altamente crítica* con cuatro a cinco problemáticas y *áreas medianamente críticas* y *no críticas* con cero a tres problemáticas manifestadas por la población. Los componentes bajo los cuales se realizó el análisis, establecimiento de rangos y proceso de cartografía abarcaron desde el ámbito sociocultural, económico, político y los diferentes componentes temáticos propios del análisis del POMCA.

A continuación se analizan aquellas áreas señaladas por la población y los miembros del consejo de cuenca, que comprometen por su estado, la calidad y disponibilidad de los recursos naturales de la cuenca, así como la relación ineludible con la calidad de vida de los habitantes en ella.

Aproximadamente el 30% de la cuenca está clasificada en área altamente crítica y un 15% de ella en área muy crítica siendo el sector de Pueblo Viejo y parte de Sitio nuevo lo más perjudicados pro problemáticas relacionadas con calidad de agua, pérdida de áreas estratégicas, conflictos territoriales entre otros.

Sin embargo es importante traer a colación, que la espacialización de esta perspectiva puede verse supedita a múltiples factores de representatividad espacial, intereses bajo los cuales fueron priorizados las problemáticas entre otros.

De acuerdo al mapa de áreas críticas construido por el equipo profesional con los aportes de la población, se presentan a los municipios de Remolino, Sitio Nuevo y Pueblo Viejo, como aquellos

con mayor nivel de criticidad en la cuenca. Ello debido al amplio número de problemáticas y conflictos de todos los sectores de la cuenca, manifestados por los actores que residen y viven los impactos ocasionados a los recursos por los diversos escenarios de desarrollo y pérdida acelerada de los ecosistemas estratégicos de los cuales dependen

A continuación se describirá las principales problemáticas ambientales que otorgan el mayor nivel de criticidad a las zonas identificadas:

Tabla 8.1. **Descripción de detonantes, categoría áreas muy críticas de la cuenca.**

| Área Crítica | Localización | Descripción |
|---|---|---|
| **Muy Crítica** | Municipio de Pueblo Viejo (Centros Poblados de Palmira, Tasajera y Pueblos Palafíticos – Buenavista-Nueva Venecia etc) | ▪ Contaminación de humedales (Ciénagas) por infraestructura de saneamiento básico insuficiente en los centros poblados aledaños a las ciénagas. (Palmira, Tasajera y Pueblos Palafíticos) |
| | Aguas Negras, sector hacia Pajaral (Municipio de Pueblo Viejo) | ▪ Homogenización del paisaje en áreas de humedal, por procesos acelerados de potrerizacion para la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria |
| | Áreas de descarga en complejo de humedales de los ríos Fundación , Aracataca, Sevilla y Río Frío | ▪ Desviación de caudal de los ríos que alimentan el complejo cenagoso y alta carga sedimentaria por vertimientos en la parte alta de la cuenca |
| | Alrededor de los centros poblados dese casco urbano de Pueblo Viejo hasta corregimiento de Tasajera (Municipio de Pueblo Viejo) | ▪ Ordenamiento del recurso pesquero ineficiente, por Introducción de especies ictícolas invasoras (Sábalo y Tilapia) de los cuerpos de agua. Generan pérdida de biodiversidad hidrobiológica y alteraciones a la cadena trófica como a sus funciones de regulación del ecosistema. |
| | Caño Remolino, Caño Salao, Caño Viejo, Caño Clarín (Municipio de Remolino) | ▪ Caños sedimentados por alta carga proveniente de los afluentes que alimentan lis humedales y la disposición inadecuada de residuos sólidos por ausencia de cultura ambiental en los habitantes de la zona.<br>▪ Se atribuye además, aumento de la magnitud de inundaciones por pérdida de regulación hidráulica de los caños asociado a su alto nivel de sedimentación |
| | Ciénaga de Rua y Caño Valle (Municipio de Remolino) | ▪ Deforestación acelerada de vegetación riparia para concentración ilegal de predios con destino de actividad agropecuaria |
| | Corregimientos de Palermo y Guaímaro (Municipio de Remolino y Sitio Nuevo) | ▪ Vías deterioradas por falta de mantenimiento e infraestructura de regulación hídrica. |
| | Centros Poblados de Palermo (Municipio de Sitio Nuevo) | ▪ Oferta escaza de alimentos y actividades productivas por conflicto de intereses , detrimento de recursos naturales y otros factores que generan la pérdida de calidad de vida de los habitantes |
| | Área rural de Municipios de Sitio Nuevo y Remolino | ▪ Acceso limitado al recurso hídrico para sostenimiento de habitantes y sus actividades.<br>▪ Calidad insuficiente de agua conducida para hogares |

Este resultado contrastado con el cartografiado a partir del trabajo técnico del equipo multidisciplinar, puede distar o presentar incompatibilidades de valoración en algunas de las zonas de la cuenca. Algunas de las razones por las cuales puede presentarse este escenario y que se han identificado durante los diferentes espacios de participación son:

- Sectorización de problemáticas a nivel local
- Ausencia de percepción de la cuenca como unidad territorial
- Los actores dan mayor peso a las áreas que conocen y habitan constantemente
- Brindan mayor prioridad a las problemáticas que afectan el desarrollo de sus actividades cotidianas
- Pueden presentarse áreas de menor nivel crítico debido a la inasistencia de los habitantes de las zonas categorizadas de bajo nivel crítico, durante el ejercicio de identificación de las áreas en las mesas de trabajo o rutas veredales.

### 8.2.3. Áreas críticas desde los aspectos técnicos

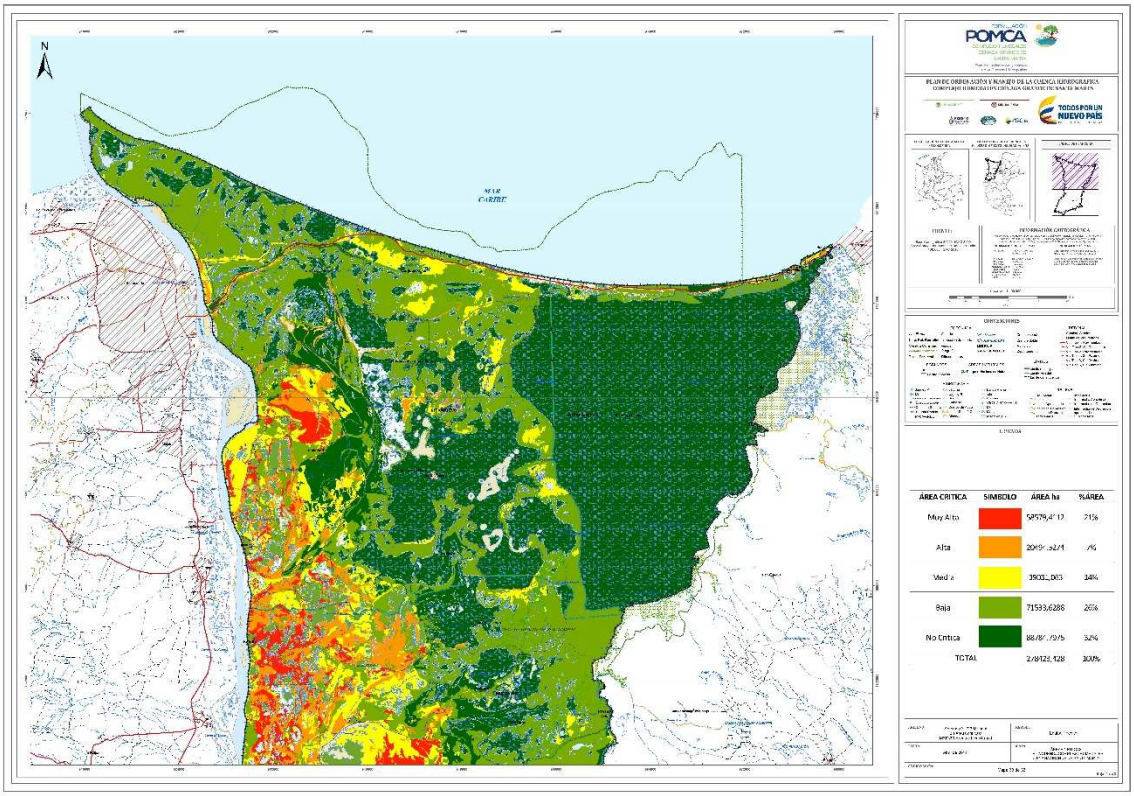
El establecimiento de las condiciones de la cuenca y la evidencia cartográfica de la misma mediante la determinación de las áreas críticas constituye uno de los últimos elementos del diagnóstico, con lo cual se logra evidenciar mediante una mirada holística de las problemáticas.

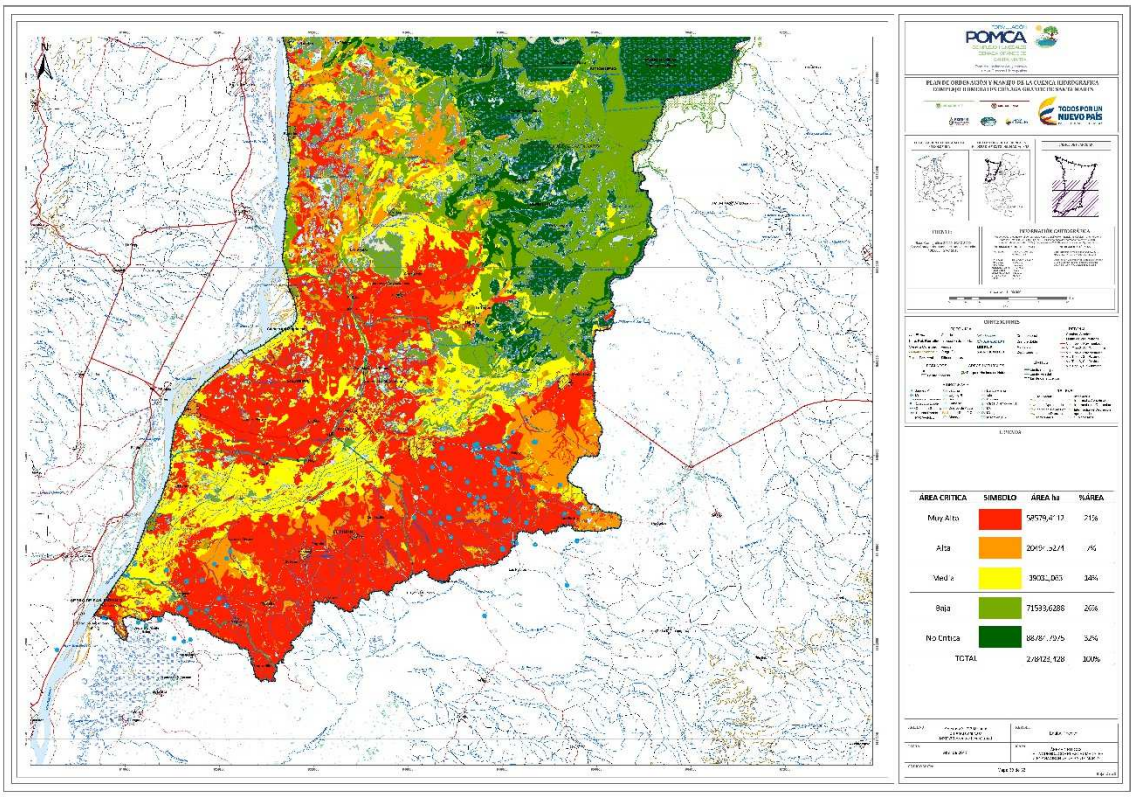
El área crítica de acuerdo con la guía técnica corresponde a situaciones en las cuales existen alteraciones, significativa, graves, conflictivas que podrían plantear una urgencia para atender y que disminuyen condiciones para el desarrollo social, económico y ambiental de la cuenca teniendo en cuenta las siguientes capas:

- Áreas deforestadas por quema y/o erosión y áreas en proceso de desertificación
- Áreas con sobreutilización del suelo
- Laderas con procesos erosivos moderados y severos
- Zonas de amenaza alta
- Áreas de asentamientos humanos en zonas de amenaza
- Deficiente cantidad de agua para los diferentes tipos de uso
- Áreas donde se superponen por lo menos dos tipos de conflictos

En la figura 3.6 se muestran las áreas críticas determinadas por los aspectos técnicos

**Figura 8.4. Áreas críticas en la cuenca determinadas desde los aspectos técnicos**

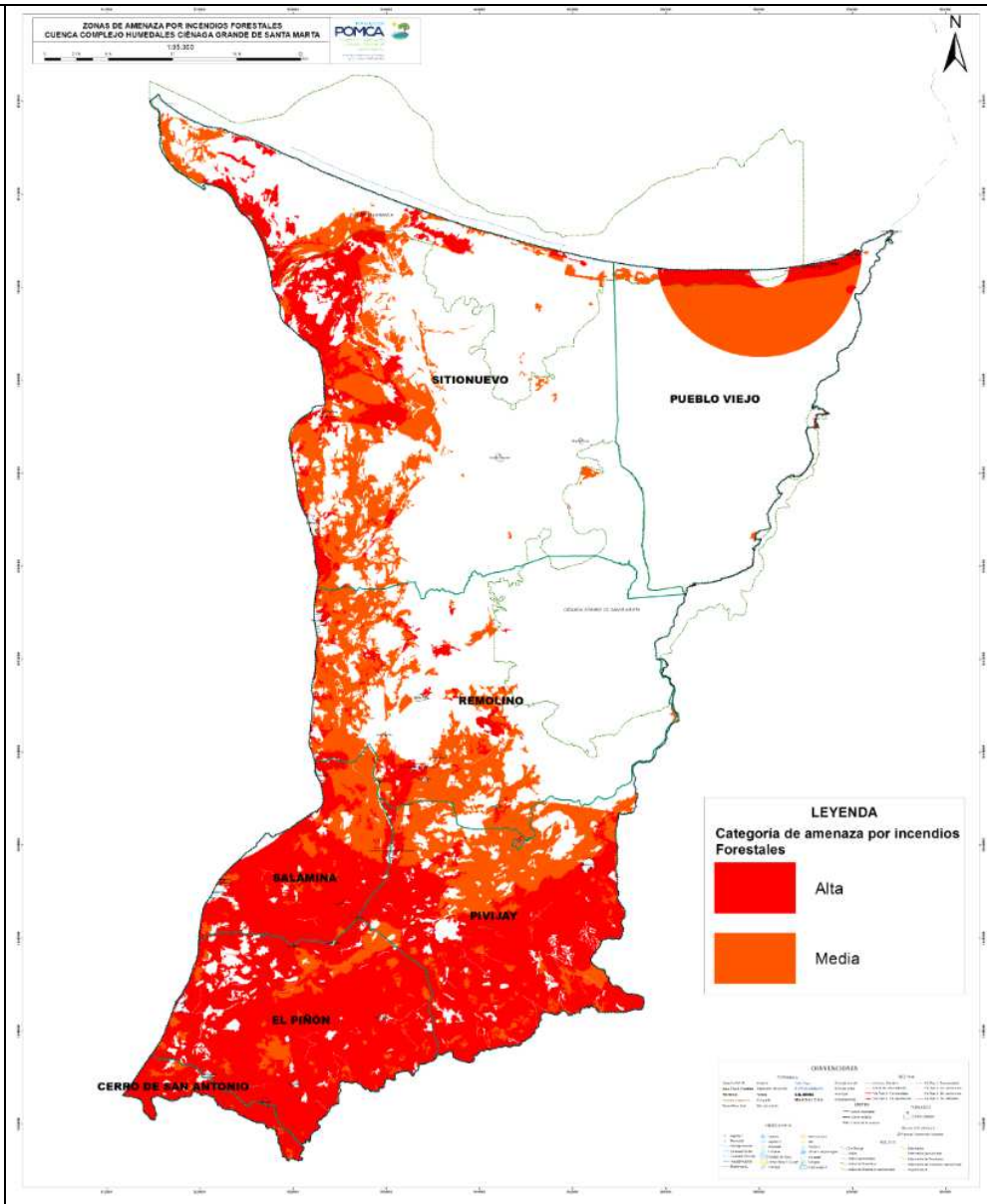




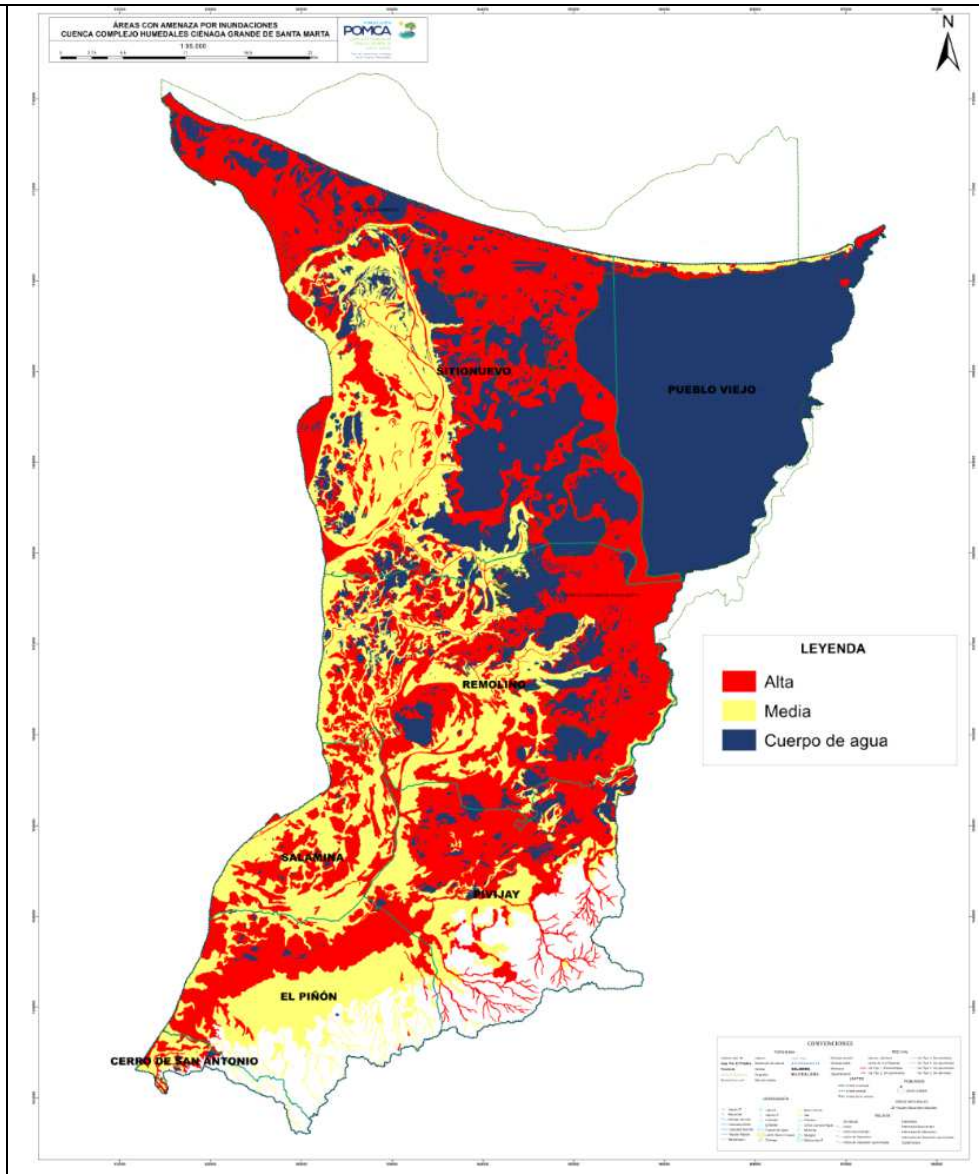

Como se evidencia del análisis anterior las condiciones determinadas desde los aspectos técnicos frente a las percibidas por la comunidad en general y por el consejo de cuenca, difieren en su magnitud, sin embargo es necesario precisar que en muchos de los sectores dichas condiciones son iguales y cuentan con elementos comunes como la degradación de los ecosistemas y en general los procesos de erosión y perdida de la productividad en general de la cuenca.

## *8.3. LÍNEA BASE DE INDICADORES*

| **TEMATICA: AMENAZAS** | |
|---|---|
| | |
| **ELEMENTO** | **DESCRIPCIÓN** |
| Nombre y Sigla | **PORCENTAJES DE ZONAS DE AMENAZA (ALTA Y MEDIA) POR INCENDIOS FORESTALES.** |
| Objetivo | Evaluar el grado de incidencia de amenaza alta y media en la cuenca hidrográfica por incendios forestales. |
| Definición | Define la probabilidad de ocurrencia de eventos de incendios forestales en la cuenca. |
| Fórmula | PHβ = (PPi /Pu) * 100 |
| Variables y Unidades | PHβ = Porcentaje de área en zona de amenaza (i) por tipo de amenaza<br>PP i = Área en zona de amenaza (i)<br>Pu = Área de la cuenca<br>i = Nivel de amenaza (Alta y Media) |
| Insumos | Mapas de amenaza por incendios forestales. |
| Resultados | El mapa de zonificación de amenaza por incendios de la cobertura vegetal para la cuenca hidrográfica del Complejo de Humedales de la Ciénaga Grande de Santa Marta, revela que el 26,63% del territorio presenta categoría de amenaza alta por incendios forestales y el 18,66% exhibe una categoría media.<br><br>**Categoría de Amenaza** \| **Área (ha)** \| **%A**<br>Alta \| 74.144,16 \| 26,63<br>Media \| 51.953,81 \| 18,66<br><br>Las áreas con categoría de amenaza alta, se localiza en tres sectores: a) los municipios de Salamina, El Piñón y Pivijay, b) costado Nororiental del municipio de Sitio Nuevo, en cercanías al parque vía Isla Salamanca y c) En un tramo desde el casco urbano del municipio de Pueblo Viejo hasta el centro poblado de Tasajera.<br><br>Por su parte, las áreas con categoría de amenaza media, se distribuyen en dos sectores: a) una franja discontinua paralela al río Magdalena en jurisdicción de los municipios de Sitio Nuevo, Remolino, Salamina y Pivijay; b) En un tramo desde el casco urbano del municipio de Pueblo Viejo hasta el centro poblado de Tasajera, excluyendo las áreas categorizadas como altas. |


ZONAS DE AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES
CUENCA COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA
POMCA
N
SITIONUEVO
PUEBLO VIEJO
REMOLINO
SALAMINA
PIVIJAY
EL PIÑON
CERRO DE SAN ANTONIO
LEYENDA
Categoría de amenaza por incendios Forestales
Alta
Media

| **TEMATICA: AMENAZAS** | |
|---|---|
| | |
| **ELEMENTO** | **DESCRIPCIÓN** |
| Nombre y Sigla | **PORCENTAJES DE ZONAS DE AMENAZA (ALTA Y MEDIA) POR INUNDACIONES** |
| Objetivo | Evaluar el grado de incidencia de amenaza alta y media en la cuenca hidrográfica por inundaciones |
| Definición | Define la probabilidad de ocurrencia de eventos de inundaciones en la cuenca. |
| Fórmula | PHβ = (PPi /Pu) * 100 |
| Variables y Unidades | PHβ = Porcentaje de área en zona de amenaza (i) por tipo de amenaza<br>PP i = Área en zona de amenaza (i)<br>Pu = Área de la cuenca<br>i = Nivel de amenaza (Alta y Media) |
| Insumos | Mapas de amenaza por inundaciones |
| Resultados | ***Amenaza Alta por inundaciones***<br>Corresponde a las superficies próximas a los cauces, con diferencias altitudinales menores a 50 m, y pendiente topográfica plana a suavemente inclinada (< 5°); se caracteriza por tener niveles de 0,333m y velocidades de flujo de hasta 14m/s. La categoría representa el 37,03% de área total en ordenación y se presenta en todos los municipios con jurisdicción en la cuenca<br><br>***Amenaza Media por inundaciones***<br>Zona comprendida entre las manchas de inundación de los periodos de retornos de 15 a 100 años, con diferencias altitudinales menores a 50 m, y pendiente topográfica plana a suavemente inclinada (< 5°); se caracteriza por tener niveles de 0,477m y velocidades de flujo de hasta 17m/s. La categoría representa el 24,30% de área total de la cuenca, y se encuentra distribuida en toda la cuenca, en los municipios Remolino, El Piñón, Salamina y Pivijay |


ÁREAS CON AMENAZA POR INUNDACIONES
CUENCA COMPLEJO HUMEDALES CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA
N
SITIONUEVO
PUEBLO VIEJO
REMOLINO
SALAMINA
PIVIJAY
EL PIÑON
CERRO DE SAN ANTONIO
LEYENDA
Alta
Media
Cuerpo de agua

## BIBLIOGRAFÍA

Cadena M., Amenazas costeras, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, Bogotá, mayo 2010.

Carvajal, J.H. (2011). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá, 71 p.

Castro, J. A. 2007. Deslizamientos y Avenidas Torrenciales. En: Cosmos, Año 10, No. 41, agosto 2007.

Congreso de la república de Colombia. Ley 1523 de 24 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Consorcio 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

Correa, A. 1988. Análisis geomorfológico del evento de la quebrada La Hueso el 20 de octubre de 1984 y su significado para planificadores de obra en el Valle de Aburrá. En: Memorias 2da Conferencia sobre riesgos geológicos en el Valle de Aburra. Medellín.

Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas POMCAS. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá. 2014.

Guzmán W., Posada B., Guzmán G., Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia – PNIEC. Invemar, Santa Marta. 2009.

Hernández, R., Caracterización de la sequía meteorológica en los climas árido, semiárido y subhúmedo seco en los llanos centro orientales de Venezuela, para el manejo de los recursos hídricos, Caracas 2008.

IDEAM, Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000 Bogotá, D. C., 2011. 109 pág.

IDEAM (1996). La sequía en Colombia. Documento técnico de respaldo a la información de la página web del IDEAM. Diciembre de 1996

INGEOMINAS, 1996. Inventario Nacional de Desastres Naturales. INGEOMINAS, Medellín, Informe Interno 1920 - 1996.

INGEOMINAS, Universidad Nacional De Colombia, Mapa Nacional de Amenaza Sísmica. Periodo de retorno 475 años, escala 1: 1.500.000, 2010.
Mayorga, R., La sequía en Colombia, documento técnico de respaldo a la información en la página web del IDEAM. Diciembre, 2006.

Metodologías de análisis de Riesgo. Resolución 004/09 del FOPAE. Alcaldía Mayor de Bogotá. 2014.

Metodologías de análisis de Riesgo. Resolución 004/09 del FOPAE. Alcaldía Mayor de Bogotá. 2014

Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Ministerio De Hacienda, Fondo De Adaptación. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá D.C., 2014

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Plan de Acción Nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia (PAN). Bogotá, 2004.

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente – MAPAMA- ( s.f.). Gestión de la Sequía Hidrológica. ¿Qué es la sequía? Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia/default.aspx

OSSO – La Red, 2003. Guía metodológica de DesInventar. Sistema de Inventario de Desastres.

Posada B., Henao W. Diagnóstico de la Erosión en la zona costera del Caribe Colombiano. Invemar. Santa marta, Colombia 2007.

Programa de Acción Nacional contra la desertificación (1995). Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/lucha-contra-la-desertificacion/lch_pand.aspx

Rangel N., Contribución Antropogénica a los cambios geomorfológicos y evolución reciente de la costa Caribe Colombina. Revista Gestión y Ambiente Vol. 12- No.2. Medellín, mayo a agosto de 2009.

Rendón, G. 1997. La Hidráulica Torrencial. En: DYNA, vol. 22.

Reyes, H. Montenegro, B. Et al. Tectonoestratigrafía y Evolución geológica del Valle Inferior del Magdalena. Boletín de geología, Vol. 26, No. 42, Ene-jun de 2004. Revistas-UIS

Urrea, H. y Vásquez, G. 1996. Caracterización, cartografía y estrategias de manejo de las cuencas hidrográficas torrenciales del municipio de Guatapé. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

# ANEXOS

| | |
|---|---|
| ANEXO 1. | Encuesta comunidades. |
| ANEXO 2. | Formato ruta veredal. |
| ANEXO 3. | Registro fotográfico. |
| ANEXO 4 | Catálogo eventos amenazantes. |
| ANEXO 5. | Localización preliminar eventos históricos. |
| ANEXO 6. | Susceptibilidad Movimientos en masa |
| ANEXO 7. | Susceptibilidad Inundaciones. |
| ANEXO 8. | Susceptibilidad Incendios forestales. |
| ANEXO 9. | Susceptibilidad Avenidas torrenciales |
| ANEXO 10 | Amenaza Movimientos en Masa |
| ANEXO 11 | Amenaza Inundaciones |
| ANEXO 12. | Amenaza Incendios forestales. |
| ANEXO 13 | Amenaza Avenidas Torrenciales |
| ANEXO 14. | Memoria calculo amenaza sequía. |
| ANEXO 15. | Erosión Costera. |
| ANEXO 16. | Panel Gestión del Riesgo. |
| ANEXO 17. | Análisis Vulnerabilidad. |
| ANEXO 18. | Análisis Riesgos |