FORMULACIÓN

# POMCA

Ríos Chiriaimo y Manaure

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica

**Contiene**

# FASE DE DIAGNÓSTICO PARA LA FORMULACIÓN DEL POMCA.

## CAPITULO A
## CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

### SUBCAPÍTULO A-6
### GESTIÓN DEL RIESGO EN LA FASE DE DIAGNÓSTICO

**Versión Preliminar**

UNION TEMPORAL
POMCA 2019

**Valledupar, agosto de 2019**

# COMISIÓN CONJUNTA RESOLUCIÓN NO. 0086 DE FECHA 22 DE FEBRERO DE 2019

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**RICARDO LOZANO PICÓN**
**MINISTRO DE AMBIENTE.**

| | |
|---|---|
| **Óscar Tosse Luna** | **Coordinador grupo ordenación de cuencas Ministerio.** |
| **Raimundo Tamayo Medina** | **Contratista Misterio de Ambiente.** |

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR- CORPOCESAR**

**JULIO SUAREZ LUNA**
**DIRECTOR CORPOCESAR**

| | |
|---|---|
| **Libardo Lascarro Ditta** | **Secretario de la Comisión Conjunta.** |
| **Vivian Emilia Arbesu Murgas** | **Profesional de Apoyo Subdirector Área Gestión Ambiental** |
| **Tima Cecilia Martínez Monrroy** | **Profesional Universitaria.** |
| **Jorge Gutierrez Molina** | **Profesional de Apoyo** |
| **Luis Guillermo Carey Mosquera** | **Profesional de Apoyo** |

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA – CORPOGUAJIRA**

**LUIS MANUEL MEDINA TORO**
**DIRECTOR CORPOGUAJIRA**

| | |
|---|---|
| **YOVANY DELGADO MORENO** | **Coordinador Grupo Ordenamiento Ambiental – CORPOGUAJIRA** |

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN ..... 15

A. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA ..... 18

6. GESTIÓN DEL RIESGO ..... 18

6.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS PROBABLES EN LA CUENCA ..... 19

6.1.1. Inventario de eventos históricos de la cuenca ..... 19

6.1.2. Análisis de los ejercicios, estudios, instrumentos de planificación, entre otros documentos, que analizan o zonifican los tipos y niveles de amenazas en el territorio de la cuenca ..... 25

6.1.2.1. Estudio evaluación del riesgo geotécnico en la cuenca del rio Manaure 25

6.1.2.2. Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Chiriaimo en el marco del Decreto 1729 de 2002 ..... 26

6.1.2.3. Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Manaure en el marco del Decreto 1729 de 2002 ..... 29

6.1.2.4. Mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar 29

6.1.2.5. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de la Paz ..... 30

6.1.2.6. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Manaure Balcón del Cesar 33

6.1.2.7. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Diego ..... 35

6.1.2.8. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de la Jagua del Pilar 36

6.1.2.9. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Urumita ..... 37

6.1.2.10. Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento del Cesar 38

6.1.2.11. Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento de la Guajira 39

6.1.2.12. Plan municipal para la gestión del riesgo municipio de Manaure Balcón del Cesar 2012 ..... 40

6.1.2.13. Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Urumita ..... 40

6.1.2.14. Plan Municipal de Gestión del Riesgo de La Jagua del Pilar ..... 40

6.1.2.15. Mapa de inundación generado por el IDEAM 2010-2011 ..... 41

6.1.2.16. Plan de acción regional (PAR) para la lucha contra la desertificacion y la sequía en el departamento del Cesar, con énfasis en la región del rio Cesar convenio 172 / 2004 ..... 43

6.1.3. Resultados de las visitas de campo realizados en la zona por parte del equipo consultor ..... 44

6.1.4. Información obtenida durante los talleres con los actores ..... 46

6.1.5. Conclusiones sobre los tipos de amenazas identificados en la cuenca ..... 47

6.2. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE AMENAZA ..... 52

6.2.1. MOVIMIENTOS EN MASA ..... 52

6.2.1.1. Susceptibilidad a Movimientos en Masa ..... 52

6.2.1.2. Amenaza por Movimientos en Masa ..... 77

6.2.2. INUNDACIONES ..... 78

6.2.2.1. Susceptibilidad a Inundaciones ..... 78

6.2.2.2. Amenaza a Inundaciones ..... 85

6.2.3. AVENIDAS TORRENCIALES ..... 88

6.2.3.1. Susceptibilidad a avenidas torrenciales ..... 89

6.2.3.2. Amenaza a avenidas torrenciales ..... 104

6.2.4. INCENDIOS FORESTALES ..... 111

6.2.4.1. Susceptibilidad a incendios forestales ..... 111

6.2.4.2. Amenaza a incendios forestales ..... 124

6.2.5. OTROS FENÓMENOS AMENAZANTES: VENDAVALES O TORMENTAS ELÉCTRICAS, SEQUIAS Y DESERTIFICACIÓN, EROSIÓN Y AMENAZAS TECNOLÓGICAS (EXPLOSIÓN DE GASEODUCTO) ..... 131

6.3. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD ..... 131

6.3.1. Definición del nivel de vulnerabilidad física de los elementos expuestos a cada tipo de amenaza ..... 131

6.3.1.1. Análisis de la Exposición ..... 131

6.3.1.2. Análisis de fragilidad ..... 135

6.3.1.3. Análisis de la resiliencia ..... 141

6.3.2. Estimación de los niveles de vulnerabilidad para la cuenca para cada tipo de amenaza ..... 142

6.4. ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS DE RIESGOS ..... 145

6.4.1. Definición del nivel de riesgo que tienen los elementos expuestos a cada tipo amenaza ..... 145

## LISTA DE FIGURAS

Figura 6-1. Aspectos importantes a tener en cuenta para la Gestión del Riesgo ..... 19

Figura 6-2. Fuentes de Información para Identificación de las amenazas probables en la cuenca ..... 19

Figura 6-3. Inventario de Eventos Históricos identificados ..... 21

Figura 6-4. Mapa de eventos morfodinámicos reportados por el SIMMA ..... 22

Figura 6-5. Sismicidad histórica para los departamentos de Cesar y La Guajira ..... 23

Figura 6-6. Mapa de amenaza sísmica escala 1:100.000 ..... 24

Figura 6-7. Mapa de percepción sísmica escala 1:100.000 ..... 24

Figura 6-8. Mapa de valor de PGA escala 1:100.000 ..... 25

Figura 6-9. Amenazas por Fenómenos de remoción en Masa obtenido del POMCA del río Manaure en el marco del decreto 1729 de 2002 ..... 26

Figura 6-10. Mapa de amenaza geotécnica del POMCA del río Chiriaimo en el marco del decreto 1729 de 2002 ..... 27

Figura 6-11. Secciones inundables en el rio Chiriaimo de la 1 a la 4 (planicie de inundación) ..... 27

Figura 6-12. Mapa de remoción en masa obtenido del POMCA del río Chiriaimo en el marco del decreto 1729 de 2002 ..... 28

Figura 6-13. Mapa de incendios forestales obtenido del POMCA del río Chiriaimo en el marco del decreto 1729 de 2002 ..... 28

Figura 6-14. Mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar ..... 30

Figura 6-15. Mapa Remoción en masa del EOT del Municipio de la Paz ..... 31

Figura 6-16. Mapa de inundación del EOT del Municipio de la Paz ..... 32

Figura 6-17. Mapa de incendio forestal del EOT del Municipio de la Paz ..... 33

Figura 6-18. Mapa de amenaza de incendio forestal del departamento del Cesar ..... 35

Figura 6-19. Mapa de amenaza de sequía del EOT del Municipio de San Diego ..... 36

Figura 6-20. Mapa de Amenaza de Desertificación del municipio de la Jagua del Pilar. ... 37

Figura 6-21. Mapa de Amenaza de Inundación del municipio de la Jagua del Pilar. ... 37

Figura 6-22. Mapa de Amenaza de Movimiento en masa del Municipio de la Jagua del Pilar ... 37

Figura 6-23. Mapa de Amenazas Naturales del Esquema de Ordenamiento Territorial de Urumita ... 38

Figura 6-24. Tipos de amenazas priorizadas por el Plan Departamental de Gestión del Riesgo del Cesar para la Subregión norte del Departamento ... 39

Figura 6-25. Mancha de Inundación IDEAM 2010 – 2011 Vs Cuenca Hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure ... 42

Figura 6-26. Mapa de desertificación de suelos y tierras del departamento del Cesar ... 44

Figura 6-27. Evidencias de salidas de campo de reconocimiento de la cuenca ... 45

Figura 6-28. Resumen de tipos de amenazas que tienen presencia en el municipio y que son identificados por las diferentes fuentes de información existente ... 50

Figura 6-29. Ruta para mapa de Movimientos en masa ... 53

Figura 6-30. Recopilación inventario del catálogo histórico ... 54

Figura 6-31. Movimientos en masa levantados por fotointerpretaciones ... 55

Figura 6-32. Ejemplo de movimientos en masa activos en la zona ... 57

Figura 6-33. Ejemplo de movimientos en masa inactivos en la zona ... 57

Figura 6-34. Terreno que presenta evidencia de movimientos lentos ... 58

Figura 6-35. Mapa de pendientes ... 59

Figura 6-36. Mapa aspecto ... 60

Figura 6-37. Mapa de Insolación ... 61

Figura 6-38. Mapa distancia a vías ... 62

Figura 6-39. Mapa distancia al drenaje ... 63

Figura 6-40. Mapa distancia a cauce ..... 64

Figura 6-41. Mapa Acuenca ..... 65

Figura 6-42. Mapa de longitud ..... 66

Figura 6-43. Mapa categórico ..... 67

Figura 6-44. Susceptibilidad mapa continuo ..... 73

Figura 6-45. Curva de éxito ..... 74

Figura 6-46 curva de predicción ..... 74

Figura 6-47. Mapa de susceptibilidad categórico ..... 75

Figura 6-48. Distribución lluvia a 5 años ..... 77

Figura 6-49. Mapa de amenaza categórica ..... 78

Figura 6-50. Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones fluviales lentas ..... 79

Figura 6-51. Eventos de inundación identificados en el municipio ..... 80

Figura 6-52. Registro fotográfico de salidas de campo para el levantamiento y verificación de puntos con recurrencia a eventos de crecientes e inundaciones ..... 81

Figura 6-53. Mapa de susceptibilidad a Inundaciones ..... 84

Figura 6-54. Representación de variables de inundación ..... 85

Figura 6-55. Índice de saturación del terreno ..... 86

Figura 6-56. Distancia relativa al cauce ..... 87

Figura 6-57. Elevación relativa al cauce ..... 87

Figura 6-58. Mapa de amenaza por Inundaciones ..... 88

Figura 6-59.Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por avenidas torrenciales ..... 90

Figura 6-60. Puntos donde históricamente se han presentado avenidas torrenciales ..... 91

Figura 6-61. Índice de Melton.....92

Figura 6-62. Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) .....93

Figura 6-63. Unidades geomorfológicas para la evaluación de la susceptibilidad a eventos torrenciales .....95

Figura 6-64. Mapa de susceptibilidad a avenidas torrenciales .....104

Figura 6-65. Eventos históricos de torrencialidad para el modelamiento .....105

Figura 6-66. Mapa pendiente sobre el flujo .....106

Figura 6-67. Índice de saturación del terreno .....107

Figura 6-68. Distancia relativa al cauce.....108

Figura 6-69. Elevación relativa al cauce.....108

Figura 6-70. Índice relativo del poder del drenaje .....109

Figura 6-71. Índice de transporte de sedimentos .....110

Figura 6-72. Mapa de amenaza por avenidas torrenciales .....111

Figura 6-73. Selección de variables y proceso metodológico para obtención de susceptibilidad y amenaza a incendios Forestales .....112

Figura 6-74. Relación de las Características del clima con los incendios forestales .....115

Figura 6-75.Características de la vegetación en función a la susceptibilidad a incendios forestales .....117

Figura 6-76.Características topográficas en función a la susceptibilidad a incendios forestales .....121

Figura 6-77. Mapa de Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales .....124

Figura 6-78. Características del clima en función a la amenaza a incendios forestales ..127

Figura 6-79. Factor antrópico en función a la amenaza a incendios forestales .....128

Figura 6-80. Mapa de Amenaza a incendios forestales .....130

Figura 6-81. Elementos metodológicos para la estimación del Índice de Exposición .....132

Figura 6-82. Representación espacial del valor de uso para la cuenca ..... 133

Figura 6-83. Representación espacial del valor de ocupación para la cuenca ..... 134

Figura 6-84. Representación espacial del índice de exposición para la cuenca ..... 135

Figura 6-85. Elementos metodológicos para la estimación del Índice de Fragilidad ..... 135

Figura 6-86. Representación espacial de la fragilidad social de la cuenca ..... 137

Figura 6-87. Representación espacial de la fragilidad ecosistémica de la cuenca ..... 138

Figura 6-88. Representación espacial del índice de fragilidad total para avenidas torrenciales ..... 139

Figura 6-89. Representación espacial del índice de fragilidad total para incendios forestales ..... 140

Figura 6-90. Representación espacial del índice de fragilidad para movimientos en masa ..... 140

Figura 6-91. Representación espacial del índice de fragilidad total para inundaciones ... 141

Figura 6-92. Representación espacial del índice falta de resiliencia para la cuenca ..... 142

Figura 6-93. Vulnerabilidad para la cuenca de acuerdo con la amenaza de avenidas torrenciales ..... 143

Figura 6-94. Vulnerabilidad para la cuenca de acuerdo con la amenaza de incendios forestales ..... 144

Figura 6-95. Vulnerabilidad para la cuenca de acuerdo con la amenaza de inundaciones ..... 144

Figura 6-96. Vulnerabilidad para la cuenca de acuerdo con la amenaza de movimientos en masa ..... 145

Figura 6-97. Matriz para la definición del Nivel de Riesgo ..... 146

Figura 6-98. Escenario de riesgo para la cuenca de acuerdo con la amenaza de avenidas torrenciales ..... 147

Figura 6-99. Escenario de riesgo para la cuenca de acuerdo con la amenaza de incendios forestales ..... 147

Figura 6-100. Escenario de riesgo para la cuenca de acuerdo con la amenaza de inundaciones.....148

Figura 6-101. Escenario de riesgo para la cuenca de acuerdo con la amenaza de movimiento en masa .....148

# LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1. Calificación de amenaza subregión Sur-Sur de La Guajira ..... 39

Tabla 6-2. Escenarios de Riesgo identificados por el PMGR del municipio de la Jagua del Pilar ..... 41

Tabla 6-3. Resultados de Visita de Campo ..... 45

Tabla 6-4. Conclusiones de los talleres realizados con los actores de la cuenca en la fase de aprestamiento en materia de gestión del riesgo ..... 47

Tabla 6-5. Resumen de tipos de amenazas que tienen presencia en el municipio ..... 47

Tabla 6-6. Eventos de Cesar 2012 a agosto 2019 ..... 56

Tabla 6-7 Correlación de Spearman ..... 69

Tabla 6-8. Correlación de Pearson ..... 69

Tabla 6-9. Variables incluidas por el metodo discriminante ..... 70

Tabla 6-10. Resultado de C para el peso de la evidencia ..... 71

Tabla 6-11. Valor de probabilidad espacial ..... 75

Tabla 6-12. Registro fotográfico de salidas de campo para el levantamiento y verificación de puntos con recurrencia a eventos de crecientes e inundaciones ..... 82

Tabla 6-13. Clasificación del nivel de susceptibilidad a inundaciones de las unidades geomorfológicas ..... 83

Tabla 6-14. Unidades geomorfológicas para la evaluación de la susceptibilidad a eventos torrenciales ..... 95

Tabla 6-15. Clasificación de la susceptibilidad a avenidas torrenciales ..... 97

Tabla 6-16. Matriz de comparación por pares para variables de susceptibilidad a Incendios Forestales, para las cuencas hidrográfica de los Ríos Chiriaimo y Manaure ..... 113

Tabla 6-17. Matriz de comparación por pares para variables de susceptibilidad a Incendios Forestales normalizada ..... 113

Tabla 6-18. Pesos para cada variable de susceptibilidad evaluada para las cuencas hidrográfica de los Ríos Chiriaimo y Manaure ..... 114

Tabla 6-19. Totales de los casilleros....114

Tabla 6-20. Determinación de lambda máx....114

Tabla 6-21.Calificación y categorización de índice de aridez....116

Tabla 6-22. Indicador Tipo de Combustible Predominante....117

Tabla 6-23. Indicador duración de los combustibles....118

Tabla 6-24. Indicador carga total de combustible....120

Tabla 6-25. Indicador de dispersión....122

Tabla 6-26. Calificación y categorización de la curvatura del terreno....122

Tabla 6-27. Matriz de comparación por pares para variables de susceptibilidad a Incendios Forestales....125

Tabla 6-28. Matriz Normalizada....125

Tabla 6-29. Obtención de pesos para cada variable de amenaza....125

Tabla 6-30. Totales de los casilleros....126

Tabla 6-31. Indicador temperatura....127

Tabla 6-32. Indicador distancia a vías....129

Tabla 6-33. Indicador distancia a asentamientos y centros poblados....129

Tabla 6-34. Avalúo urbano y rural por kilómetro cuadrado....132

Tabla 6-35. Densidad poblacional por municipio....133

Tabla 6-36. Indicador de fragilidad física....136

Tabla 6-37. Porcentaje de necesidades básicas insatisfechas en el tejido urbano continuo y discontinuo....136

Tabla 6-38. Indicador de la fragilidad de ecosistemas estratégicos (Adaptado de UNAL, 2013, Tabla 18)....137

Tabla 6-39. Categorías de fragilidad de los ecosistemas estratégicos....138

Tabla 6-40. Índice de la fragilidad ..... 139

Tabla 6-41. Área productiva por municipio ..... 141

Tabla 6-42. Niveles de vulnerabilidad propuestos para POMCAS ..... 143

Tabla 6-43. Combinaciones con niveles del riesgo que resultan de la Matriz de Riesgo 146

# INTRODUCCIÓN

Entre las inmediaciones del nor-oriente del departamento del Cesar y el sur del departamento de la Guajira se encuentra ubicada la cuenca hidrográfica de los ríos Manaure y Chiriaimo, la cual tiene una extensión de 51.934,74 hectáreas y tiene jurisdicción sobre los municipios de Manaure Balcón del Cesar, La Paz, San Diego, La Jagua del Pilar y Urumita; siendo una de las cuencas compartidas entre la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR y la Corporación Autónoma Regional de la Guajira – CORPOGUAJIRA.

Administrativamente, limita al norte con el Municipio de la Jagua del Pilar (departamento de La Guajira), al sur y al occidente, con el Municipio de La Paz (departamento del Cesar) y al oriente con la República Bolivariana de Venezuela.

La cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure, ha sido sometida durante las últimas décadas a diferentes impactos, evidenciándose un deterioro del recurso por las diferentes actividades antrópicas desarrolladas y los conflictos de uso del suelo en este territorio. Los impactos negativos más significativos corresponden a la pérdida de cobertura natural que se traduce en erosión de suelos, sedimentación, contaminación de las corrientes hídricas, pérdida de biodiversidad, debilitamiento de soberanía ancestral y del patrimonio cultural (CORPOCESAR, 2019).

Mediante Resolución No. 1111 del 18 de julio de 2013, se priorizaron las cuencas hidrográficas objeto de ordenación, ubicadas en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar “CORPOCESAR”, dentro de las cuales se priorizó la sub - zona hidrográfica de la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure, teniendo en cuenta que éstas corresponden a un eje estructurante regional natural y cultural del ordenamiento territorial municipal.

CORPOCESAR fue una de las Corporaciones beneficiarias del Fondo de Compensación Ambiental para la vigencia 2019, para lo cual formuló y presentó el proyecto con código BPIN 2018011000631 denominado: Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca 2802-03 del río Chiriaimo y Manaure en el departamento del Cesar y La Guajira.

Dicho proyecto fue aprobado en sesión del Comité del Fondo de Compensación Ambiental – FCA del 26 de abril de 2018. Por consiguiente, teniendo en cuenta que la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure, es una cuenca compartida administrativamente con CORPOGUAJIRA, pero por su extensión liderada por CORPOCESAR, se acordó mediante Acta 001 del 19 de febrero de 2019, la conformación de la comisión conjunta para la Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure.

De otra parte, mediante Resolución de comisión conjunta No. 0086 de fecha 22 de febrero de 2019 se declara conjuntamente en Ordenación la Cuenca hidrográfica de los ríos

Chiriaimo y Manaure en los departamentos del Cesar y La Guajira (código 2802-03) según el mapa de Zonificación Hidrográfica del IDEAM.

Para la formulación de dicho POMCA, CORPOCESAR planteó la contratación de una consultoría con personal o empresa idónea para realizar los trabajos o actividades propuestos en los estudios previos formulados para este fin y que tienen como código PCA-03-F-01.

Fue así como CORPOCESAR, desarrolló el CONCURSO PÚBLICO DE MÉRITOS ABIERTO –CMA– No. 002 – 2019, cuyo objeto fue: "contratar la formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure (código 2802- 03), en el departamento del Cesar y La Guajira; y que fue adjudicado a la Unión Temporal POMCA 2019, por medio del contrato 19-6-0145-0-2019.

Para la formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure (en adelante POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure), la Unión Temporal POMCA 2019 tiene en cuenta las directrices impartidas en los Estudios Previos PCA-03-F-01 expedidos por CORPOCESAR, también los lineamientos del Decreto 1640 de 2012 y que se encuentran compilados en el Decreto 1076 de 2015, y finalmente las indicaciones plasmadas en la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, elaborada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2014 y expedida por la Resolución 1907 de 2013.

Con base en lo anterior, el ejercicio de formulación del POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure realiza un procedimiento metodológico que desarrolla las cuatro fases descritas a continuación, las cuales se transversalizan con la implementación de mecanismo de participación con los actores, con la gestión del riesgo, y con la gestión de información a través de las herramientas del Sistema de Información Geográfica.

- **Fase 1 – Aprestamiento**: en esta fase se define el plan de trabajo; la identificación, caracterización y priorización de actores; las estrategias de participación; la revisión y consolidación de información existente, el análisis situacional inicial; y el plan operativo detallado para la formulación del plan.
- **Fase 2 – Diagnóstico**: en esta fase se consolida el Consejo de Cuenca y se determina el estado actual de la cuenca en sus componentes: físico-biótico, socioeconómico y cultural, político administrativo, funcional y de gestión del riesgo; que sirve de base para el análisis situacional y la síntesis ambiental de la cuenca objeto de ordenación y manejo.
- **Fase 3 – Prospectiva y Zonificación Ambiental**: en la cual se diseñan los escenarios futuros del uso coordinado y sostenible del suelo, de las aguas, de la flora y de la fauna presente en la cuenca, y se define, en un horizonte no menor a diez años, el modelo de ordenación de la cuenca, con base en el cual se formula el plan de ordenación y manejo correspondiente.

- **Fase 4 – Formulación**: Esta fase comprende la definición del componente programático, las medidas para la administración de los recursos naturales renovables y el componente de gestión del riesgo. También, como parte del componente programático, en esta fase se formular la estructura administrativa y la estrategia financiera del POMCA, el diseño del programa de seguimiento y evaluación y, las actividades conducentes a la publicidad y aprobación del POMCA.

Además de las fases anteriores el presente POMCA también se transversaliza con el proceso de Consulta Previa que, el marco del Decreto 1640 de 2012, compilado en el 1076 de 2015, se adelanta con el Resguardo indígena Caño Padilla, de la etnia Yukpa, constituido con Resolución No. 0012 del 29 de junio de 2000, y con el Resguardo indígena Laguna - El Coso - Cinco Caminos, también de la etnia Yukpa, constituido mediante acuerdo No. 183 del 29 de junio de 2000.

En correspondencia con las fases antes descritas y según las indicaciones de los Estudios Previos, el POMCA de los ríos Chiriaimo y Manaure, tendrá como resultados los siguientes productos:

a) Plan de Trabajo de la Consultoría para la cuenca.
b) Productos indicados en el anexo técnico correspondientes a la fase de aprestamiento de la cuenca.
c) Productos indicados en el anexo técnico correspondiente a la fase de diagnóstico de la cuenca.
d) Productos indicados en el anexo técnico correspondiente a la fase de prospectiva y zonificación ambiental de la cuenca.
e) Productos indicados en el anexo técnico correspondiente a la fase de formulación de la cuenca.

En el presente documento, se plasman los resultados del tercer producto correspondiente al informe de la fase de diagnóstico, conformado de tres capítulos, el primero reporta la caracterización de la cuenca hidrográfica, el segundo se refiere al análisis situacional, y finalmente el tercer capítulo presenta la síntesis ambiental.

Teniendo en cuenta que este producto resultó en un informe con una cantidad de páginas importante, lo que ocasiona dificultades en el manejo de los archivos de Word y en algunos casos dañándolos, fue necesario, para prevenir ese riesgo, dividirlo en tres documentos codificados por capítulos, cada uno de los cuales corresponde a un aspecto de la fase diagnóstica, tal como se muestra en la siguiente tabla.

| CAPÍTULO | NOMBRE |
|---|---|
| A | CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA |
| B | ANÁLISIS SITUACIONAL |
| C | SÍNTESIS AMBIENTAL |

En el presente documento se plasman los resultados del CAPÍTULO A correspondiente a caracterización de la cuenca hidrográfica.

# A. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

El capítulo de caracterización de la cuenca hidrográfica tiene como objeto describir las características básicas de la cuenca; así como también las características biofísicas, socioeconómicas culturales, político administrativas, funcionales, y de gestión de riesgo.

Teniendo en cuenta que este producto también resultó en un informe con una cantidad de páginas importante, se dividió en cinco documentos codificados por subcapítulos, cada uno de los cuales corresponde a una característica de la cuenca, tal como se muestra en la siguiente tabla.

| SUBCAPÍTULO | NOMBRE |
|---|---|
| SUBCAPÍTULO 1 | CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA CUENCA |
| SUBCAPÍTULO 2 | CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA CUENCA |
| SUBCAPÍTULO 3 | CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL DE LA CUENCA |
| SUBCAPÍTULO 4 y 5 | CARACTERIZACIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA Y CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE LA CUENCA |
| SUBCAPÍTULO 6 | GESTIÓN DEL RIESGO |

En el presente documento se plasman los resultados del SUBCAPÍTULO 6 correspondiente a la gestión del riesgo en la fase de diagnóstico.

## 6. GESTIÓN DEL RIESGO

Según la Guía para la formulación de POMCAs, la construcción de la situación actual preliminar de la gestión de riesgos consiste en la evaluación de información de las amenazas, eventos amenazantes y la probabilidad de generación de nuevos escenarios de riesgos en la cuenca. En este análisis se identifican las amenazas probables en la cuenca, los elementos expuestos que pueden ser afectados, las necesidades de información y la relación entre ocupación del territorio y los escenarios riesgo (GUÍA POMCA IDEAM, 2014). (ver Figura 6-1).

**Figura 6-1. Aspectos importantes a tener en cuenta para la Gestión del Riesgo**

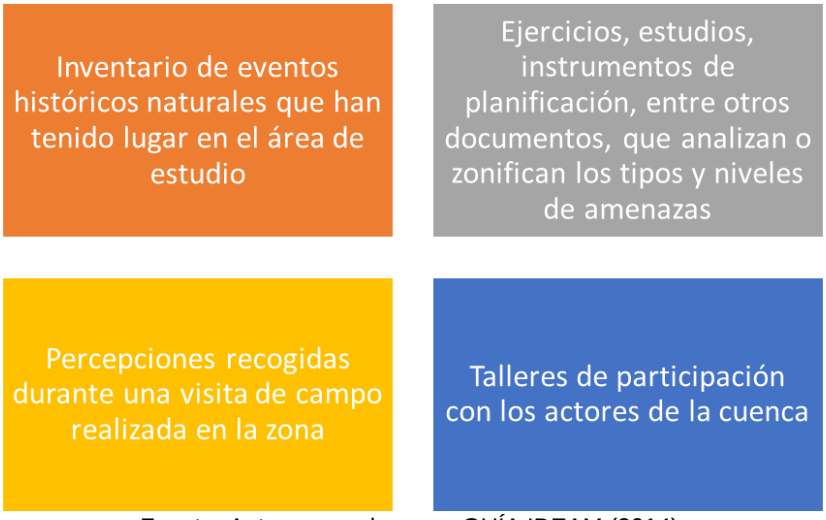



Fuente: Autores, con base en GUÍA IDEAM (2014).

## 6.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS PROBABLES EN LA CUENCA

La identificación de los tipos de amenazas a los que está expuesto el territorio de la cuenca, se basó en la recopilación y análisis de información existente, relacionada con el inventario de eventos históricos naturales que han tenido lugar en el área de estudio, y con los diferentes ejercicios, estudios, instrumentos de planificación, entre otros documentos, que analizan o zonifican los tipos y niveles de amenazas. También se basó en las percepciones recogidas por la Unión Temporal POMCA 2019, durante una visita de reconocimiento en campo realizada en la zona y durante los talleres de participación con los actores de la cuenca. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este punto. (ver Figura 6-2).

**Figura 6-2. Fuentes de Información para Identificación de las amenazas probables en la cuenca**




Fuente: Autores, con base en GUÍA IDEAM (2014).

### 6.1.1. Inventario de eventos históricos de la cuenca

El inventario de eventos históricos fue construido a partir del análisis de diferentes bases de datos o fuentes de información que compilan registros sobre los hechos, emergencias o desastres que han tenido lugar en un área determinada.

Para el caso particular las bases de datos consultadas fueron: Desinventar, SIMMA y Geoportal del Servicio Geológico Colombiano. A continuación, se reportan los resultados obtenidos de esta búsqueda. Así también la oficina departamental de riesgo y cambio climático del Cesar compila este tipo de información en sus bases de datos.

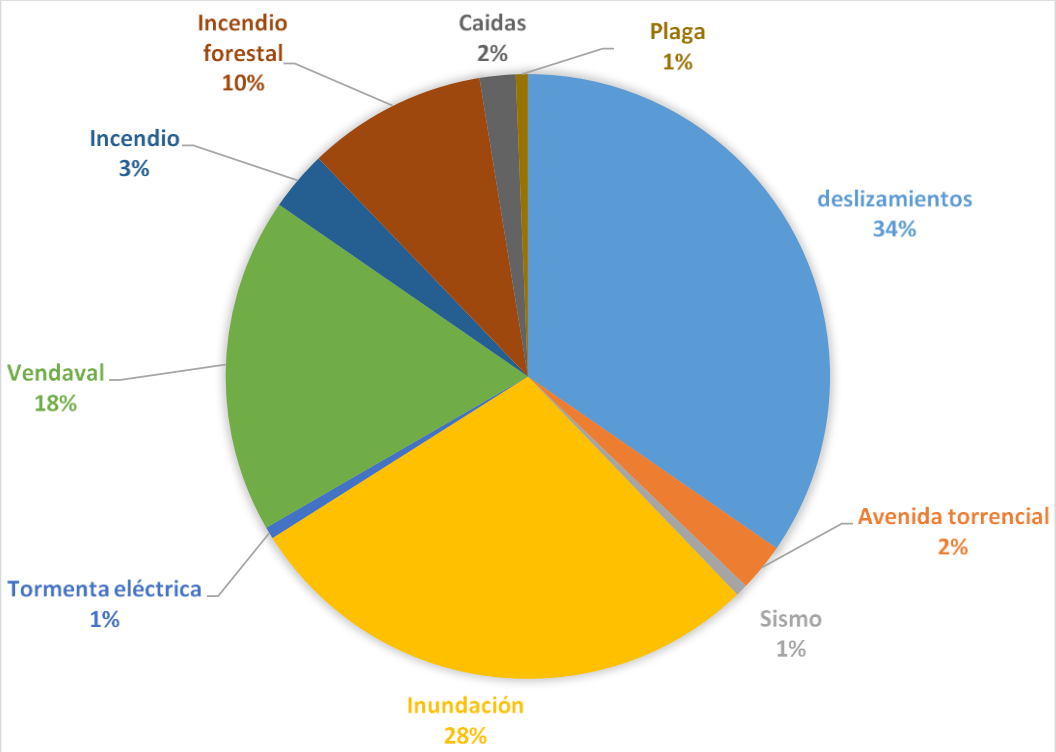
El Desinventar es un software desarrollado en 1994 que tiene cobertura en 20 países, y en Colombia está a cargo del Observatorio Sismológico del Sur Occidente. En la última década se ha ido consolidando con información y trabajos de diferentes autores, universidades y entidades involucradas en la gestión del riesgo de desastres.

El SIMMA es una plataforma desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano - SGC y dispone de registros de movimientos en masa desde el año 1917.

La plataforma del servicio geológico colombiano que propende presentar información generada en diversas temáticas geocientificas y dar cumplimiento a la Ley 1712 de 2014 – ley de transparencia y derecho de acceso a la información pública, presenta una plataforma que administra la información de manera dinámica, y está dispuesta al usuario en línea, por medio del link http://geoportal.sgc.gov.co donde presenta diversas temáticas y para el actual estudio es usado principalmente para conocer el estado sísmico de la cuenca.

Dentro de los resultados obtenidos bajo la búsqueda de eventos hasta el 5 de junio de 2019 para la zona de estudio que comprende los municipios de Urumita, La Jagua de Pilar, Manaure, La paz y San Diego se cuento con un total de 156 eventos, los cuales incluye eventos de movimiento en masa como son deslizamientos y caídas; y eventos hidrometeorológicos como son inundaciones, vendavales, entre otros eventos que se observan en la Figura 6-3.

**Figura 6-3. Inventario de Eventos Históricos identificados**

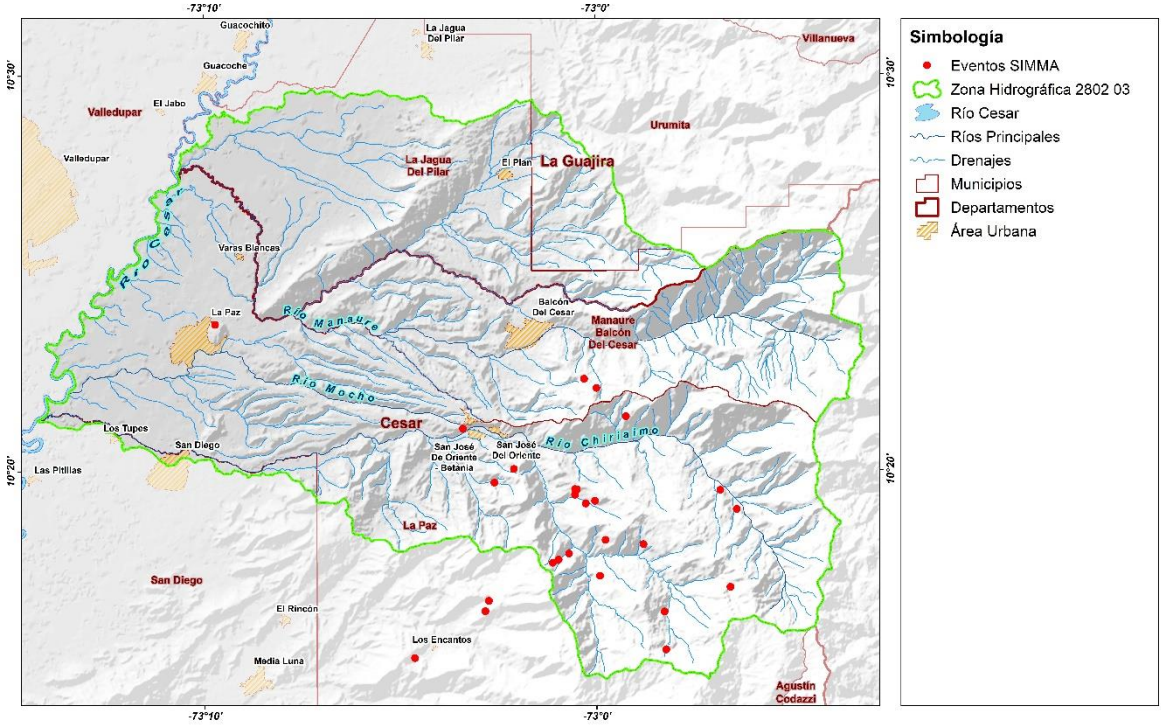



Fuente: Autores, con base en datos de Desinventar, SIMMA y Geoportal del Servicio Geológico Colombiano.

La información acá recopilada presenta un cubrimiento de 51 años, reportando el primer evento 8/05/1966 correspondiente a una avenida torrencial en el sector de San Diego, Cesar; cerrando con un deslizamiento el 2/06/2017 en el municipio de la paz Cesar. Se resalta que el 95% de los eventos reportados se ubican en el departamento de cesar y solo el 5% en la zona correspondiente a La Guajira.

En la Figura 6-4 se representa el inventario encontrado para la cuenca en el SIMMA con un total de 36 eventos georeferenciados, dificultad que se tiene con el inventario del Desinventar que no se encuentra georreferencia para dichos eventos.

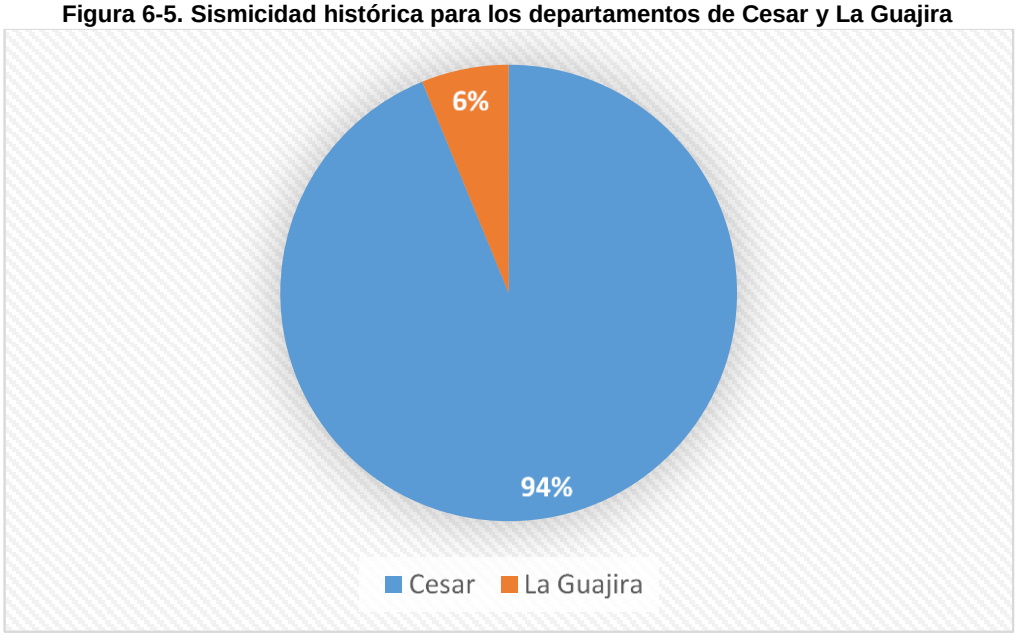
**Figura 6-4. Mapa de eventos morfodinámicos reportados por el SIMMA**




Fuente: Autores (2019), modificado a partir de información inventario SIMMA.

Dentro de la información obtenida bajo la amenaza sísmica reportada en el Servicio Geológico colombiano, como sismicidad histórica para los departamentos del Cesar y La Guajira se tienen 437 eventos desde 1995 al 13 de junio de 2019. En la Figura 6-5 se evidencia que el 94% de los sismos reportados se encuentran en el territorio de la cuenca correspondiente al departamento del Cesar y el 6% restante para el Municipio de La Guajira.

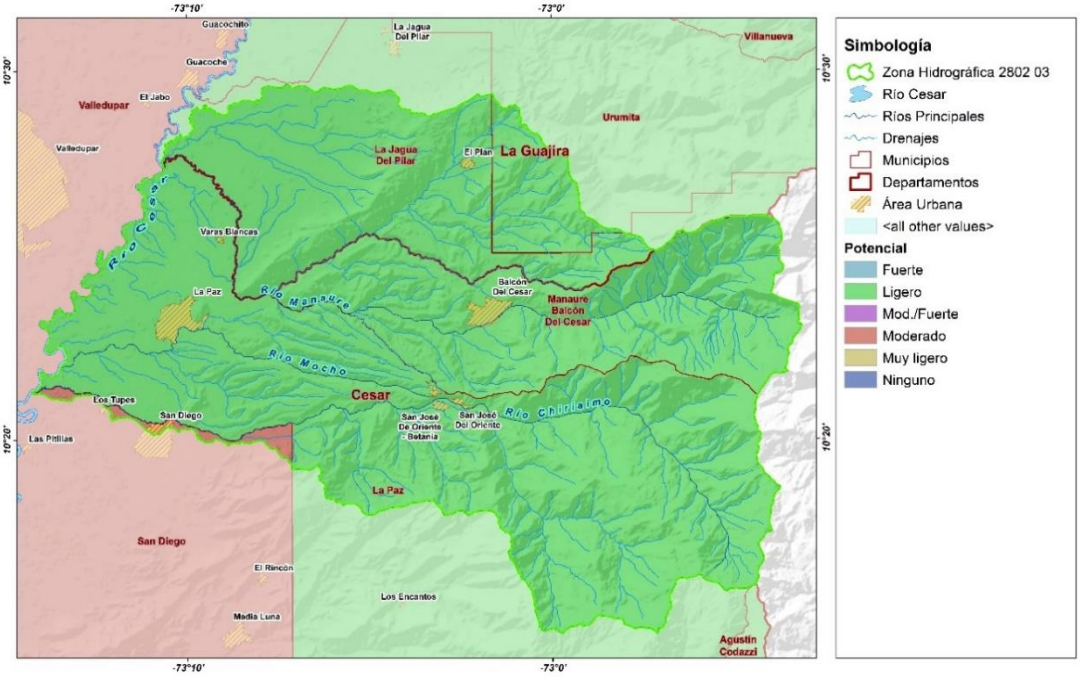
**Figura 6-5. Sismicidad histórica para los departamentos de Cesar y La Guajira**




Fuente: Autores (2019), a partir de información del geoportal del Servicio Geológico Colombiano.

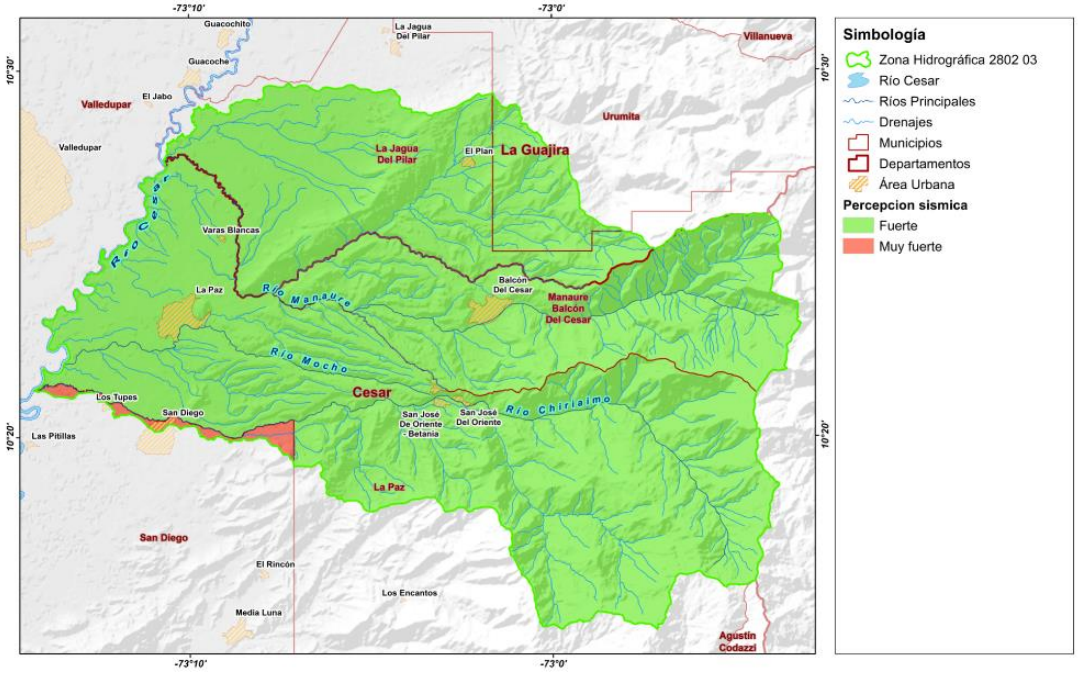
Dentro del mapa de amenaza sísmica escala 1:100.000 que se muestra en la Figura 6-6, se puede notar que en la cuenca hay un potencial sísmico principalmente ligero, y en la zona sur-occidente pasa a ser moderadamente fuerte, además se resalta que en general la zona se reporta percepción de movimiento de fuerte a muy fuerte (ver Figura 6-7) con valores del PGA (%) 9.2 a 18. (ver Figura 6-8).

**Figura 6-6. Mapa de amenaza sísmica escala 1:100.000**



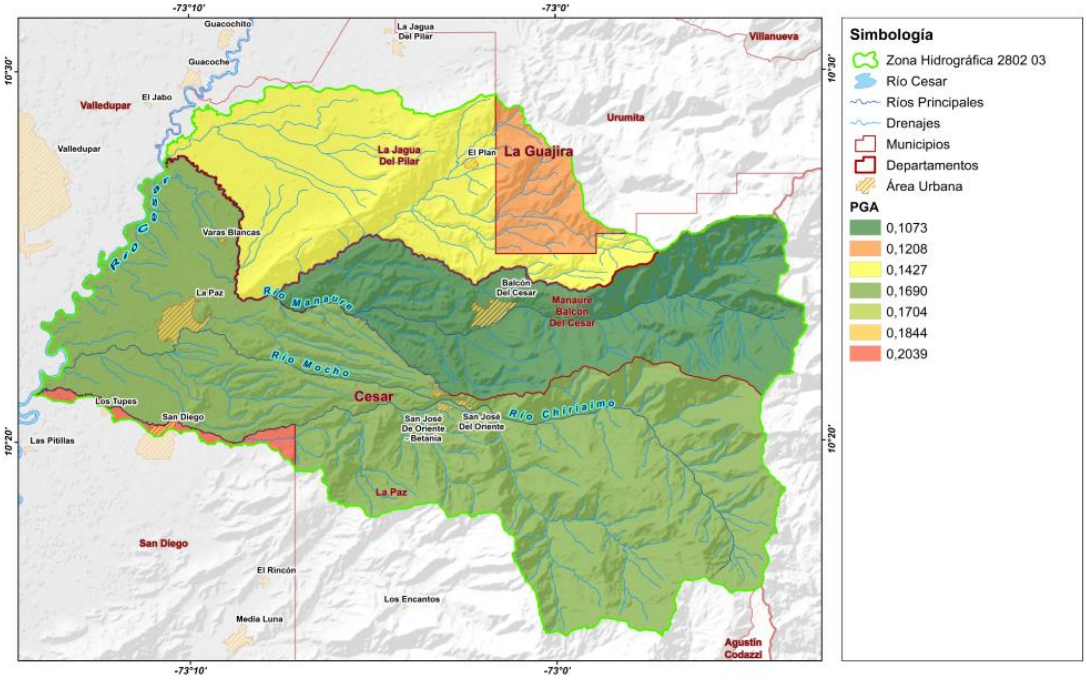

Fuente: Autores (2019), modificado a partir de Servicio Geológico Colombiano.

**Figura 6-7. Mapa de percepción sísmica escala 1:100.000**




Fuente: Autores (2019), modificado a partir de Servicio Geológico Colombiano.

**Figura 6-8. Mapa de valor de PGA escala 1:100.000**




Fuente: Autores (2019), modificado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2019).

### 6.1.2. Análisis de los ejercicios, estudios, instrumentos de planificación, entre otros documentos, que analizan o zonifican los tipos y niveles de amenazas en el territorio de la cuenca

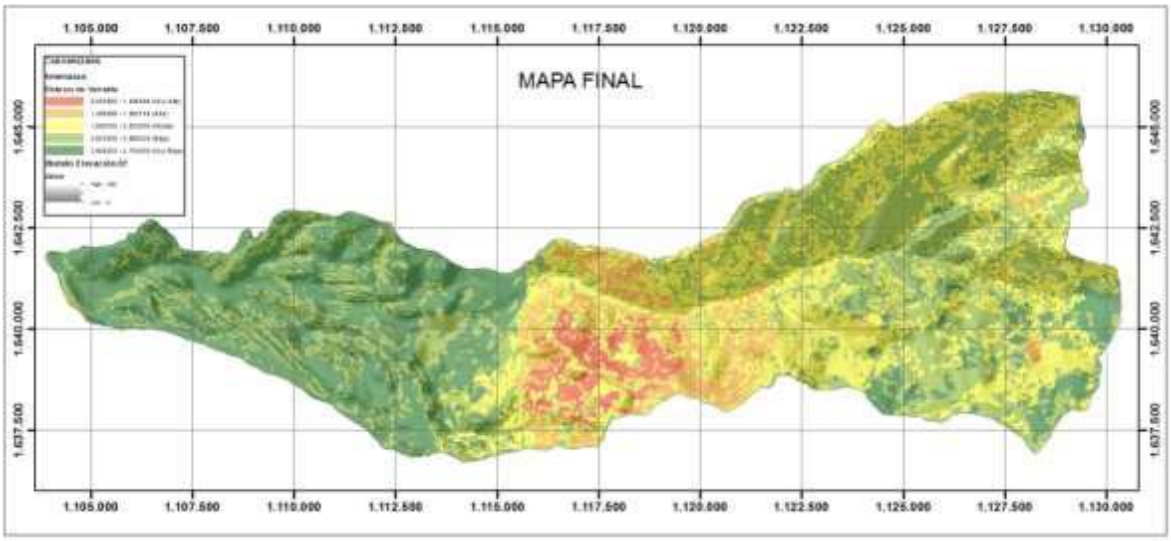
Como información existente relacionada con estudios, instrumentos de planificación, entre otros documentos, que analizan o zonifican los tipos y niveles de amenazas presentes en el territorio de la cuenca, se identificaron los que se describen y analizan a continuación.

#### 6.1.2.1. Estudio evaluación del riesgo geotécnico en la cuenca del rio Manaure

El Grupo de Consultoría de Proyectos Investigativa de Hidráulica y Fuentes de Energías Renovables e Hidráulica de la Universidad de Magdalena, elaboró para la Corporación Autónoma Regional del Cesar –CORPOCESAR el estudio de Evaluación del riesgo geotécnico en la cuenca del rio Manaure.

Con respecto a los tipos de amenazas presentes en la cuenca del río Manaure el estudio desarrolla un análisis que permite identificar zonas con niveles de amenaza alta por movimiento en masa tal como se puede visualizar en el mapa de la Figura 6-9. Al respecto menciona que una característica importante de ese resultado es que la zona alta de la cuenca refleja algunos movimientos allí existentes. Una de las principales características de esta espacialización se relaciona con la presencia de áreas susceptibles en la parte media de la cuenca que es donde realmente se presentan los mayores problemas.

**Figura 6-9. Amenazas por Fenómenos de remoción en Masa obtenido del POMCA del río Manaure en el marco del decreto 1729 de 2002**




Fuente: POMCA Río Manaure 2010 en el marco del Decreto 1729 de 2002 (2010).

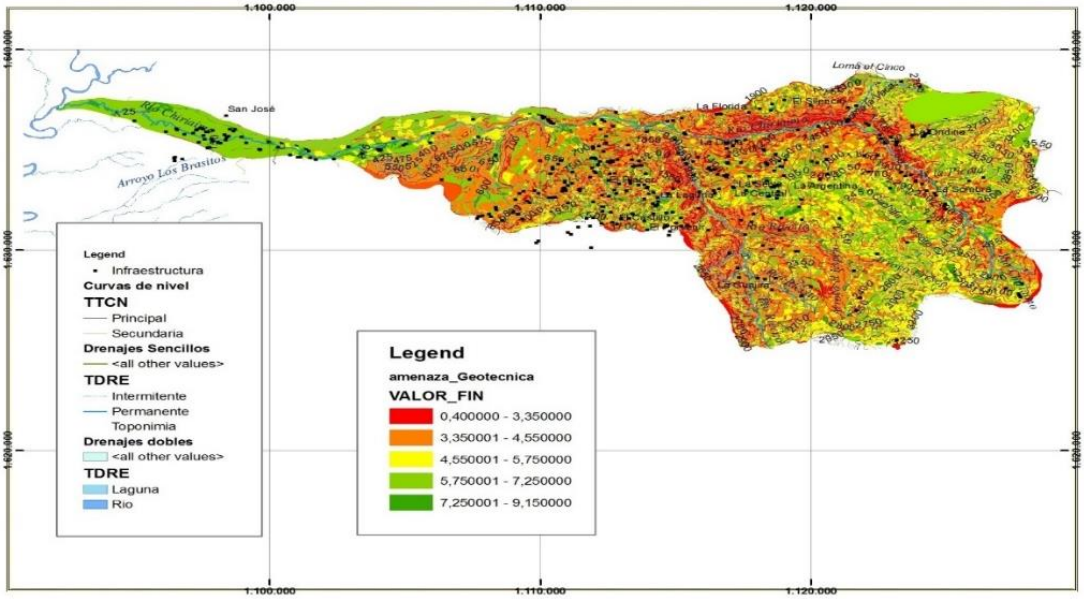
### 6.1.2.2. Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Chiriaimo en el marco del Decreto 1729 de 2002

La Corporación Autónoma Regional del Cesar en convenio con la Universidad del Magdalena formuló el plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del río Chiriaimo. Como parte de dicho proceso identificó y desarrolló análisis de amenazas presentes en la cuenca.

A pesar de que estos estudios manifiestan haber determinado los riesgos asociados a fenómenos geotécnicos y de inundación, se nota que lo establecido no corresponde precisamente a riesgo sino a amenaza, ya que no se evidencia los análisis de vulnerabilidad que son necesarios para determinar el riesgo después de cruzarlo con la amenaza. Además

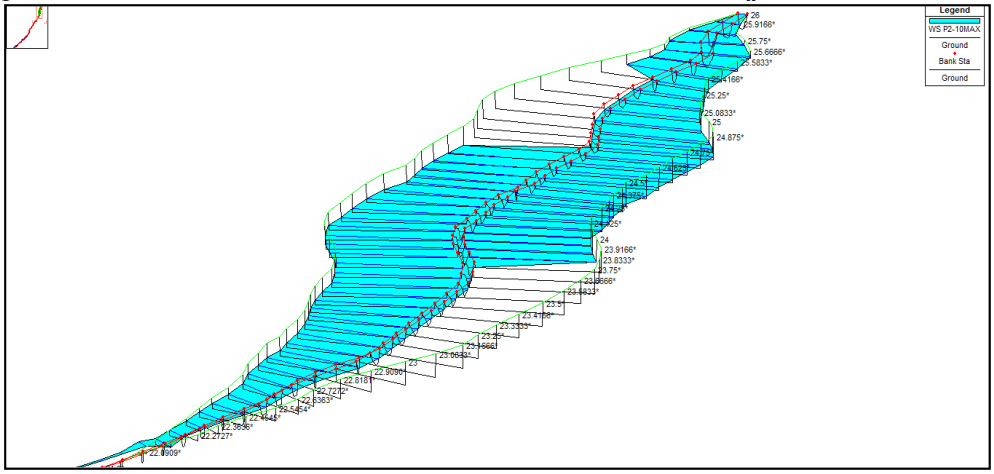
En todo caso, este ejercicio permite visualizar que en la cuenca existe las amenazas de inundación por desbordamiento del río Chiriaimo y por movimiento en masa, ya que en los resultados expuestos en ese plan en materia de amenaza geotécnica (ver Figura 6-10) y de inundación (ver Figura 6-11) corrobora la presencia de esos fenómenos en un nivel alto.

**Figura 6-10. Mapa de amenaza geotécnica del POMCA del río Chiriaimo en el marco del decreto 1729 de 2002**




Fuente: POMCA Río Chiriaimo 2010 en el marco del Decreto 1729 de 2002 (2010).

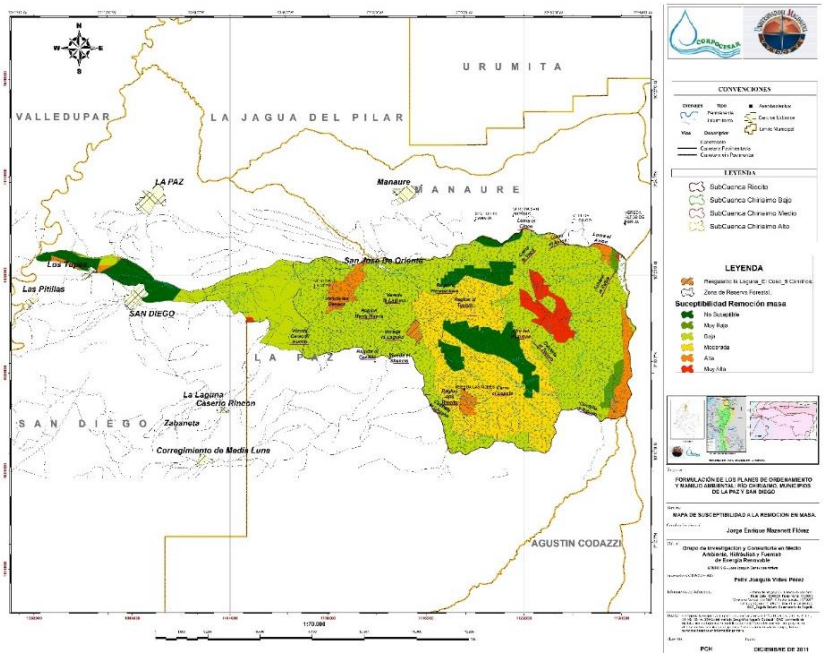
**Figura 6-11. Secciones inundables en el rio Chiriaimo de la 1 a la 4 (planicie de inundación)**




Fuente: POMCA Río Chiriaimo 2010 en el marco del Decreto 1729 de 2002 (2010).

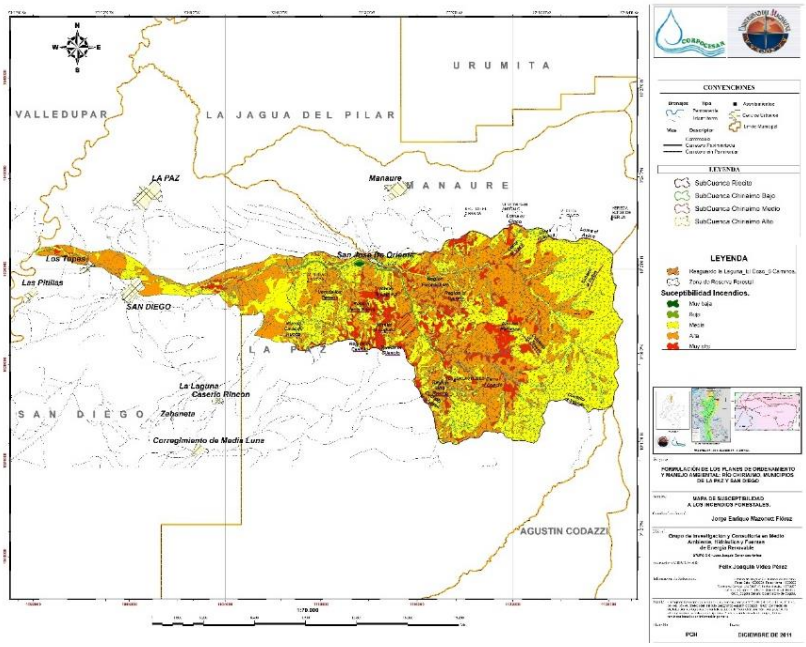
En los productos cartográficos de este POMCA, también fue posible encontrar dos mapas que están relacionados con la temática de amenazas. Se trata de un mapa de remoción en masa (ver Figura 6-12) y otro de incendios forestales (ver Figura 6-13). Después de revisar el informe final del Plan no fue posible encontrar un análisis que soportará la generación de estos dos productos cartográficos, no obstante, los mismos permiten corroborar la presencia en la zona de estos dos tipos de fenómenos y la necesidad de estudiarlos para el presente POMCA.

**Figura 6-12. Mapa de remoción en masa obtenido del POMCA del río Chiriaimo en el marco del decreto 1729 de 2002**




Fuente: POMCA Río Chiriaimo 2010 en el marco del Decreto 1729 de 2002 (2010).

**Figura 6-13. Mapa de incendios forestales obtenido del POMCA del río Chiriaimo en el marco del decreto 1729 de 2002**




Fuente: POMCA Río Chiriaimo 2010 en el marco del Decreto 1729 de 2002 (2010).

#### 6.1.2.3. Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Manaure en el marco del Decreto 1729 de 2002

Este plan también fue formulado en el marco del convenio desarrollado entre la Universidad del Magdalena y CORPOCESAR. En sus resultados fue posible encontrar dos análisis relacionados con la presencia de fenómenos amenazantes en la cuenca. Se trata de amenaza por remoción en masa y de amenaza por inundación.

Sobre el primero toma los resultados del estudio de evaluación del riesgo geotécnico en la cuenca del rio Manaure desarrollado en la Universidad del Magdalena (mencionado anteriormente).

Sobre el segundo, el plan menciona que la subcuenca del río Manaure no es potencialmente susceptible a la ocurrencia de fenómenos de inundación. Lo cual fue corroborado por ese plan, a través de las entrevistas realizadas a los habitantes asentados en la subcuenca y en el desarrollo de talleres, donde manifestaron que a la fecha no se han presentado eventos de inundación.

También menciona que históricamente no se han presentado eventos de inundación en la subcuenca del río Manaure, pero una circunstancia que podría influir en la ocurrencia de inundaciones es el represamiento aguas arriba de la cabecera municipal originado por desprendimientos de tierra, que taponarían el cauce de la corriente principal. La cantidad de material arrastrado, la velocidad del agua por causa de la pendiente del terreno y el material que compone el suelo sobre el que se localiza la cabecera municipal, que es tipo aluvial arenoso, fácilmente quebrantable, incrementa la susceptibilidad a inundaciones, por la cantidad de material que posiblemente sería arrastrado por el río Manaure. El análisis realizado sobre las áreas con riesgo geotécnico localizadas en la zona alta de la subcuenca del río Manaure pueden depositar volúmenes de tierra sobre los afluentes en esa zona, pero dado a las pequeñas áreas de recolección de aguas, los volúmenes de agua son pequeñas y no generan esfuerzos de cortes que puedan romper las márgenes del rio Manaure y generar amenazas de inundación. (POMCA Manaure, 2010).

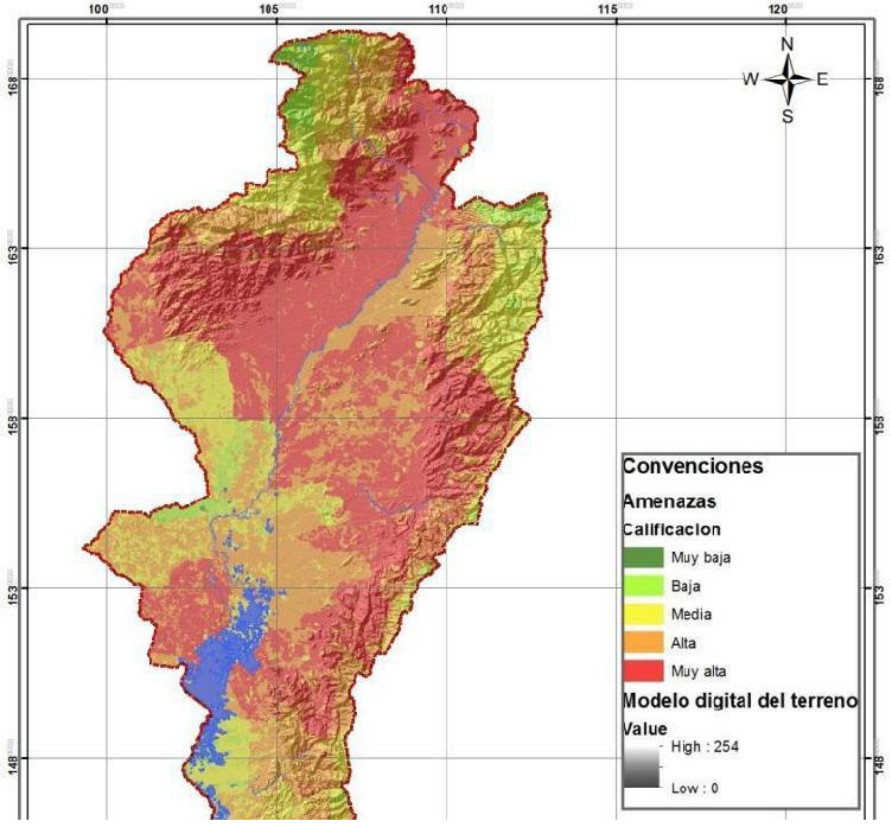
#### 6.1.2.4. Mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar

CORPOCESAR elaboró en el año 2011 el mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar que se muestra en la Figura 6-14.

El estudio adelantado por CORPOCESAR identifica cinco categorías de amenaza por incendios: muy baja, baja, media, alta y muy alta, encontrando que la mayor parte del territorio se encuentra entre amenaza alta y muy alta debido a la cobertura vegetal, que sumada a las condiciones meteorológicas que para el caso del municipio son secas, propicias condiciones de amenaza alta. Además de las que las necesidades de agua en el ámbito anual indican que, en la zona plana, hay déficit marcado y se considera la zona de moderada a alta la falta de agua en el suelo para la época seca.

Según el mapa de la Figura 6-14, la cuenca del río Chiriaimo y Manaure presenta niveles de amenaza de incendios forestal baja en la parte alta, y entre alta y muy alta en la parte baja. Lo que corrobora la presencia de este fenómeno en la cuenca.

**Figura 6-14. Mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar**



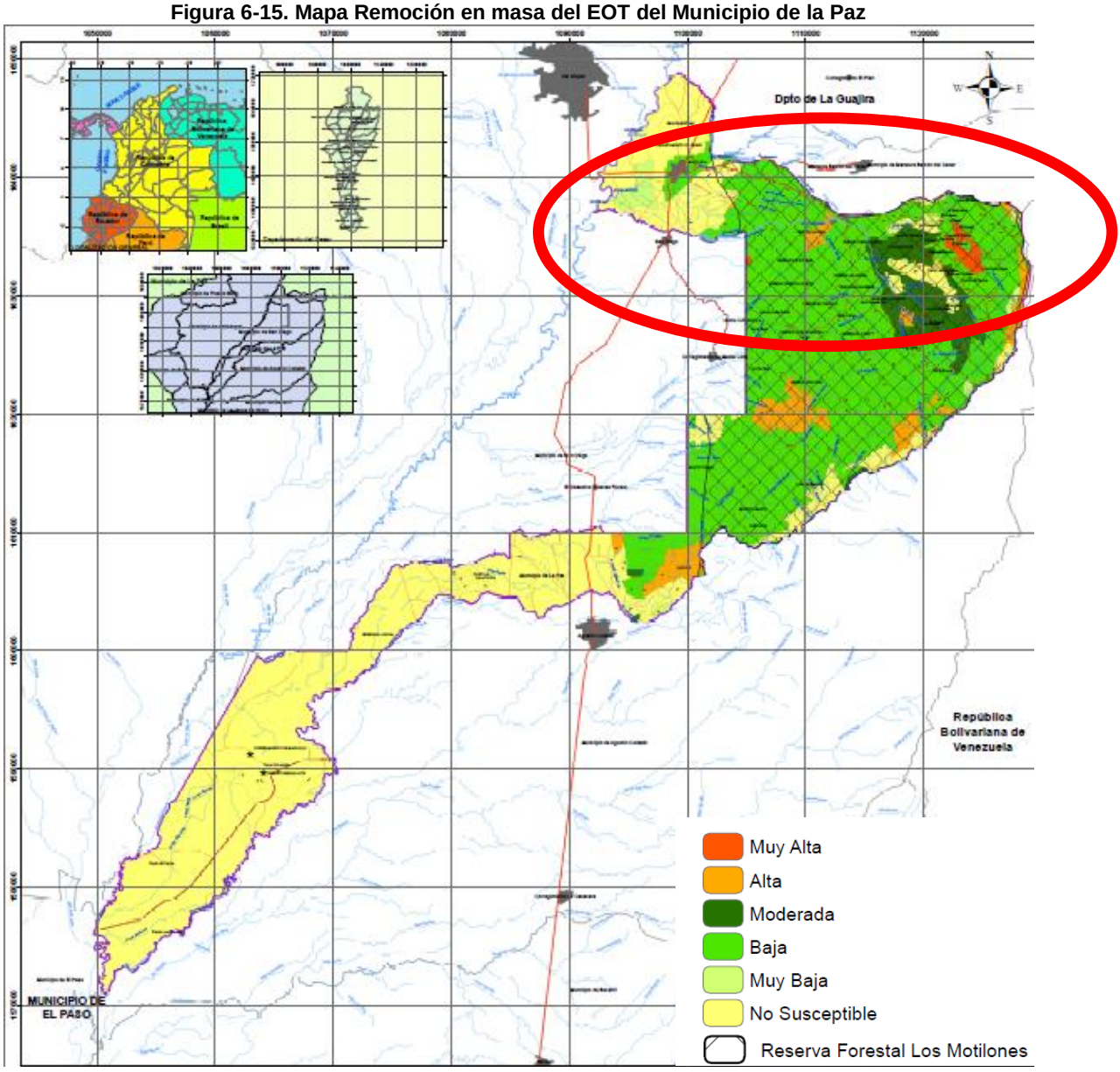

Fuente: Estudio para la elaboración del mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar (2017).

### 6.1.2.5. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de la Paz

El Esquema de Ordenamiento Territorial vigente del municipio de la Paz Cesar, en su capítulo de "**AMENAZAS**" del documento diagnóstico, realiza una descripción del fenómeno en el sector rural y en el sector urbano. Entre las amenazas identificadas se referencian la amenaza remoción en masa, por inundación y por incendios forestales.

Con respecto al riesgo de remoción en masa genera el mapa que se muestra en la Figura 6-15 donde se puede notar que para el territorio que tiene presencia en la cuenca aquí estudiada, hay presencia de zonas con niveles muy altos y altos en la parte alta de cuenca y en general zonas con niveles moderados y bajos.

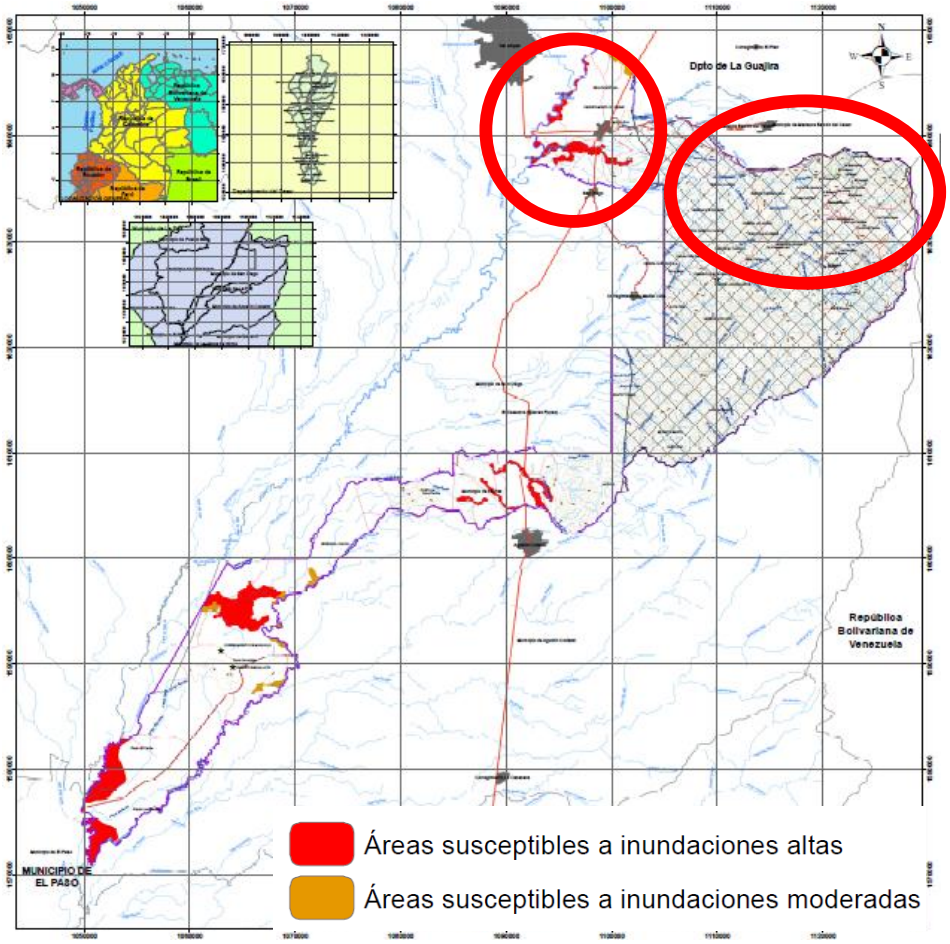
**Figura 6-15. Mapa Remoción en masa del EOT del Municipio de la Paz**




Fuente: EOT del Municipio de la Paz.

Con respecto al riesgo de inundación genera el mapa que se muestra en la Figura 6-16 donde se pueden notar algunas corrientes de agua distribuidas en toda la cuenca con susceptibilidad de inundación alta y en especial en la parte baja donde las manchas de amenaza son de mayor extensión.

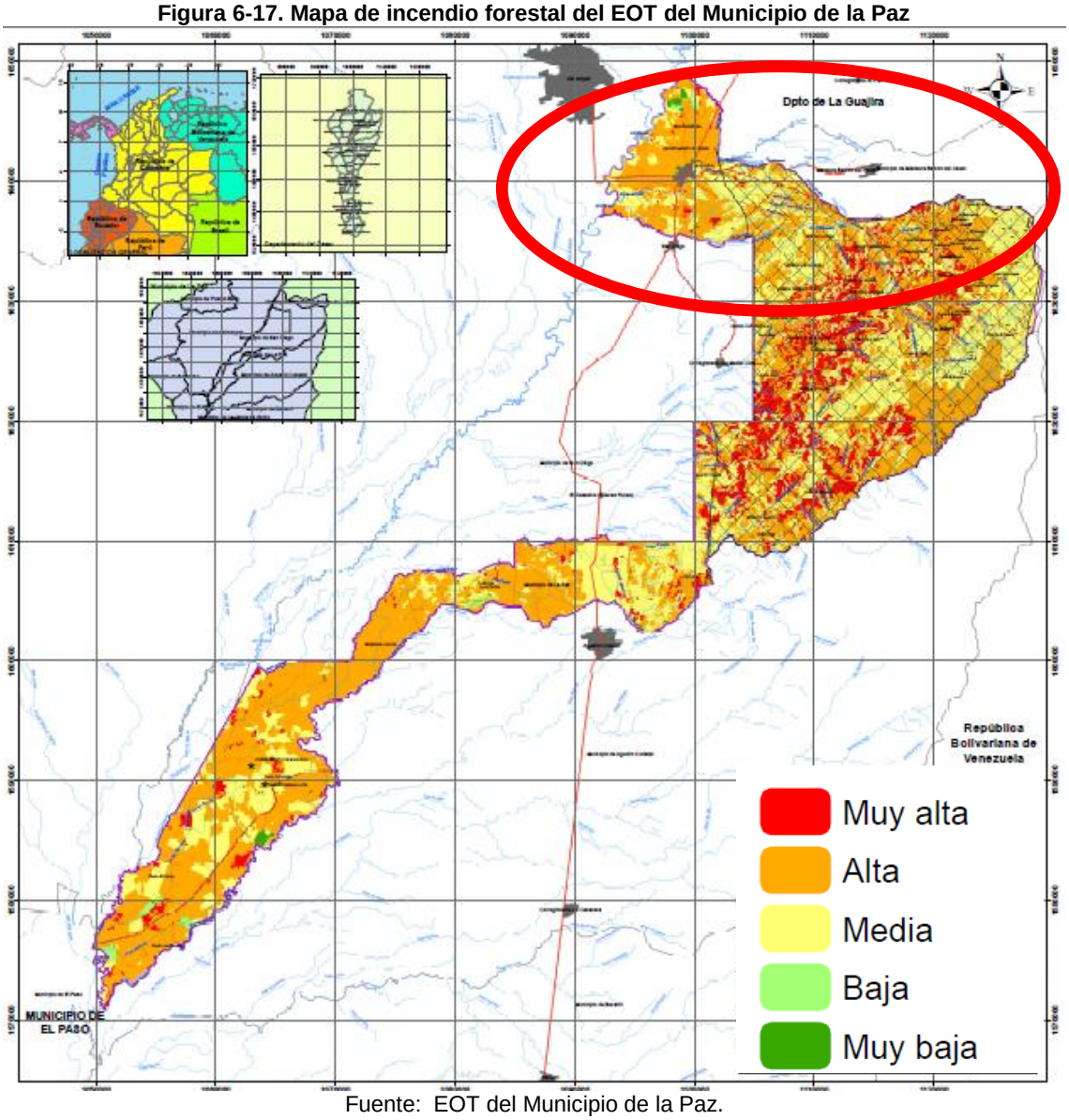
**Figura 6-16. Mapa de inundación del EOT del Municipio de la Paz**




Fuente: EOT del Municipio de la Paz.

Finalmente, con respecto a la amenaza de incendios forestales identifica zonas con amenaza muy alta, alta y media en la mayoría del territorio de la cuenca, tal como se puede apreciar en el mapa de la Figura 6-17.

**Figura 6-17. Mapa de incendio forestal del EOT del Municipio de la Paz**




Fuente: EOT del Municipio de la Paz.

### 6.1.2.6. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Manaure Balcón del Cesar

El Esquema de Ordenamiento Territorial vigente del municipio de Manaure, en su capítulo de "**AMENAZAS**" identifica los tipos de amenazas presentes en la zona y los utiliza como determinantes para el ordenamiento. Entre las amenazas identificadas se encuentran: remoción en masa, explosión de la línea de conducción de gaseoducto, incendios forestales y amenaza por sismos.

Con respecto a remoción en masa menciona que las condiciones actuales del terreno evidencian problemas de inestabilidad, donde los perfiles geológicos – geotécnicos muestran las potenciales superficies de falla, que en este caso corresponden a fallas de tipo circular por tratarse de materiales con cierto grado de meteorización y una capa superficial de suelo orgánico que, en conjunto, desde el punto de vista ingenieril y geotécnico se comportan como suelos. En materia de niveles de amenaza menciona:

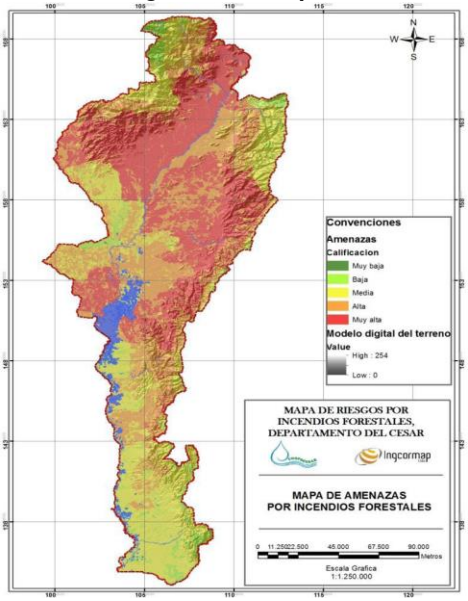
- Susceptibilidad de erosión lateral en la vega baja o valle aluvial del río Manaure Balcón del Cesar.
- Susceptibilidad moderada a la desertificación hacia las zonas media y baja.
- Alta susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en las veredas de Canadá, Hondo del Río y San Antonio.

Con respecto al fenómeno a la amenaza de explosión de la línea de conducción de gaseoducto, menciona que son franjas paralelas y colindantes con la línea de Gas natural La Paz Manaure Balcón del Cesar dedicadas a la protección y seguridad ambiental en una franja entre 30 m del eje del tubo donde no se pueden desarrollar ningún tipo de actividad que genere problemas de explosión y derrame del hidrocarburo.

En materia de incendios forestales, el EOT del municipio de Manaure menciona que el estudio adelantado por Corporcesar (ver Figura 6-18) identifica cinco categorías de amenaza por incendios: muy baja, baja, media, alta y muy alta, encontrando que la mayor parte del territorio se encuentra entre amenaza alta y muy alta debido a la cobertura vegetal, que sumada a las condiciones meteorológicas que para el caso del municipio son secas propicia condiciones de amenaza alta, además de las que las necesidades de agua en el ámbito anual indican que en la zona plana hay déficit marcado y se considera la zona de moderada a alta la falta de agua en el suelo para la época seca.

Según el mapa de la Figura 6-18 Manaure Balcón del Cesar presenta un rango de área con categoría alta a media entre el 37 y 17%.

**Figura 6-18. Mapa de amenaza de incendio forestal del departamento del Cesar**




| MUNICIPIOS | AMENAZA (%) | | VULNERABILIDAD (%) | RIESGO (%) |
|---|---|---|---|---|
| Becerril | | 70 | 93 | 12 |
| Valledupar | | 70 | 28 | 3 |
| Curumaní | | 66 | 99 | 53 |
| La Jagua de Ibirico | | 64 | 100 | 53 |
| El Copey | | 60 | 100 | 63 |
| Agustin Codazzi | | 46 | 28 | 3 |
| Chimichagua | | 50 | 97 | 79 |
| Astrea | *(alta) | 52 | 99 | 100 |
| Rio De Oro | *(media) | 81 | 3 | 3 |
| Gamarra | *(media) | 79 | 27 | 27 |
| San Alberto | *(media) | 62 | 6 | 6 |
| La Paz | | 35 | 18 | 3 |
| El Paso | *(alta) | 37 | 96 | 91 |
| Bosconia | *(alta) | 31 | 64 | 15 |
| Aguachica | *(alta) | 29 | 9 | 9 |
| Pelaya | *(alta) | 25 | 22 | 12 |
| Pueblo Bello | *(alta) | 24 | 30 | 2 |
| González | *(alta) | 12 | 92 | 84 |
| Tamalameque | *(alta) | 10 | 29 | 29 |
| Manaure Balcón del Cesar | *(media) | 17 | 8 | 9 |
| Chiriguaná | | 7 | 100 | 100 |
| Pailitas | | 5 | 35 | 7 |
| La Gloria | | 5 | 20 | 8 |
| San Diego | | 0 | 8 | 3 |
| San Martin | | 0 | 9 | 9 |

| MUNICIPIOS | AMENAZA (%) | | VULNERABILIDAD (%) | RIESGO (%) |
|---|---|---|---|---|
| Tamalameque | *(alta) | 10 | 29 | 29 |
| Manaure Balcón del Cesar | *(media) | 17 | 8 | 9 |
| Chiriguaná | | 7 | 100 | 100 |

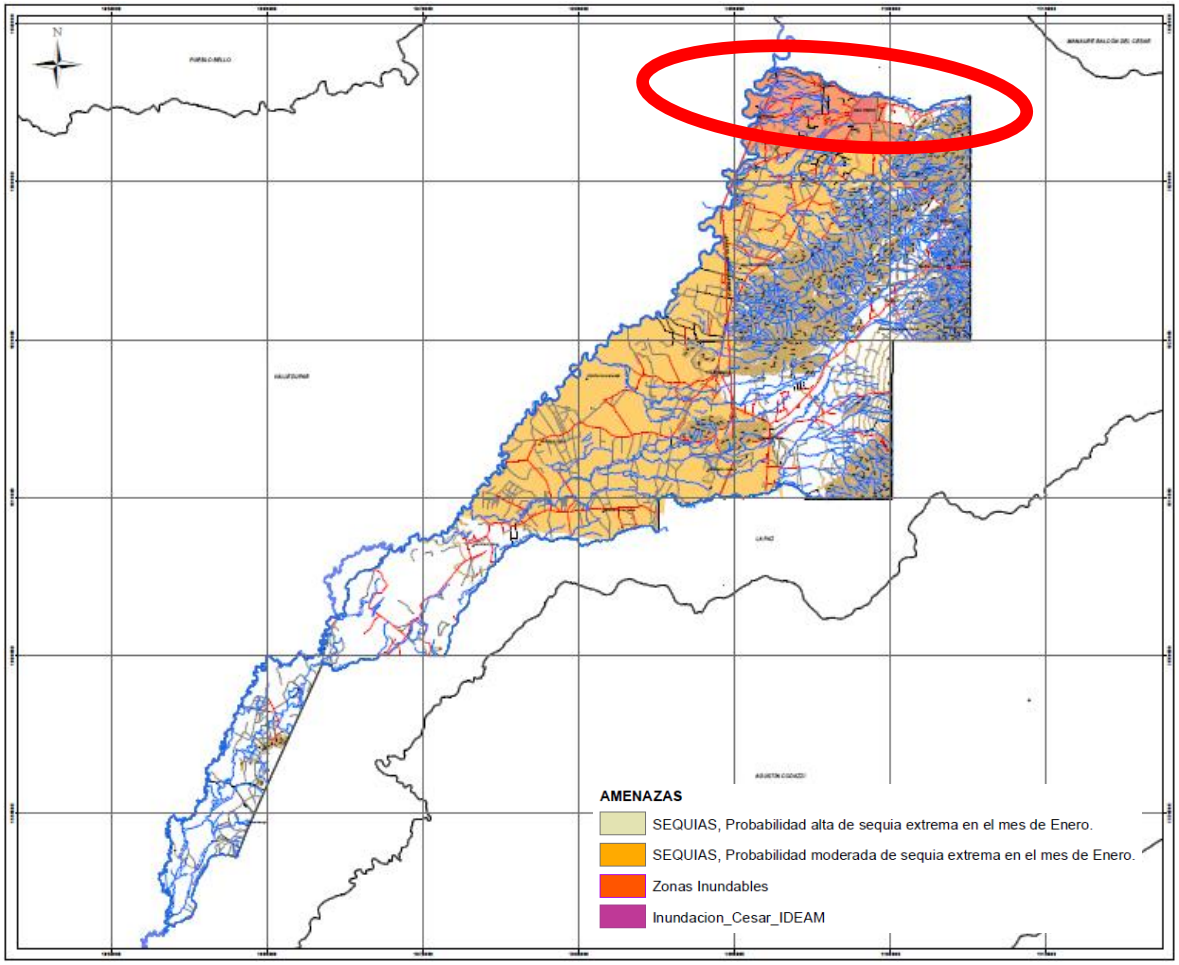
Fuente: EOT del Municipio de Manaure Balcón del Cesar.

Finalmente, con respecto a la amenaza de sismo, el EOT menciona que según el Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10 en el municipio de Manaure Balcón del Cesar posee una zona de amenaza sísmica intermedia.

### 6.1.2.7. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Diego

El Esquema de Ordenamiento Territorial vigente del municipio de San Diego, en su capítulo de "**AMENAZAS**" identifica los tipos de amenazas presentes en la zona y los utiliza como determinantes para el ordenamiento. En ese sentido menciona que por la geomorfología y condiciones climáticas del municipio se pueden presentar amenazas por inundaciones, deslizamientos, sísmicos y por erosión. En los productos cartográficos de este EOT también se visualizan mapas que se refieren y zonifican la amenaza de sequía en el municipio. En el mapa de la Figura 6-19 se puede observar la zonificación de amenaza donde se tiene que, en la zona del territorio del municipio presente en la cuenca, existe probabilidad de sequía moderada.

**Figura 6-19. Mapa de amenaza de sequía del EOT del Municipio de San Diego**




Fuente: EOT del Municipio de San Diego Cesar.

### 6.1.2.8. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de la Jagua del Pilar

En el último proceso de Revisión y Ajuste para Corto y Mediano Plazo del Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de La Jagua del Pilar, La Guajira, fueron identificadas las amenazas socio naturales a las que está expuesto el territorio. Entre estas se analizaron tres tipos: inundación, desertificación y remoción en masa. (ver Figura 6-20, Figura 6-21 y Figura 6-22).

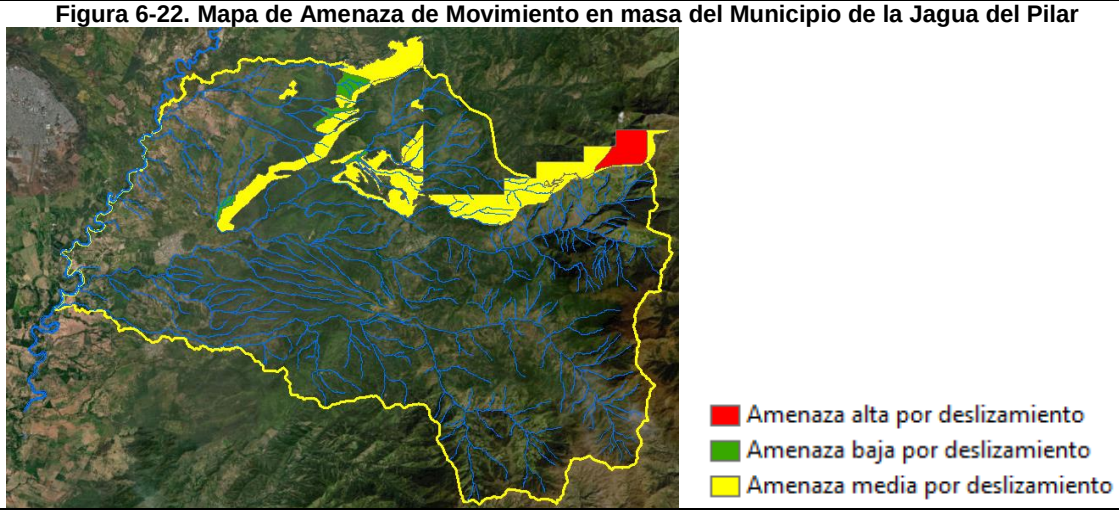
**Figura 6-20. Mapa de Amenaza de Desertificación del municipio de la Jagua del Pilar.**




**Figura 6-21. Mapa de Amenaza de Inundación del municipio de la Jagua del Pilar.**




**Figura 6-22. Mapa de Amenaza de Movimiento en masa del Municipio de la Jagua del Pilar**

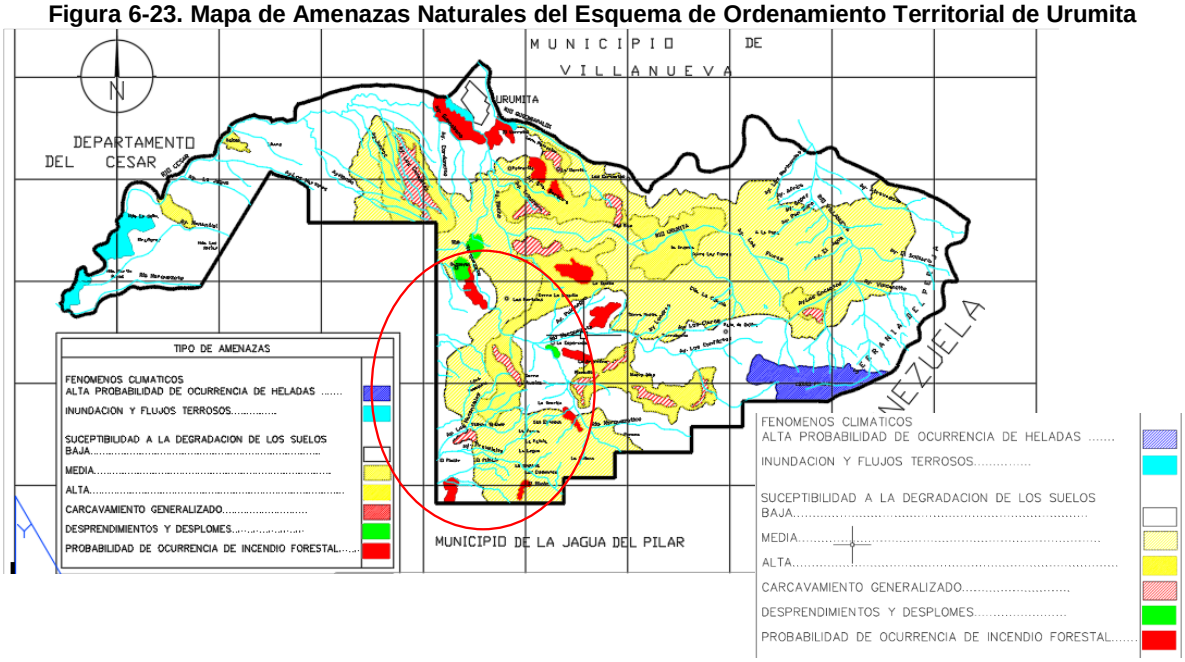



Fuente: EOT del Municipio de La Jagua del Pilar (2018).

### 6.1.2.9. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Urumita

El esquema de ordenamiento territorial del municipio de Urumita adoptado en el año 2001, generó el mapa de amenazas ambientales que se muestra en la Figura 6-23, donde se puede notar que el sector de ese municipio con jurisdicción en la cuenca, está expuesto a la amenaza de probabilidad de ocurrencia de incendios forestales, susceptibilidad a la degradación de suelos alta, media y baja, carcavamientos generalizados, e inundación y flujos de agua. A pesar de que esta información no es reciente, se consideró pertinente referenciarla para este análisis pues aporta datos sobre lo que podría estár pasando en el territorio de Urumita con jurisdicción en la cuenca en materia de amenazas.

**Figura 6-23. Mapa de Amenazas Naturales del Esquema de Ordenamiento Territorial de Urumita**




Fuente: EOT del Municipio de Urumita (2001).

### 6.1.2.10. Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento del Cesar

El Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento del Cesar, realizó una priorización de los tipos de amenazas presentes en ese territorio clasificándolas por subregiones. La cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure se encuentra en la subregión norte del Departamento, donde fueron priorizadas en categoría alta las amenazas relacionadas con deslizamientos ocasionados por asentamientos humanos, crecientes de cuerpos de agua como el rio Manaure y la Serranía del Perijá, incendios forestales ocasionados por las temporadas secas y quemas para establecimiento de cultivos, contaminación por actividad minera en la cuenca del río Cesar y extracción de material de arrastre en diferentes puntos como San diego y La Paz. En categoría media fueron priorizadas las amenazas por inundación, incendios, erosión, vendavales, sequias e incendios estructurales. (ver Figura 6-24).

**Figura 6-24. Tipos de amenazas priorizadas por el Plan Departamental de Gestión del Riesgo del Cesar para la Subregión norte del Departamento**



| TIPO DE AMENAZA | VALOR | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|
| DESLIZAMIENTOS | 7 | ALTA |
| INCENDIOS FORESTALES | 7 | ALTA |
| CONTAMINACIÓN | 8 | ALTA |
| INUNDACION | 6 | MEDIA |
| EROSION | 6 | MEDIA |
| VENDAVALES | 6 | MEDIA |
| SEQUIAS | 6 | MEDIA |
| INCENDIOS ESTRUCTURALES | 6 | MEDIA |

Fuente: Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento del Cesar (2016).

### 6.1.2.11. Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento de la Guajira

El Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento de La Guajira, también realizó una priorización de los tipos de amenaza presentes en ese territorio clasificándolas por subregiones. La cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure se encuentra en la subregión Sur - Sur de La Guajira, en la cual la amenaza de inundaciones obtuvo una calificación alta debido a que los ríos que bajan de la Serranía del Perijá producen inundaciones súbitas generando la afectación a las zonas rurales y urbanas de los municipios de Urumita. Las amenazas de sequias, deslizamiento, vendavales e incendios forestales obtuvieron una calificación media. (ver Tabla 6-1).

**Tabla 6-1. Calificación de amenaza subregión Sur-Sur de La Guajira**

| Calificación de la amenaza Sur-sur de La Guajira: El Molino, Villanueva, Urumita Y la Jagua del Pilar | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de amenaza | Frecuencia | | Intensidad | | Territorio Afectado | | Calificación de la amenaza | |
| | Valor | Calificación | Valor | Calificación | Valor | Calificación | Valor | Calificación |
| Inundaciones | 3 | Alta | 2 | Media | 2 | Media | 7 | Alta |
| Sequías | 3 | Alta | 1 | Baja | 1 | Baja | 5 | Media |
| Deslizamientos | 3 | Alta | 1 | Baja | 1 | Baja | 5 | Media |
| Incendio forestal | 3 | Alta | 1 | Baja | 1 | Baja | 5 | Media |
| Vendaval | 3 | Alta | 2 | Media | 1 | Baja | 6 | Media |

Fuente: Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento de la Guajira (2016).

### 6.1.2.12. Plan municipal para la gestión del riesgo municipio de Manaure Balcón del Cesar 2012

El plan municipal para la gestión del riesgo de Manaure Balcón del Cesar 2012, menciona que su objeto es establecer la organización funcional, coordinación y procedimientos a desarrollar por las instituciones operativas de las comunidades para efectuar las acciones de aislamiento, búsqueda, rescate y evacuación de la población afectada por emergencias y/o desastres.

Como se puede notar, el alcance de este plan, más que referirse al componente de conocimiento y mitigación del riesgo, se refiere al componente de manejo y atención del desastre. Es decir, un plan más operativo que investigativo o preventivo. Por esta razón no cuenta con un capítulo que identifique los tipos de amenazas a los que está expuesto el municipio. No obstante, entre las emergencias sobre las que plantea medidas de atención de desastres se encuentran, las inundaciones, los incendios forestales y los deslizamientos. Por tanto, se asume que este instrumento de planificación reconoce estos tres fenómenos amenazantes en la zona.

### 6.1.2.13. Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Urumita

Este plan aborda los tres componentes propios de la gestión del riesgo y los desarrolla desde un enfoque donde se planteas programas y acciones/proyectos para cumplirlos. Es así como plantea un programa de conocimiento de riesgo, uno para la mitigación del riesgo y otro para la atención del desastre.

En el desarrollo de cada uno de esos programas reconoce la presencia en el municipio de las amenazas correspondientes a movimiento en masa, inundación, avenidas torrenciales por los arroyos la Tentación y el rio Mocho de Urumita, sismos, e incendios forestales.

### 6.1.2.14. Plan Municipal de Gestión del Riesgo de La Jagua del Pilar

El plan municipal de gestión del riesgo de La Jagua del Pilar identificó los escenarios de riesgo relacionados en la Tabla 6-2, donde se puede notar la presencia de amenazas por inundaciones, vendavales y tormentas, movimientos en masa o deslizamientos, erosión, sismos, incendios forestales y explosión por planta de gas.

**Tabla 6-2. Escenarios de Riesgo identificados por el PMGR del municipio de la Jagua del Pilar**

| B. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO | |
|---|---|
| **B.1. Identificación de Escenarios de Riesgo según el Criterio de Fenómenos Amenazantes** | |
| Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen hidrometeorológico | Riesgo por:<br>a) Inundaciones por desbordamiento de los ríos Marquezote y Pereira<br>b) Inundación por crecientes súbita y desbordamiento de Arroyos en el perímetro Urbano<br>c) Vendavales zona Urbana y zona Rural<br>d) Tormentas Eléctricas<br>e) Tempestad – Lluvias Intensas |
| Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen geológico | Riesgo por:<br>a) Movimiento de masas en los ríos Marquesote y Pereira<br>b) Deslizamientos en la Serranía del Perijá<br>c) Erosión<br>d) Sismos |
| Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen tecnológico | Riesgo por:<br>a) Incendio Forestales<br>b) Incendios por comercialización ilegal de Combustibles<br>c) Explosión por Planta de Gas |

Fuente: Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento de la Guajira (2016).

### 6.1.2.15. Mapa de inundación generado por el IDEAM 2010-2011

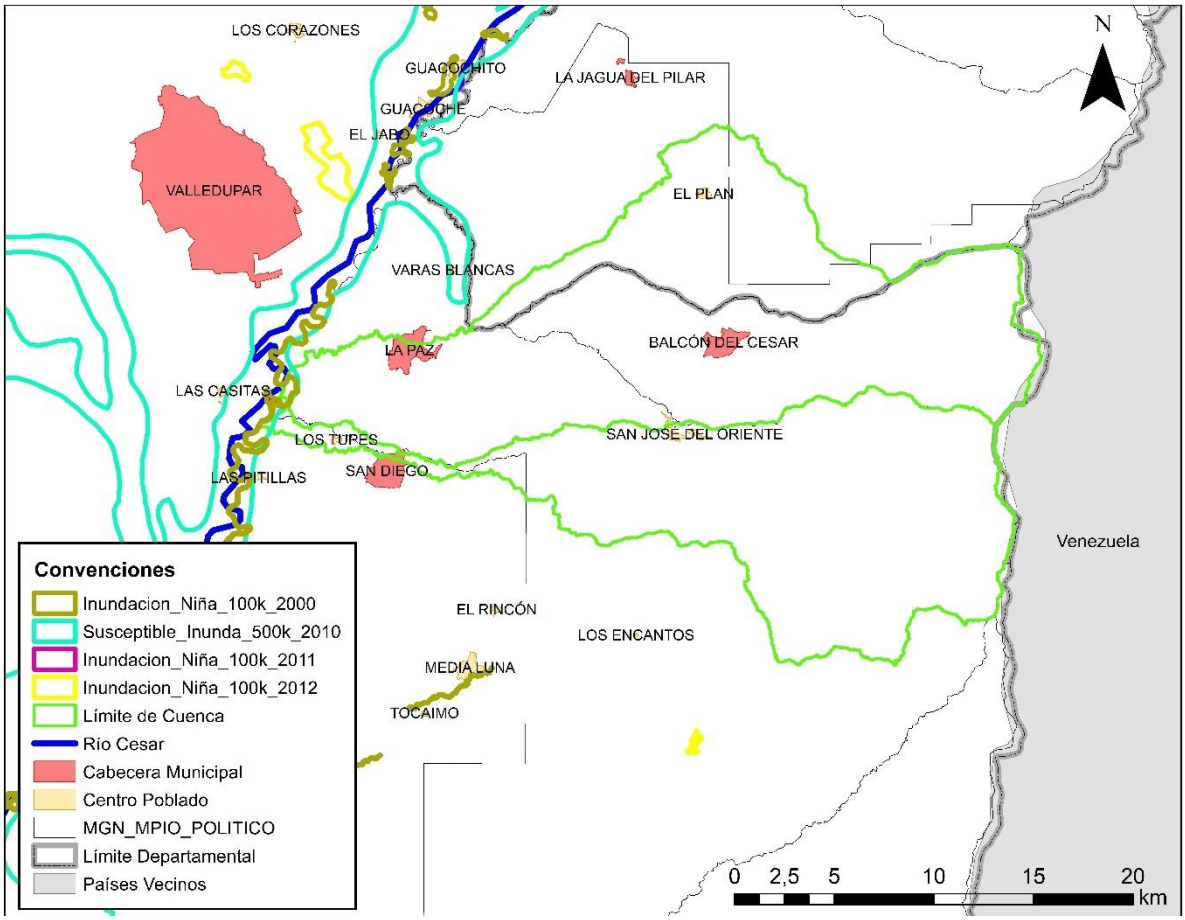
Después de sucedidos los eventos de inundación más representativos del país y que fueron denominados Fenómenos de la Niña 2010, 2011 2012, el IDEAM generó mapas a escala nacional, donde a través de la interpretación de imágenes satelital de la época, imágenes de sensores remotos tanto ópticas como de radar disponibles para realizar la interpretación y mediante la aplicación de técnicas de procesamiento digital e interpretación visual se identificaron las zonas sometidas a inundación. Con esto se logró establecer la extensión de la inundación correspondiente a una escala cartográfica 1:100.000.

Así mismo el IDEAM estableció una línea base que sirvió de referencia a las inundaciones y que permitió estimar la extensión asociada al evento en particular, en la cual se identificaron las superficies cubiertas por espejos de agua y las coberturas asociadas a ella, entre las que se destacan las zonas pantanosas y otras coberturas que por sus condiciones edafogenéticas, favorecen la ocurrencia de procesos de inundación.

Ante la falta de registros de eventos históricos para asociarle un periodo de retorno a ese evento, algunos autores han asumido que el mismo corresponde al de un periodo de retorno de 100 años. Con el propósito de corroborar si el territorio de la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure fue registrado dentro de esos mapas, se hizo una superposición de este con la cuenca.

Los resultados de la superposición se presentan en el mapa de la Figura 6-25, y en él, se evidencian dos tipos de inundación: la primera corresponde a las zonas afectadas por la inundación 2010-2011 y la otra corresponde a las zonas que se inundan con periodicidad.

**Figura 6-25. Mancha de Inundación IDEAM 2010 – 2011 Vs Cuenca Hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure**




Fuente: Autores (2019), con información base del IDEAM (2010 -2012).

La mancha de inundación del año 2010-2011 realizada por IDEAM, muestra que una parte de la cuenca ubicada en el territorio de la Jagua del Pilar y La Paz se vio afectada por las precipitaciones que tuvieron lugar como consecuencia del fenómeno de la niña 2010 – 2011. Esta zona está asociada al tramo del río Pereira que desemboca en el río Cesar, la cual coincide con lo plasmado en el mapa de amenaza de inundación del EOT del municipio de La Jagua del Pilar que se muestra en la Figura 6-21.

### 6.1.2.16. Plan de acción regional (PAR) para la lucha contra la desertificacion y la sequía en el departamento del Cesar, con énfasis en la región del rio Cesar convenio 172 / 2004

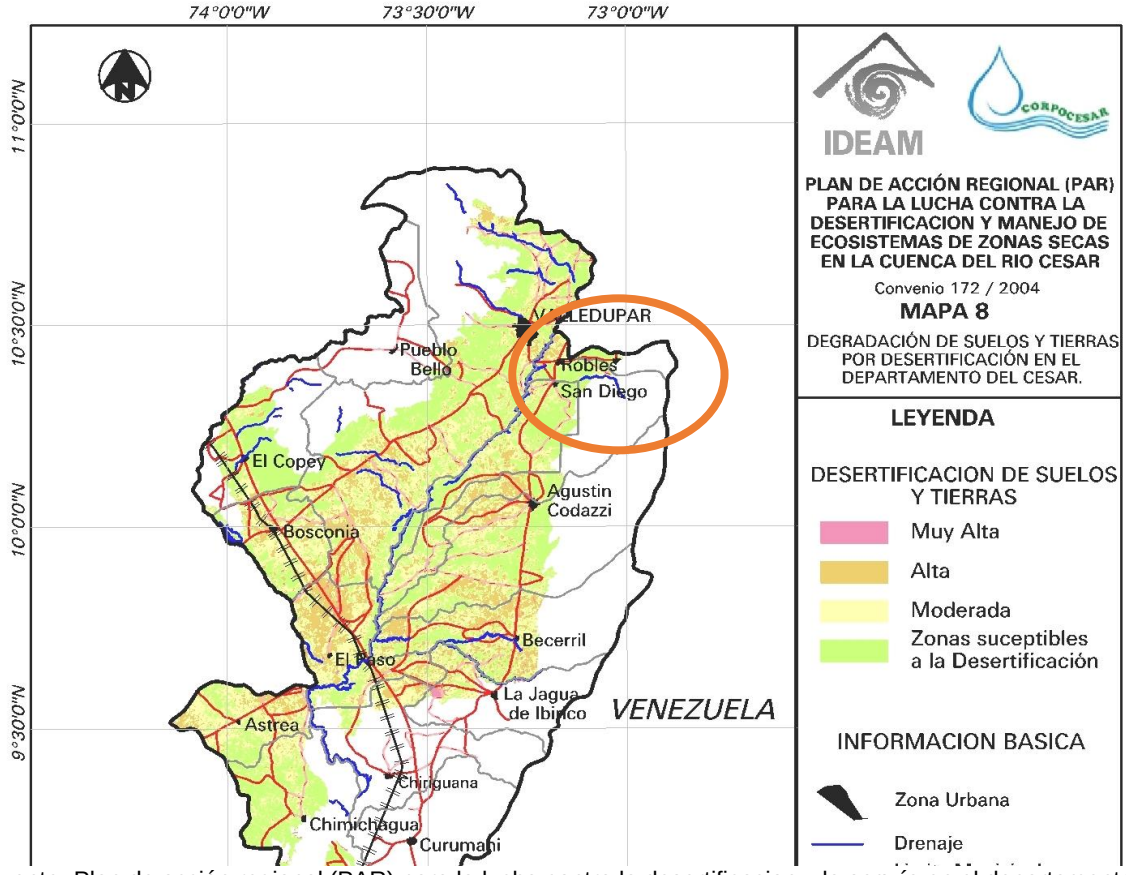
El IDEAM en convenio con CORPOCESAR desarrolló el Plan de acción regional (PAR) para la lucha contra la desertificacion y la sequía en el departamento del Cesar, con énfasis en la región del rio Cesar el año 2007.

Este plan deja en evidencia la amenaza a la que está expuesto el departamento del Cesar en materia del fenómeno de desertificación. Por medio del modelo elaborado por el IDEAM para identificar las zonas en desertificación se determinó el estado del fenómeno en el departamento del Cesar. Los análisis desarrollados permitieron identificar al departamento como una de las regiones más afectadas por este fenómeno a nivel nacional, con un cubrimiento de 950.719 hectáreas en ecosistemas secos (42.04 % del departamento), de los cuales 613.795 hectáreas se encuentran en desertificación (27.14 % del departamento).

La CLD define la desertificación como: la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultantes de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas.

Como resultado del plan se obtuvo el mapa de desertificación de suelos y tierras del departamento del Cesar que se muestra en la Figura 6-26 donde se puede notar que la zona alta y media de la cuenca hidrográfica de los ríos Chiriaimo y Manaure no tiene susceptibilidad a este fenómeno, mientras que en la parte baja, hacia los municipios de San Diego y La Paz, se encuentran zonas susceptibles al fenómeno y zonas con categoría entre moderada y alta.

**Figura 6-26. Mapa de desertificación de suelos y tierras del departamento del Cesar**




Fuente: Plan de acción regional (PAR) para la lucha contra la desertificacion y la sequía en el departamento del Cesar, con énfasis en la región del rio Cesar convenio 172 / 2004.

### 6.1.3. Resultados de las visitas de campo realizados en la zona por parte del equipo consultor

El equipo técnico de la Unión Temporal 2019 adelantó durante la fase de aprestamiento visitas de campo interdisciplinarias (Geólogo, Hidrólogos, Forestales, Biólogos, Sociales) y de reconocimiento visual del territorio de la cuenca con el propósito de captar una percepción sobre las características biofísicas de los compontes y correlacionar a esas características la presencia de posibles fenómenos de amenazas socio naturales. Dichas visitas fueron desarrolladas entre los días 30 de mayo al 09 de junio de 2019. Como resultado fue posible captar las percepciones que se describen Tabla 6-3 y en la Figura 6-27 se muestra registros fotográficos con evidencias de la visita de reconocimiento.

**Figura 6-27. Evidencias de salidas de campo de reconocimiento de la cuenca**





Fuente: Autores (2019).

**Tabla 6-3. Resultados de Visita de Campo**

| Tipo de Amenaza | Descripción del Tipo de Amenaza | Áreas donde se percibe la amenaza |
|---|---|---|
| Movimiento en Masa | Zonas de relieve escarpado, montañoso y ondulado, con pendientes iguales o superiores a 5 grados más los taludes marginales de cauces, así como las zonas planas que puedan recibir los efectos de los movimientos en masa.<br><br>Adicionalmente, se consideran aquellas áreas urbanas y de expansión urbana que teniendo una pendiente menor a 5 grados hayan presentado problemas de inestabilidad y subsidencia debido a problemas geotécnicos o al desarrollo de actividades antrópicas. | El relieve escarpado y ondulado evidenciado en los territorios de la Serranía del Perijá se estudiarán para determinar los efectos de movimientos en masa registrados, así como las zonas planas con influencia de los movimientos. |
| Inundaciones | Zonas en las cuales exista la posibilidad de presentarse una inundación sean aledañas o no a ríos, caños, quebradas, humedales y otros cuerpos de agua o aquellas que hagan parte de su área de influencia.<br>En el análisis se considerarán los casos en los que existan precedentes de mecanismos generadores de inundaciones tales como encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, encharcamiento por deficiencia de drenaje, entre otros. | En la parte baja de la cuenca, sobres los municipios de San Diego, La Paz, y principalmente la Jagua del Pilar, se presencian zonas planas asociadas a planicies aluviales con posibilidades de sufrir estancamientos o encharcamientos de agua que se reflejan en inundaciones y afectaciones de viviendas allí ubicadas. |

| Tipo de Amenaza | Descripción del Tipo de Amenaza | Áreas donde se percibe la amenaza |
|---|---|---|
| Avenidas Torrenciales | Los cauces presentes o con influencia en la cuenca, que por sus condiciones topográficas puedan tener un comportamiento torrencial. | Los relieves escarpados de la cuenca que se encuentran hacia la serranía del Perijá y a la altura de Manaure y Urumita, y que drenan sus aguas hacia ríos quebradas y/o arroyos con pendientes pronunciadas, propician las condiciones para que la cuenca de los ríos Chiriaimo y Manaure sea susceptible a la ocurrencia de fenómenos de avenidas torrenciales causados por prácticas antrópicas o por eventos naturales. Si por cualquiera de estas dos causas un curso de agua se obstruye, se convierte en una represa que en cualquier momento puede ceder o romperse, generando flujos torrenciales que podrían afectar las poblaciones ubicadas aguas abajo. Por tal razón el equipo de la Unión Temporal considera necesario evaluar este tipo de amenaza. |
| Incendios Forestales | Los incendios forestales son fuegos fuera de control en un área natural, como bosques, pastizales o praderas. Se propagan rápidamente y pueden dañar recursos naturales, destruir hogares y amenazar la seguridad de la población | La vegetación presente en la cuenca frente a prácticas humanas que implican quema de elementos, o arrojo de materiales que pueden actuar como combustible, también propicia las condiciones para que la cuenca sea susceptible a fenómenos de incendios forestales. |

Fuente: Autores (2019).

### 6.1.4. Información obtenida durante los talleres con los actores

Tal como se mencionó en el capítulo de estrategias de participación de este documento (Numeral 2.8.3), en la fase aprestamiento se adelantaron encuentros con los actores de la cuenca con el propósito de garantizar las estrategias de participación. Dichos encuentros consistieron en talleres que tuvieron como objetivo socializar el inicio del proceso de formulación del POMCA y desarrollar un ejercicio de cartografía social donde se tuvo la oportunidad de reconocer los componentes biofísicos, socioeconómicos e institucionales de la cuenca, identificar problemas y potencialidades e identificar fenómenos amenazantes. Este último punto se convierte en uno de los insumos necesarios para identificar y justificar los tipos de amenazas presentes en la cuenca.

Para el desarrollo de estos talleres los actores fueron convocados en tres grupos según sus ámbitos conceptuales (ver Tabla 6-4). El primer grupo convocó a los actores del ámbito Social – Comunitario, en seis nodos de participación (La Paz, San Diego, Manaure, Manaure Balcón del Cesar, San José del Oriente, Urumita y la Jagua del Pilar). El segundo grupo convocó, en un solo espacio (Nodo de participación Valledupar), a los actores de los ámbitos gubernamental, prestadores de servicios, productivo, instituciones educativas y comunicaciones. Y el tercer grupo convocó a los actores del ámbito étnico en dos nodos de participación (Resguardo Caño Padilla y Resguardo Rosario, La Paz, Bellavista, Yucatán). En la Tabla 6-4 se reportan las conclusiones de cada uno de esos talleres en materia de gestión del riesgo.

**Tabla 6-4. Conclusiones de los talleres realizados con los actores de la cuenca en la fase de aprestamiento en materia de gestión del riesgo**

| Ámbito | Nodo de participación | Descripción de los Resultados |
|---|---|---|
| Social – Comunitario | La Paz | Las principales amenazas que tienen presencia en la cabecera municipal de La Paz son las inundaciones y vendavales, donde su ocurrencia está determinada por la época de invierno y se dan por el desbordamiento del cauce del río El chorro en la cabecera y el corregimiento de Varasblancas. Además, se presentan incendios forestales y movimientos en masas, específicamente en El cerrito de Las Paz donde los más afectados son los habitantes del barrio Buenos Aires quienes se encuentran ubicados en la parte baja de este. |
| | San Diego | Los tipos de amenaza que tienen presencia en la cabecera municipal de San Diego son las inundaciones en la margen derecha del río Chiriaimo que afectan a todo el centro poblado y los vendavales presentados en el corregimiento Los Tupes |
| | Manaure Balcón del Cesar | Las amenazas que tienen presencia en la cabecera municipal de Manaure Balcón del Cesar son las avalanchas presentadas en las veredas Hondo el río, Canadá y Los Andes, así mismo, hay gran ocurrencia de movimientos en masa o desprendimientos de tierra en masa en las veredas Canadá, San Antonio y Los Andes. Se identificas a su vez ocurrencia de incendios forestales en las veredas Pie del Cielo, Sabanas de León, Canadá, Los Andes y La vega de Jacob. De igual manera se presentan vendavales en la vereda Los Andes. |
| | San José del Oriente | Las amenazas que tienen presencia en este corregimiento son las avalanchas que tienen lugar en todo el cauce del río Chiriaimo y el Riecito, desprendimientos de tierra en masas, incendios forestales, y vendavales. Por otra parte, se manifiesta que el corregimiento no hay ocurrencia de inundaciones. |

Fuente: Autores (2019).

### 6.1.5. Conclusiones sobre los tipos de amenazas identificados en la cuenca

A partir de la información obtenida en la visita de campo de reconocimiento del área de estudio, en el inventario de eventos históricos de amenazas, en la revisión de las fuentes de información existente, y en los talleres realizados con los actores sociales e institucionales, fue posible construir la Tabla 6-5 y Figura 6-28.

**Tabla 6-5. Resumen de tipos de amenazas que tienen presencia en el municipio**

| No. | Tipo de Información | Movimiento en Masa, Caídas o Deslizamient | Inundación | Sismo | Avenida Torrencial | Incendio forestal | Desertificación | Sequía | Erosión | Vendaval y Tormentas Eléctricas | Amenazas Tecnológicas asociadas a operación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Inventario de eventos históricos de la cuenca (Desinventar). | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | | | | SI lo identifica | |
| 2 | Inventario de eventos históricos de la cuenca (SIMMA). | SI lo identifica | | SI lo identifica | | | | | | | |

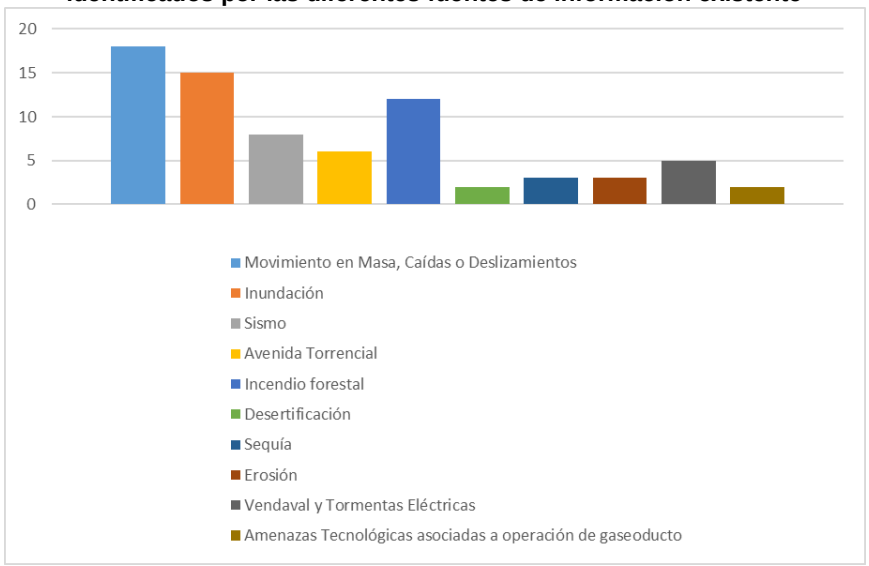
| No. | Tipo de Información | Movimiento en Masa, Caídas o Deslizamient | Inundación | Sismo | Avenida Torrencial | Incendio forestal | Desertificación | Sequía | Erosión | Vendaval y Tormentas Eléctricas | Amenazas Tecnológicas asociadas a operación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Inventario de eventos históricos de la cuenca (Geoportal). | SI lo identifica | | | | | | | | | |
| 4 | Estudio evaluación del riesgo geotécnico en la cuenca del rio Manaure | SI lo identifica | | SI lo identifica | | | | | | | |
| 5 | Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Chiriaimo en el marco del Decreto 1729 de 2002 | SI lo identifica | SI lo identifica | | | SI lo identifica | | | | | |
| 6 | Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Manaure en el marco del Decreto 1729 de 2002. | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | | | | | | |
| 7 | Mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar | | | | | SI lo identifica | | | | | |
| 8 | Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de la Paz | SI lo identifica | SI lo identifica | | | SI lo identifica | | | | | |
| 9 | Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Manaure Balcón del Cesar | SI lo identifica | | SI lo identifica | | SI lo identifica | | | | | SI lo identifica |
| 10 | Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de la San Diego | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | | | | SI lo identifica | SI lo identifica | | |
| 11 | Esquema de Ordenamiento Territorial del | SI lo identifica | SI lo identifica | | | | SI lo identifica | | | | |

| No. | Tipo de Información | Movimiento en Masa, Caídas o Deslizamient | Inundación | Sismo | Avenida Torrencial | Incendio forestal | Desertificación | Sequía | Erosión | Vendaval y Tormentas Eléctricas | Amenazas Tecnológicas asociadas a operación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | municipio de la Jagua del Pilar | | | | | | | | | | |
| 12 | Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Urumita | SI lo identifica | SI lo identifica | | | SI lo identifica | | | | | |
| 13 | Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento del Cesar | SI lo identifica | SI lo identifica | | | SI lo identifica | | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | |
| 14 | Plan Departamental de Gestión del Riesgo del departamento de la Guajira | SI lo identifica | SI lo identifica | | | SI lo identifica | | SI lo identifica | | SI lo identifica | |
| 15 | Plan de Gestión del Riesgo Municipal de la Paz. | | | | | | | | | | |
| 16 | Plan de Gestión del Riesgo Municipal de Manaure Balcón del Cesar. | SI lo identifica | SI lo identifica | | | SI lo identifica | | | | | |
| 17 | Plan de Gestión del Riesgo Municipal de San Diego. | | | | | | | | | | |
| 18 | Plan de Gestión del Riesgo Municipal de Urumita | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | | | SI lo identifica | | SI lo identifica |
| 19 | Plan de Gestión del Riesgo Municipal de la J agua del Pilar. | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | SI lo identifica | | | | | SI lo identifica | |
| 20 | Mapa de inundación generado por el IDEAM 2010-2011. | | SI lo identifica | | | | | | | | |

| No. | Tipo de Información | Movimiento en Masa, Caídas o Deslizamient | Inundación | Sismo | Avenida Torrencial | Incendio forestal | Desertificación | Sequía | Erosión | Vendaval y Tormentas Eléctricas | Amenazas Tecnológicas asociadas a operación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | Plan de acción regional (PAR) para la lucha contra la desertificacion y la sequía en el departamento del Cesar, con énfasis en la región del rio Cesar convenio 172 / 2004 | | | | | | SI lo identifica | | | | |
| 22 | Visitas de campo realizados en la zona por parte del equipo consultor. | SI lo identifica | SI lo identifica | | SI lo identifica | SI lo identifica | | | | | |
| 23 | Información obtenida durante los talleres con los actores | SI lo identifica | SI lo identifica | | SI lo identifica | SI lo identifica | | | | SI lo identifica | |

Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-28. Resumen de tipos de amenazas que tienen presencia en el municipio y que son identificados por las diferentes fuentes de información existente**




Fuente: Autores (2019).

En la Tabla 6-5 y Figura 6-28 se puede notar que los tipos de amenaza más generalizadas en la cuenca son movimiento en masa con 18 fuentes de información que la identifican, seguido por inundaciones con quince fuentes de información; luego incendios forestales con doce fuentes, posteriormente se encuentran los sismos con ocho fuentes, luego avenidas torrenciales con seis, vendavales con cinco fuentes y finalmente sequias, desertificación, erosión y amenazas tecnológicas con tres, tres, dos y dos respectivamente.

Sobre la base de lo anterior y teniendo en cuenta las indicaciones del Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCAs, el presente estudio desarrollará, en la fase de diagnóstico, los estudios para determinar la susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo de los fenómenos correspondientes a inundación, movimiento en masa, avenidas torrenciales, e incendios forestales. Adicionalmente, se establecerá un concepto, en la medida que la información existente así lo permita, sobre los otros tipos de amenazas.

Los tipos de amenazas identificados permiten determinar los siguientes escenarios de riesgo en la cuenca:

- Riesgo de afectación de actividades socioeconómicas y culturales por la materialización de un fenómeno de movimiento en masa, detonado por sismicidad, actividades antrópicas, y/o precipitaciones.
- Riesgo de afectación de actividades socioeconómicas y culturales por la materialización de un fenómeno de inundación.
- Riesgo de afectación de actividades socioeconómicas y culturales por la materialización de un fenómeno de incendios forestales.
- Riesgo de afectación de actividades socioeconómicas y culturales por la materialización de un fenómeno de avenidas torrenciales.
- Riesgo de afectación de actividades socioeconómicas y culturales por la materialización de un fenómeno de vendavales o tormentas eléctricas.
- Riesgo de afectación de actividades socioeconómicas y culturales por la materialización de un fenómeno de sequias y desertificación.
- Riesgo de afectación de actividades socioeconómicas y culturales por la materialización de un fenómeno de erosión.
- Riesgo de afectación de actividades socioeconómicas y culturales por la materialización de un fenómeno de amenazas tecnológicas (Explosión de Gaseoducto).

## 6.2. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE AMENAZA

### 6.2.1. MOVIMIENTOS EN MASA

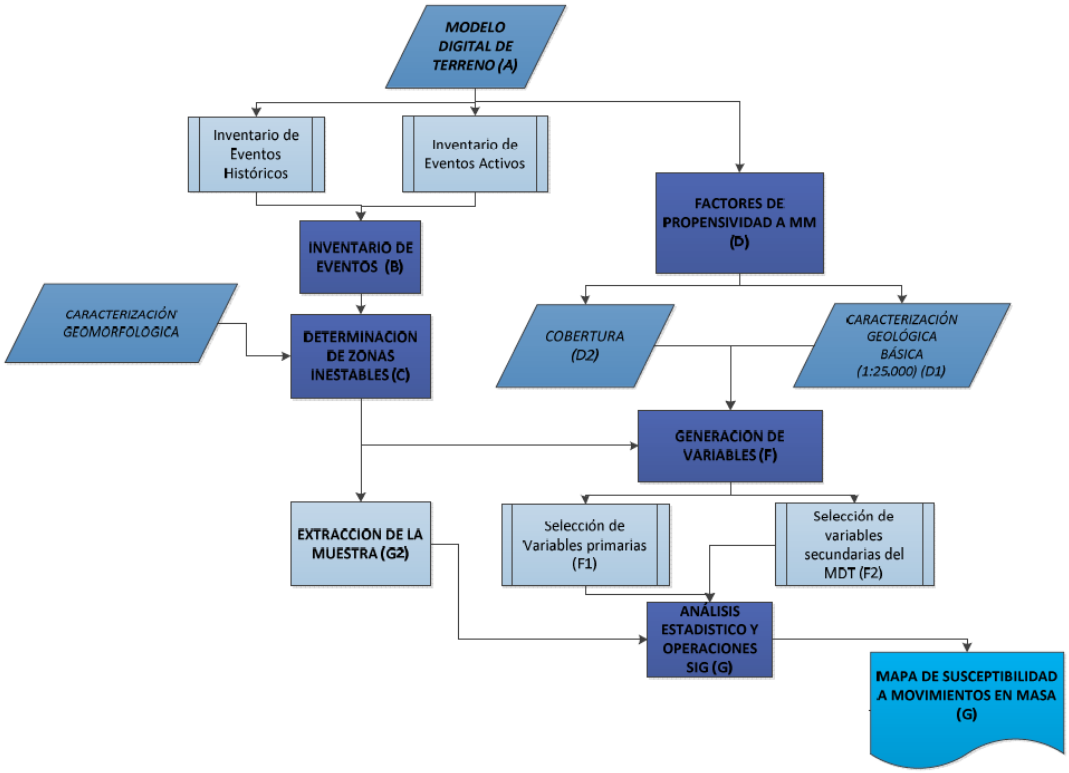
#### 6.2.1.1. Susceptibilidad a Movimientos en Masa

El análisis de susceptibilidad por movimientos en masa puede ser considerarse el primer paso para la zonificación de la amenaza y evaluación de riesgo en una zona determinada. Un mapa de susceptibilidad contiene información sobre los tipos de movimientos en masa, áreas de mayor probabilidad de ocurrencia e incluso áreas de posiblemente afectación. Gracias al continuo trabajo en la gestión del riesgo desarrollada en el mundo y Colombia se tienen diferentes metodologías por la cual se puede obtener este tipo de mapas, los cuales incluyen estudios de método heurísticos, estadísticos y físico

Para determinar el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para las cuenca de los ríos Chiriamo y Manure, el presente documento sigue la recomendaciones dadas en la Guia Técnica para la Formulación de POMCAs, 2014, las indicaciones expuestas por el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA y además, se tendrá en cuenta las recomendaciones dadas en las guías metodológicas para la zonificación de movimientos en masa escala 1:25000 del Servicio Geológico Colombiano (2017), las cuales permiten desarrollar el mapa bajo cuatro grandes pasoso que consisten en desarrollar un mapa de inventario de eventos, elaborar los mapas temáticos que modelen el terreno, generar una discriminación de variables, correr metodologías estadísticas por medio de herramientas SIG y finalmente tener un mapa de susceptibilidad en tres categorías (alta, media y baja).

En la Figura 6-29 se presenta en mayor detalle los pasos a tener en cuenta para la correcta elaboración de dicho mapa.

**Figura 6-29. Ruta para mapa de Movimientos en masa**




Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto (2014).

- **Inventario de eventos**

La evaluación y zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa requiere de un inventario de procesos morfodinámicos como deslizamientos, caída de roca y flujos, que tenga información de la ubicación del evento y de ser posible sus características que permitan dar conocimiento a las condiciones del área de estudio.

El inventario permite calibrar los mapas de zonificación, y da información de las características, ocurrencia y localización de los eventos que según su estado y análisis da la confiabilidad del mapa final.

En la zona de estudio se cuenta con cuatro fuentes de información que permiten elaborar el inventario de procesos morfodinámicos, los cuales consiste en un catálogo histórico de eventos, la fotointerpretación, los reportes municipales y finalmente el levantamiento de campo.

- *Catalogo histórico de eventos*

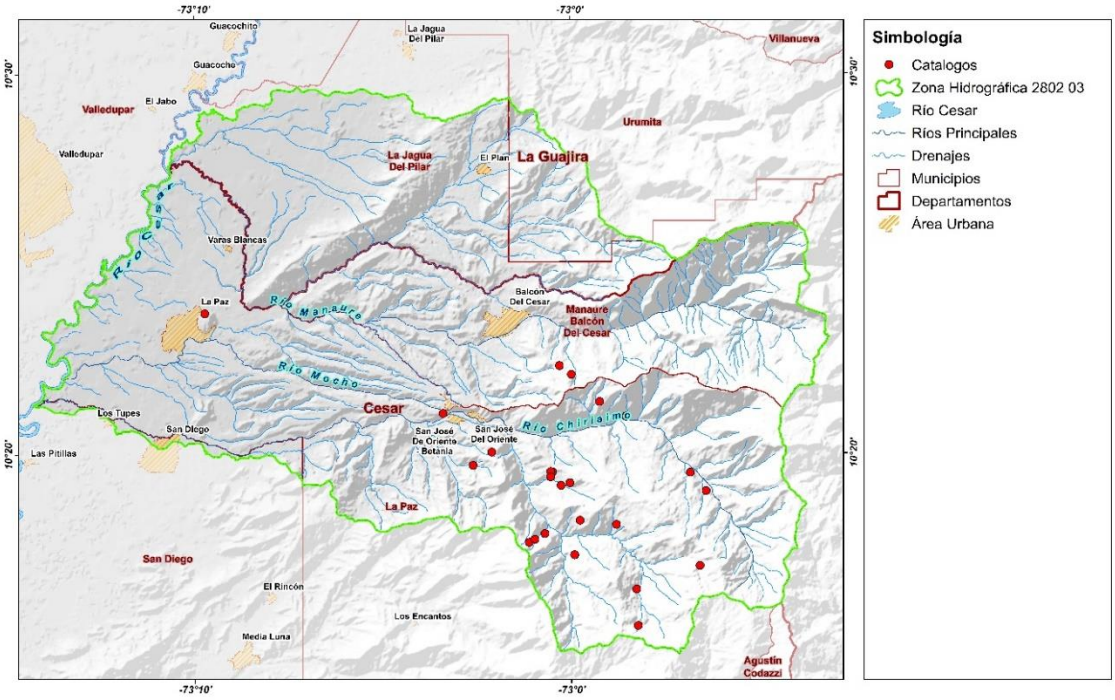
Consiste en una base de datos con información de la ocurrencia histórica de movimientos en masa a través de información secundaria, para el oculto proyecto se tendrá encuneta el Sistema de Inventarios de Desastres (Desinventar) (http://www.desinventar.org) y el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) (http://simma.sgc.gov.co), las cuales son dos bases de datos que recopilan información de eventos a nivel nacional.

El Desinventar es un software desarrollado en 1994 que tiene cobertura en 20 países, y en Colombia está a cargo del Observatorio Sismológico del Sur Occidente. En la última década se ha ido consolidando con información y trabajos de diferentes autores, universidades y entidades involucradas en la gestión del riesgo de desastres.

El SIMMA es una plataforma desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano - SGC y dispone de registros de movimientos en masa desde el año 1917.

La Figura 6-30 presenta los movimientos en masa que presentan georreferencia y afectan la actual zona de estudio, las fecha de estos eventos oscilan del 2010 al 2016.

**Figura 6-30. Recopilación inventario del catálogo histórico**



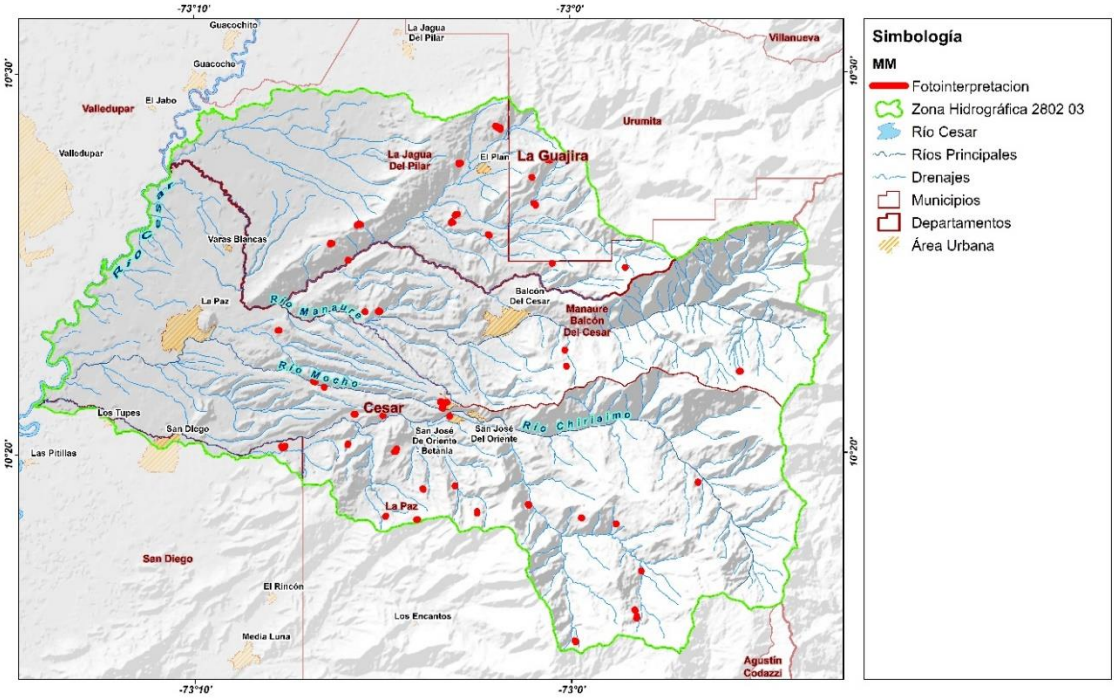

Fuente: Autores (2019).

- *Fotointerpretación*

La fotointerpretación es una técnica muy amplia que permite explorar y estudiar el terreno a través de fotografías áreas multitemporales que permiten definir diferentes elementos geológicos como son la litología, geomorfología, fallas, lineamientos y entre muchos otros como los fenómenos morfodinámicos que es el caso del actual uso, por el cual se la evidencia de procesos de movimiento en masa en la zona.

En este estudio se usó el software Google Earth para evaluar las imágenes multitemporales disponibles entre el 1969 y el 2018. Con este análisis se obtuvo un mapa con localización y caracterización de procesos morfodinámicos, el cual se evidencia en la Figura 6-31 que fue posteriormente revisado en campo.

**Figura 6-31. Movimientos en masa levantados por fotointerpretaciones**




Fuente: Autores (2019).

- *Reportes municipales y regionales*

La ejecución de estudios básicos de amenaza debe ir apoyada por socializaciones con las juntas de gestión del riego, el personal de la alcaldía municipal y la comunidad que tenga conocimiento del territorio. En la Tabla 6-6 se presenta el compendio de información suministrada por la oficina de gestión del riesgo del departamento del cesar entre los años 2012 a 2019 de los eventos de deslizamiento, inundación y avalanchas de la zona de estudio con su ubicación dada en vereda y/o corregimiento.

Se resalta que la mayoría de estos eventos están dados en los dos periodos de lluvias que maneja el país, es decir en mayo y octubre principalmente.

**Tabla 6-6. Eventos de Cesar 2012 a agosto 2019**

| Municipio | Vereda Y/O Corregimiento | Tipo Evento | Fecha |
|---|---|---|---|
| La Paz | San José De Oriente – Tierra Nueva | Deslizamiento/Avalancha/ | 19/10/2012 |
| La Paz | Minguillo | Inundación/ | 19/10/2012 |
| La Paz | Gota Fría | Deslizamiento | 29/10/2012 |
| La Paz | Guaymaral – Gota Fría | Deslizamiento/Vendaval | 29/10/2012 |
| Manaure | Vía Manaure – Vereda Canadá | Avalancha | 4/10/2012 |
| La Paz | Vereda El Curval | Inundación | 27/05/2013 |
| La Paz | Vereda Tres Esquinas | Avalancha | 14/07/2015 |
| La Paz | Vereda Guaimaral | Deslizamiento | 20/11/2016 |
| La Paz | C. San José De Oriente | Deslizamiento | 8/05/2017 |
| La Paz | V. La Quiebra, La Laguna Y Los Andes | Deslizamiento-Inundación | 1/05/2017 |
| La Paz | Cabecera M/Pal | Inundación-Lluvia Desbordamiento Balneario El Chorro | 19/06/2017 |
| Manaure | V. Canadá | Avalancha Por Aguas Lluvias, Arroyo El Quindío | 30/05/2017 |
| La Paz | Cg. San José de Oriente, Laguna de los Indios y Guaymaral | Deslizamiento de Tierra | 7/10/2018 |

Fuente: Oficina para la Gestión del Riesgo de Desastres y Cambio Climático del departamento del Cesar.

- *Levantamiento de campo*

Se hizo una campaña de campo con el objetivo de verificar los procesos identificados con de las fuentes anteriormente descritas, y de caracterizarlos en términos de su actividad según la clasificación de Cruden & Varnes -1996. Los movimientos en masa son divididos en:

- ✓ Activos

Movimientos que actualmente muestran desplazamientos, ya sea por primera vez o que hayan sido reactivados. (ver Figura 6-32).

**Figura 6-32. Ejemplo de movimientos en masa activos en la zona**



Fuente: Autores (2019).

- ✓ Inactivos

Movimientos que no muestran desplazamientos pero que pueden ser reactivados. (ver Figura 6-33).

**Figura 6-33. Ejemplo de movimientos en masa inactivos en la zona**



Fuente: Autores (2019).

Los movimientos inactivos son subdivididos en: i) latentes, cuando la causa del movimiento es evidente sin importar que la masa desplazada esté cubierta de vegetación, ii) estabilizado, cuando la ladera y/o el pie del deslizamiento está protegido por un proceso natural o artificial, y ii) relicto o antiguo, cuando los movimientos permanecen visibles en el paisaje por miles de años, a pesar de estar estabilizados. Los movimientos antiguos ocurrieron en condiciones climáticas y geomorfológicas diferentes a las actuales. Para el modelamiento estadístico solo se usaron las cicatrices activas e inactivas, ya que corresponden a las condiciones actuales del terreno.

En la Figura 6-34 se muestra un terreno que presenta evidencia de movimientos lentos del terreno, esto apreciado desde la inclinación de las palmeras de plátano que allí se encuentran.

**Figura 6-34. Terreno que presenta evidencia de movimientos lentos**



Fuente: Autores (2019).

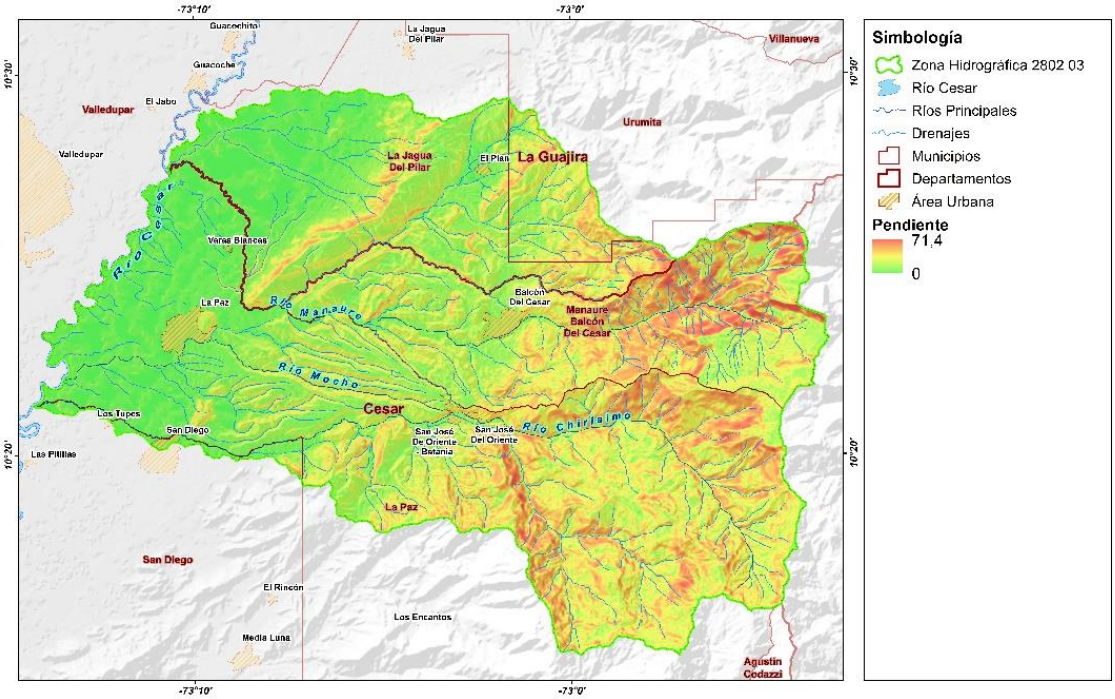
- **Generación de variables**

Dentro de los requerimientos para realizar la modelación de la susceptibilidad es indispensable contar con unos factores llamados condicionantes, que hacen referencia a mapas de variables que permiten la elaboración de la zonificación a través de describir el terreno que se va a evaluar. Para la realización de estas variables se debe contar con cartografía básica, modelo digital de elevación y sensores remotos; A continuación, se presenta una breve descripción y los mapas recomendados en el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, al igual que un par adicional que se consideran de interés para el área.

  - *Pendiente*

La pendiente es el ángulo que hace la superficie del terreno con una línea horizontal y su valor se expresa en grados (de 0° a 90°) o en porcentaje. En los sistemas de información el método de Horn (1981) es el más utilizado para calcular la pendiente, y tiene en cuenta la influencia de las 8 celdas vecinas al pixel central en un arreglo de 3x3, asignando un peso mayor a las celdas más cercanas y un peso menor a las más alejadas o diagonales. ArcGIS tiene implementado el algoritmo que permite su cálculo. (ver Figura 6-35).

**Figura 6-35. Mapa de pendientes**

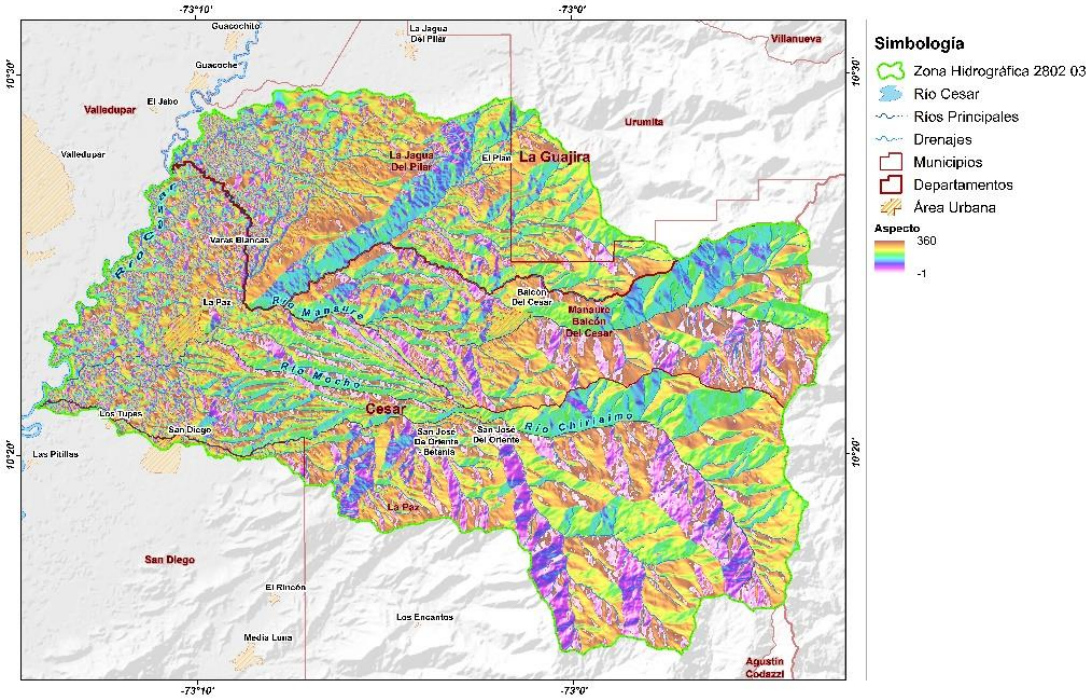



Fuente: Autores (2019).

- *Aspecto*

El aspecto evidencia la dirección de la pendiente y la influencia de la luz solar sobre el terreno. Es calculado utilizando la derivada parcial de la elevación con respecto a las direcciones X y Y, y está evaluada en forma circular. (ver Figura 6-36).

**Figura 6-36. Mapa aspecto**

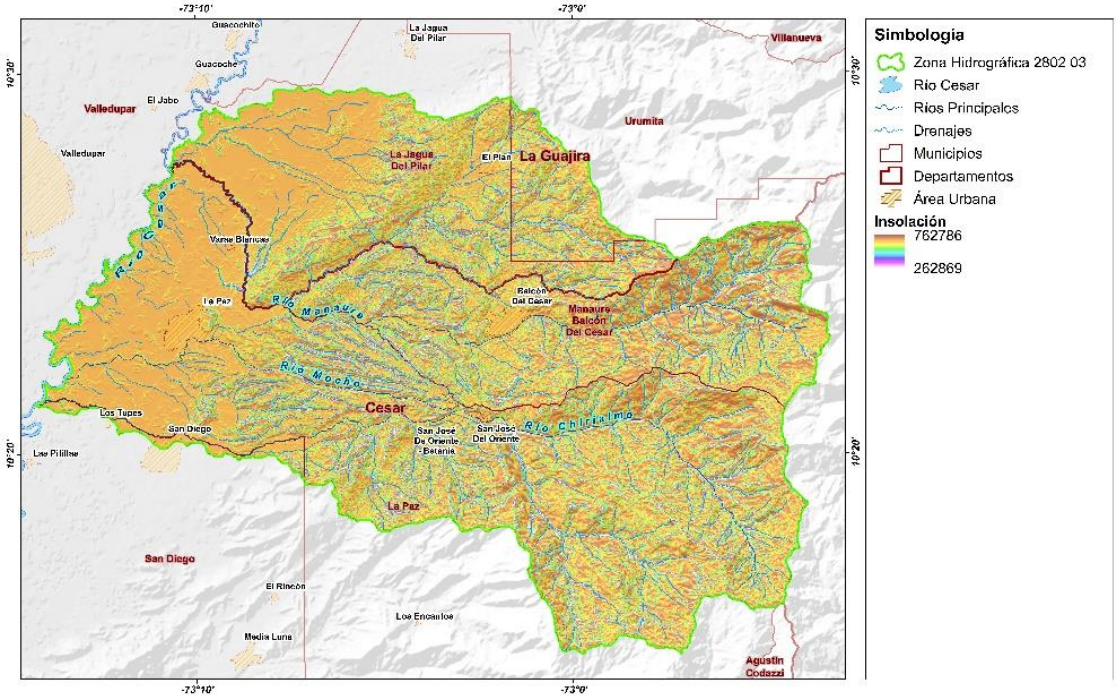



Fuente: Autores (2019).

- *Insolación*

Corresponde al coeficiente de iluminación o intensidad reflejada de la superficie terrestre, indicando el tiempo en que cada punto a evaluar dentro de la cuenca se encuentra en la sombra, lo que tiene incidencia en la humedad del suelo y a cambios bruscos. (ver Figura 6-37).

**Figura 6-37. Mapa de Insolación**

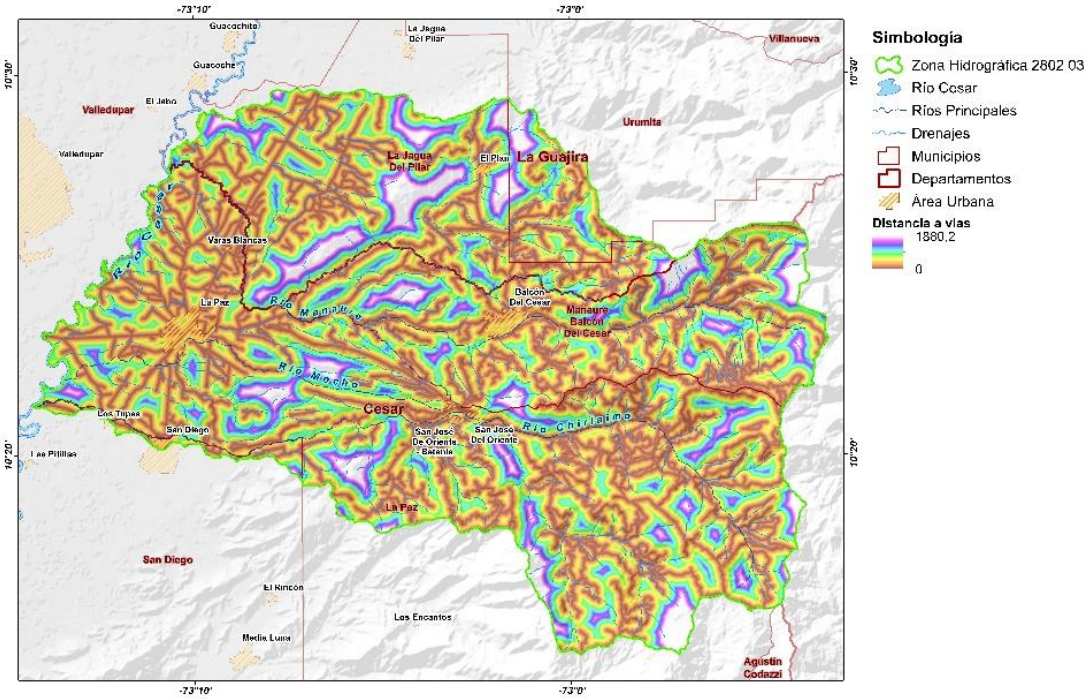



Fuente: Autores (2019).

- *Distancia a vías*

Esta variable hace referencia a la presencia del sistema de la red vial de primer grado, la cual se relaciona con el paso antrópico y vehicular, el cual es tomado en línea recta. (ver Figura 6-38).

**Figura 6-38. Mapa distancia a vías**

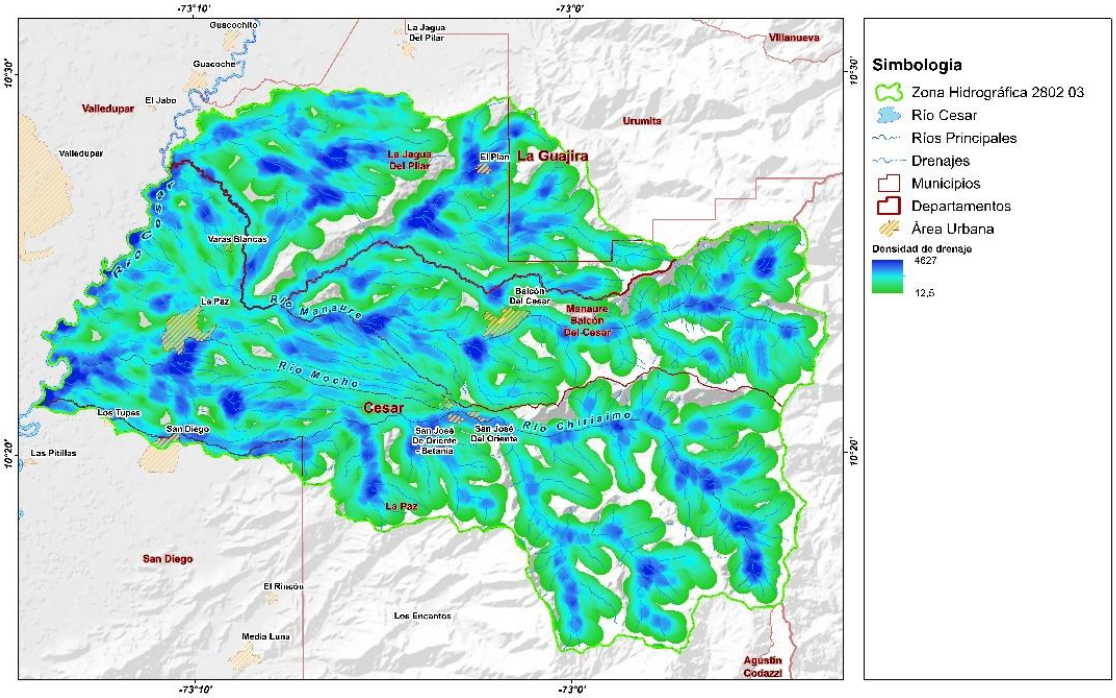



Fuente: Autores (2019).

- *Distancia al drenaje*

Esta variable hace referencia a la presencia del sistema de la red de drenaje, la cual se relaciona con el gradiente promedio y áreas de drenaje de las corrientes, así como también con condicionantes locales como presencia de manantiales, empozamientos, zonas de infiltración, entre otro. (ver Figura 6-39).

**Figura 6-39. Mapa distancia al drenaje**

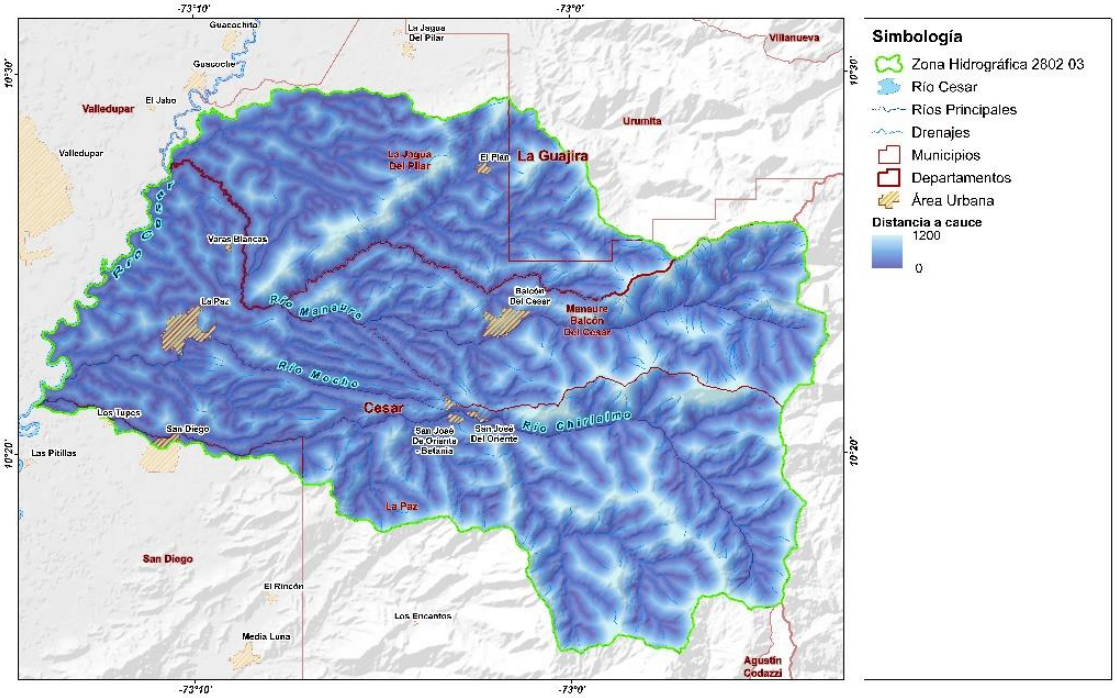



Fuente: Autores (2019).

- *Distancia a cauces*

Esta variable hace referencia a la presencia del sistema de la red de drenaje, la cual se relaciona con el gradiente promedio y áreas de drenaje de las corrientes y su distancia en línea recta. (ver Figura 6-40).

**Figura 6-40. Mapa distancia a cauce**

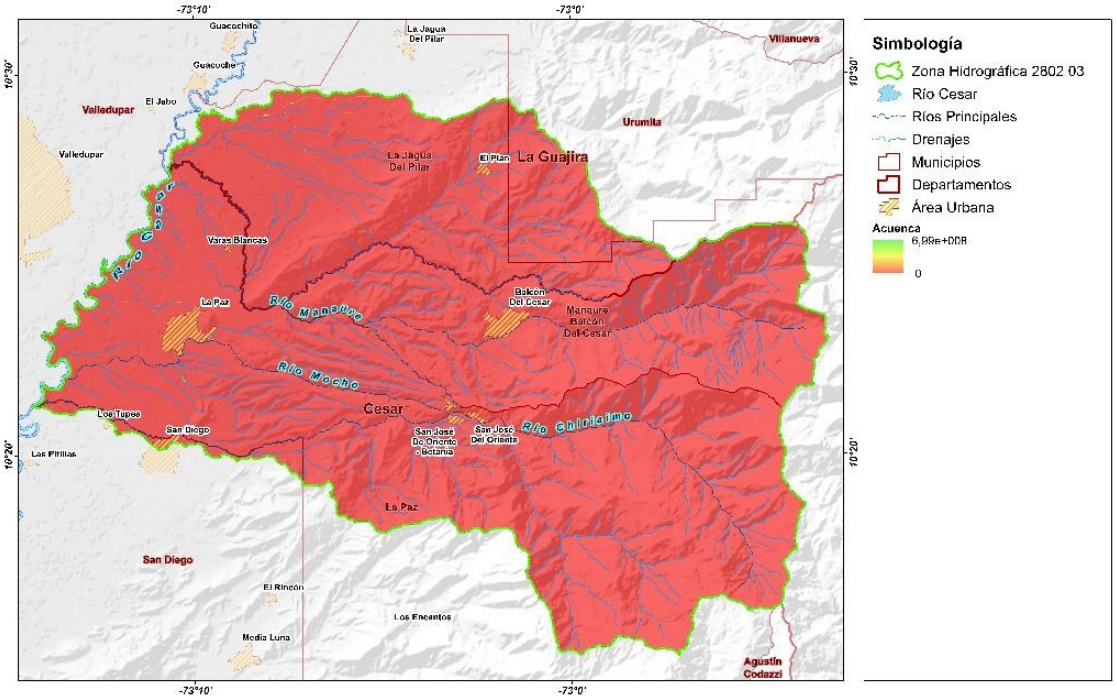



Fuente: Autores (2019).

- *Acuenca*

El área cuenca se relaciona con la cantidad de agua que es capaz de recoger e infiltrar en el terreno. A mayor superficie más agua infiltrada y más posibilidades de producir roturas. Se obtiene a partir de la dirección del flujo, el cual permite posteriormente calcular la acumulación por cada celda del DTM. (ver Figura 6-41).

**Figura 6-41. Mapa Acuenca**

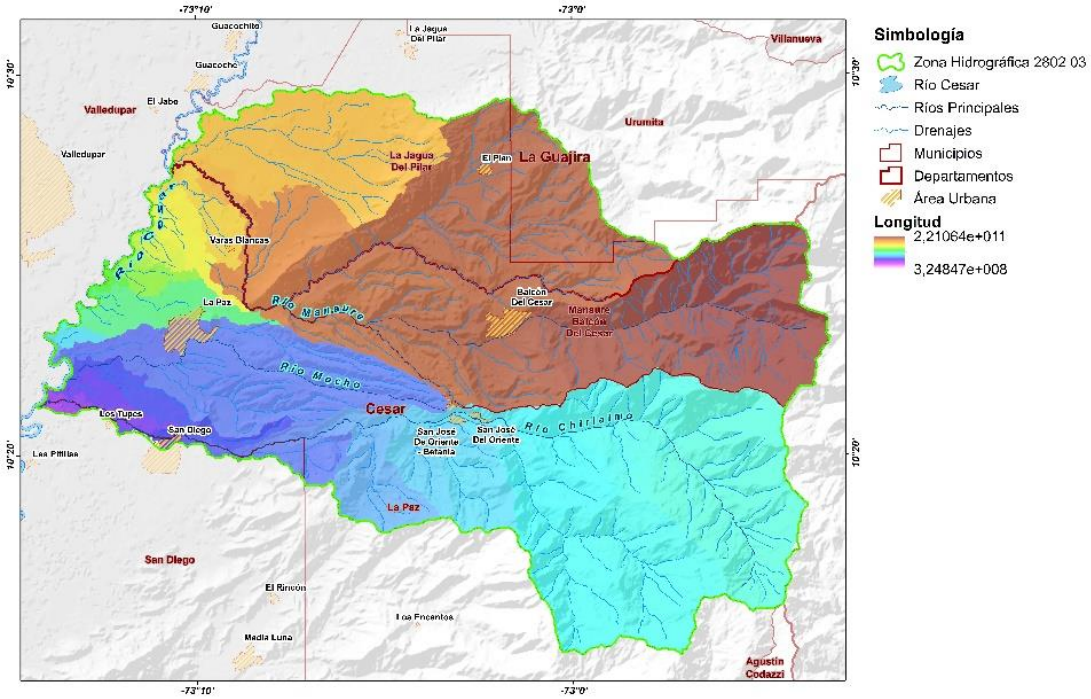



Fuente: Autores (2019).

- ***Longitud***

Esta variable da una indicación del tamaño de la cuenca acumulada, la capacidad de la misma para concentrar agua subterránea y de la posible acumulación de sedimentos. Se obtiene a partir de la dirección de flujo que permite posteriormente calcular la longitud máxima de la cuenca acumulada para cada celda del DTM. (ver Figura 6-42).

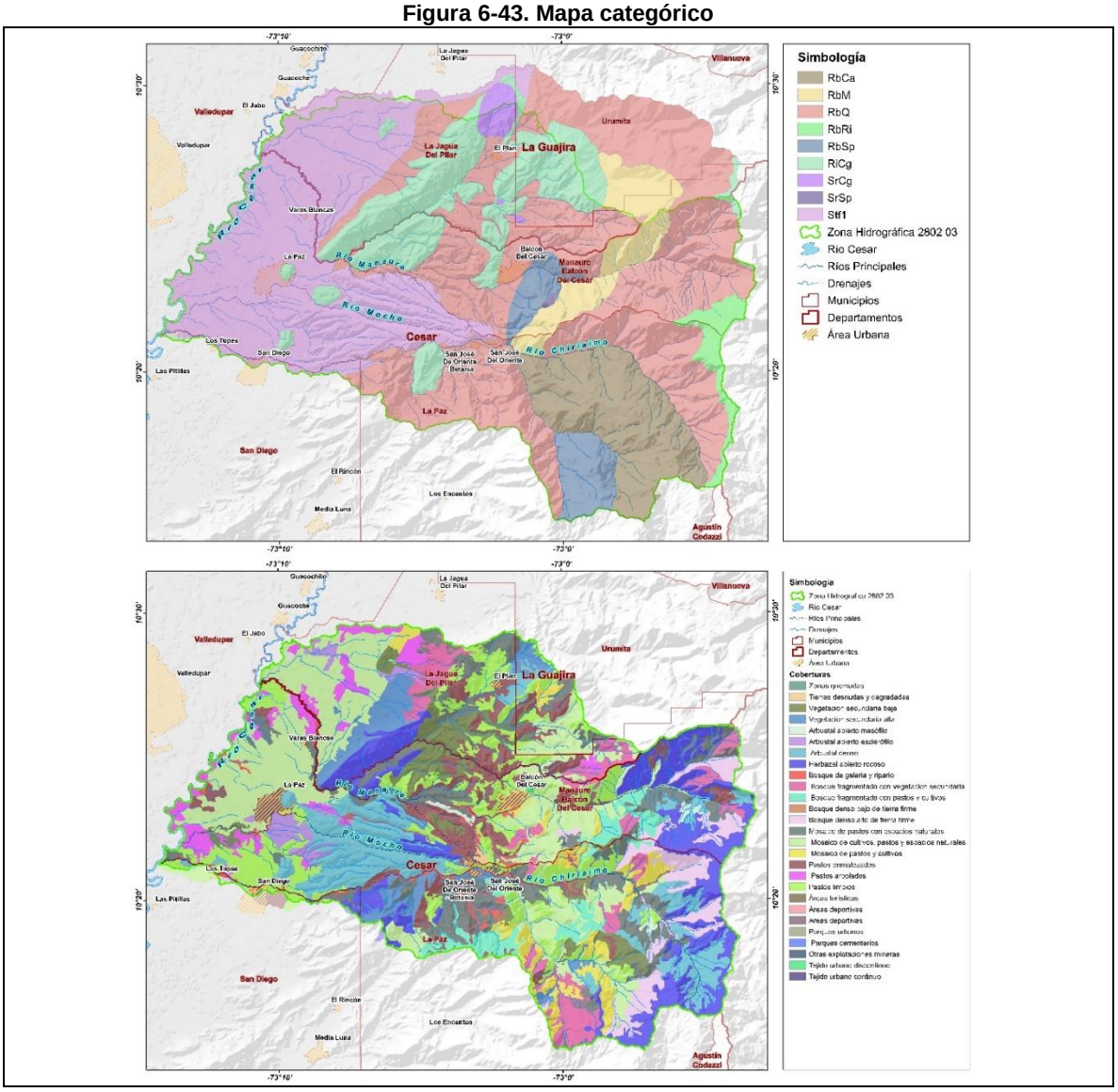
**Figura 6-42. Mapa de longitud**

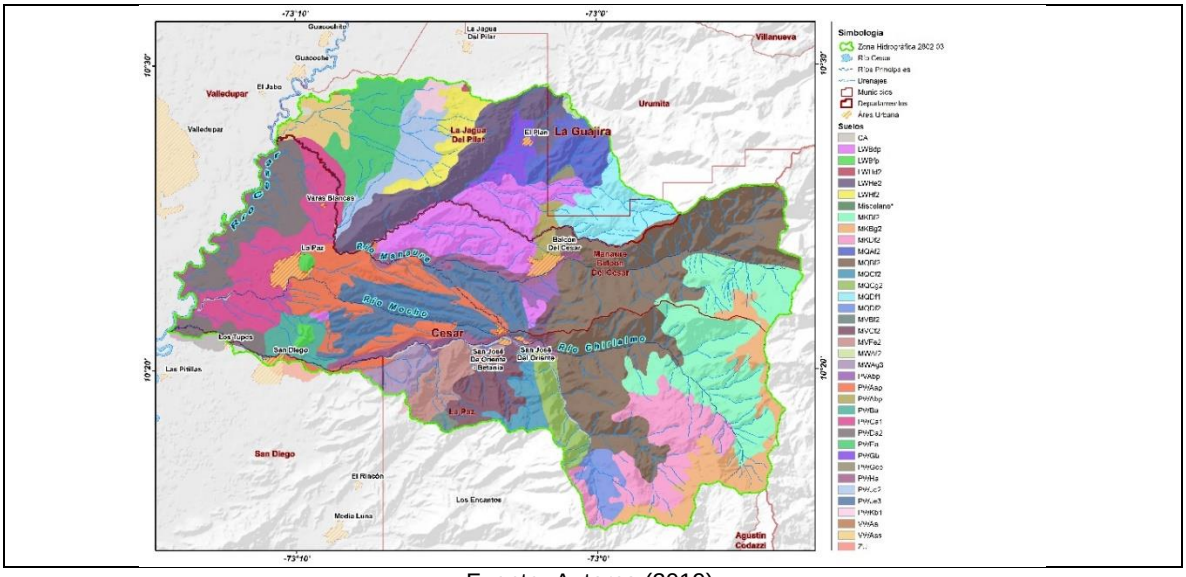



Fuente: Autores (2019).

Las variables anteriormente mencionadas hacen parte de los mapas que son obtenidos por medio de ayuda de herramienta de sistemas de información geográfica y las variables geología básica, coberturas vegetales y mapa de suelos, consideradas variables categóricas (ver Figura 6-43) y a su vez realizada bajo los lineamientos requeridos para el POMCA se pueden ampliar información de elaboración en cada uno de sus respectivos capítulos.

**Figura 6-43. Mapa categórico**






Fuente: Autores (2019).

- **Análisis estadístico y SIG**

Posterior a definir las anteriores variables que serán las encargadas de describir el terreno, se procede a evaluar la importancia de cada una de ellas por el método estadístico recomendado en el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA correspondiente al análisis discriminante el cual permite evaluar la diferencia entra varios grupos de datos o varias variables en forma simultánea a partir de funciones discriminantes que son combinaciones lineales de las variables independientes que mejor discriminan o separan el grupo; es decir, en este caso, se evalúa como la presencia o ausencia de movimientos en masa afecta cada categoría de los once mapas temáticos.

Esta combinación de variables es conocida como función discriminante y tiene la siguiente forma (Cardona, 2013):

$$di = bo + b1\ xi1 + \ldots\ldots + bp\ xip \quad (1)$$

Donde
di es el valor de la función discriminante para el caso i
p es el número de predictores
bj es el valor del j-ésimo coeficiente de la función
xij es el valor del caso i-ésimo para el predictor j

Antes de realizar el análisis discrimínate se evalúan las once variables por el método de correlación de Pearson y correlación de Sperman, que son una medida no paramétrica de la correlación de rango (dependencia estadística del ranking entre variables). Se utiliza principalmente para el análisis de datos, en este caso para verificar que las variables temáticas usadas no tengan una relación muy grande entre ellas; para ello fueron tomados como variables altamente correlacionadas aquellas que tengan valores entre 0.8 a 1.

Tal como se observa en la Tabla 6-7 y Tabla 6-8, las únicas variables con un coeficiente superior a ±0.5 son: Distancia a cauce y densidad de drenaje, las cuales parten de los drenajes y por ello es entendible su correlación, sin ser lo suficiente para sacar alguna de las variables de análisis siguiente que es el análisis discriminante.

**Tabla 6-7 Correlación de Spearman**

| | Acuenca | Aspecto | Cobertura Vegetal | Densidad de drenajes | Distancia a cauce | Distancia a vías | Geología | Insolación | Longitud | Pendiente | Suelos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Acuenca** | **1,000** | -0,046 | ,120** | -,092** | -,111** | 0,015 | 0,009 | ,077** | -0,005 | ,320** | -0,013 |
| **Aspecto** | -0,046 | **1,000** | -0,002 | 0,008 | 0,034 | -,100** | ,148** | 0,031 | 0,030 | -,150** | ,097** |
| **Cobertura Vegetal** | ,120** | -0,002 | **1,000** | -0,026 | -,067* | 0,051 | 0,026 | 0,016 | -0,018 | ,145** | ,065* |
| **Densidad de drenajes** | -,092** | 0,008 | -0,026 | **1,000** | -,701** | -,191** | ,059* | 0,035 | -,076** | -,222** | ,242** |
| **Distancia a cauce** | -0,111 | 0,034 | -,067* | 0,701 | **1,000** | ,201** | -,080** | -0,036 | ,108** | ,083** | -,228** |
| **Distancia a vías** | 0,015 | -,100** | 0,051 | -,191** | ,201** | **1,000** | -,131** | -0,040 | ,095** | ,130** | -,230** |
| **Geología** | 0,009 | ,148** | 0,026 | ,059* | -,080** | -,131** | **1,000** | 0,002 | -,252** | 0,031 | ,448** |
| **Insolación** | 0,077 | 0,031 | 0,016 | 0,035 | -0,036 | -0,040 | 0,002 | **1,000** | -0,003 | ,085** | ,086** |
| **Longitud** | -0,005 | 0,030 | -0,018 | -,076** | ,108** | ,095** | -,252** | -0,003 | **1,000** | ,075* | -,445** |
| **Pendiente** | ,320** | -,150** | ,145** | -,222** | ,083** | ,130** | 0,031 | ,085** | ,075* | **1,000** | -,293** |
| **Suelos** | -0,013 | ,097** | ,065* | ,242** | -,228** | -,230** | ,448** | 0,086 | -,445** | -,293** | **1,000** |

Fuente: Autores (2019), a partir de SPSS.

**Tabla 6-8. Correlación de Pearson**

| | Acuenca | Aspecto | Cobertura Vegetal | Densidad de drenajes | Distancia a cauce | Distancia a vías | Geología | Insolación | Longitud | Pendiente | Suelos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Acuenca** | **1** | 0,021 | 0,001 | 0,017 | -0,057 | -0,031 | -0,012 | -,139** | 0,053 | -0,051 | 0,031 |
| **Aspecto** | 0,021 | **1** | -0,005 | -0,023 | 0,027 | -,109** | ,167** | 0,029 | 0,054 | -,156** | ,119** |
| **Cobertura Vegetal** | 0,001 | -0,005 | **1** | -0,025 | -0,035 | 0,013 | 0,001 | 0,033 | -0,046 | ,151** | 0,052 |
| **Densidad de drenajes** | 0,017 | -0,023 | -0,025 | **1** | -,654** | -,223** | ,094** | -0,029 | -0,020 | -,210** | ,217** |
| **Distancia a cauce** | -0,057 | 0,027 | -0,035 | -,654** | **1** | ,312** | -,147** | -0,014 | ,140** | ,076** | -,275** |
| **Distancia a vías** | -0,031 | -,109** | 0,013 | -,223** | ,312** | **1** | -,132** | -0,004 | ,160** | ,125** | -,249** |
| **Geología** | -0,012 | ,167** | 0,001 | ,094** | -,147** | -,132** | **1** | ,104** | -,183** | -,063* | ,475** |
| **Insolación** | -,139** | 0,029 | 0,033 | -0,029 | -0,014 | -0,004 | ,104** | **1** | 0,015 | -0,011 | 0,052 |
| **Longitud** | 0,053 | 0,054 | -0,046 | -0,020 | ,140** | ,160** | -,183** | 0,015 | **1** | -,066* | -,287** |
| **Pendiente** | -0,051 | -,156** | ,151** | -,210** | ,076** | ,125** | -,063* | -0,011 | -,066* | **1** | -,355** |
| **Suelos** | 0,031 | ,119** | 0,052 | ,217** | -,275** | -,249** | ,475** | 0,052 | -,287** | -,355** | **1** |

Fuente: Autores (2019), a partir de SPSS.

Al realizar el análisis discriminante por pasos por medio de SPSS reporta siete pasos con siete variables que corresponden a: cobertura, geología, longitud, distancia a cauce, densidad de drenaje, aspecto y pendiente tal como se observa en la Tabla 6-9, generando que se descarten las otras cuatro variables: Acuenca, Distancia de vías, Insolación y suelos.

**Tabla 6-9. Variables incluidas por el metodo discriminante**

| Paso | Entrada | Estadístico | Sig. |
|---|---|---|---|
| 1 | Cobertura | 0,964 | 0,000 |
| 2 | Geología | 0,938 | 0,000 |
| 3 | Longitud | 0,917 | 0,000 |
| 4 | Distancia a cauces | 0,902 | 0,000 |
| 5 | Densidad de drenaje | 0,879 | 0,000 |
| 6 | Aspecto | 0,868 | 0,000 |
| 7 | Pendiente | 0,863 | 0,000 |

Fuente: Autores (2019), a partir de SPSS.

Teniendo definidas las variables que deben modelar la susceptibilidad por movimientos en masa de la zona de estudio, se procede a aplicar el método estadístico Peso de la evidencia (woe). Este método recomendado es recomendado por el SGC y da cumplimiento al decreto 1807 de 2014 y además cumple el carácter de ser un método soportado por sistemas de información geográfico y método estadístico como lo expresa el protocolo para el POMCA.

El peso de la evidencia es un método estadístico bivariado basado en la teoría de la probabilidad Bayesiana, que consiste en el cálculo de los pesos de las distintas variables que condicionan el fenómeno analizado. Estos pesos pueden ser pesos positivos (W+) o negativos (W-). El signo del peso indica que la clase favorece (positivo) o desfavorece (negativo) la ocurrencia de movimientos en masa, y su magnitud indica la correlación entre la clase y la ocurrencia de movimientos. Cuando la clase analizada no tiene correlación con el fenómeno, W es igual a cero. Los pesos están definidos por:

$$W^{+} = \mathbf{Ln}\ \frac{\frac{A1}{A1+A2}}{\frac{A3}{A3+A4}} \qquad W^{-} = \mathbf{Ln}\ \frac{\frac{A2}{A1+A2}}{\frac{A4}{A3+A4}}$$

**Ecuación 1**

Donde A1 y A2 son el número de pixeles con movimientos en masa en la clase evaluada y en las demás clases, respectivamente. A3 y A4 son el número de pixeles sin movimientos en masa en la clase evaluada y en las demás clases, respectivamente.

Con los pesos se estima el Peso de Contraste (C) de cada variable usando la Ec. 3, el cual indica el espacio de asociación de la clase en la predicción del movimiento en masa. C es cero cuando la clase no afecta, es positivo cuando existe una asociación positiva y negativo cuando existe una asociación negativa con la distribución del movimiento en masa.

$$C = W^{+} - W^{-}$$

**Ecuación 2**

El método del peso de la evidencia requiere de variables morfométricas que representen las características de la zona de estudio que predisponen o detonar movimientos en masa. En este análisis se consideraron siete variables anteriormente descritas.

La susceptibilidad (z) se calculó usando la Ecuación 3. Los pesos de cada clase se asignan por el método estadístico peso de la evidencia, por el cual se obtienen los pesos de cada clase (Xn) mediante el peso de contraste (C), valor recomendado por el SGC.

$$z = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$$

**Ecuación 3**

A continuación, en la Tabla 6-10 se presentan los valores obtenidos para cada clase:

**Tabla 6-10. Resultado de C para el peso de la evidencia**

| Variable | Rango | C |
|---|---|---|
| Pendiente [°] | < 5 | -1,05 |
| | 5 a 15 | 0,48 |
| | 15 a 20 | 0,01 |
| | 20 a 30 | 0,37 |
| | 30 a 40 | 0,05 |
| | >40 | -0,73 |
| Geología | Serie del Perijá | 0,73 |
| | Formación Río Negro | -0,02 |
| | Grupo Cogollo | 1,08 |
| | Formación Cachirí | -0,11 |
| | Formación Manaure | -0,40 |
| | Deposito Aluvial y aluviotorrencial | -1,62 |
| | Formación La Quinta | -0,08 |
| Cobertura vegetal | Mosaico de pastos con espacios naturales | 0,43 |
| | Pastos arbolados | -12,72 |
| | Pastos limpios | 0,54 |
| | Bosque de galería y ripario | 0,74 |
| | Tejido urbano continuo | -11,16 |
| | Tierras desnudas y degradadas | 2,72 |
| | Bosque fragmentado con pastos y cultivos | -0,29 |
| | Bosque denso alto de tierra firme | 0,43 |

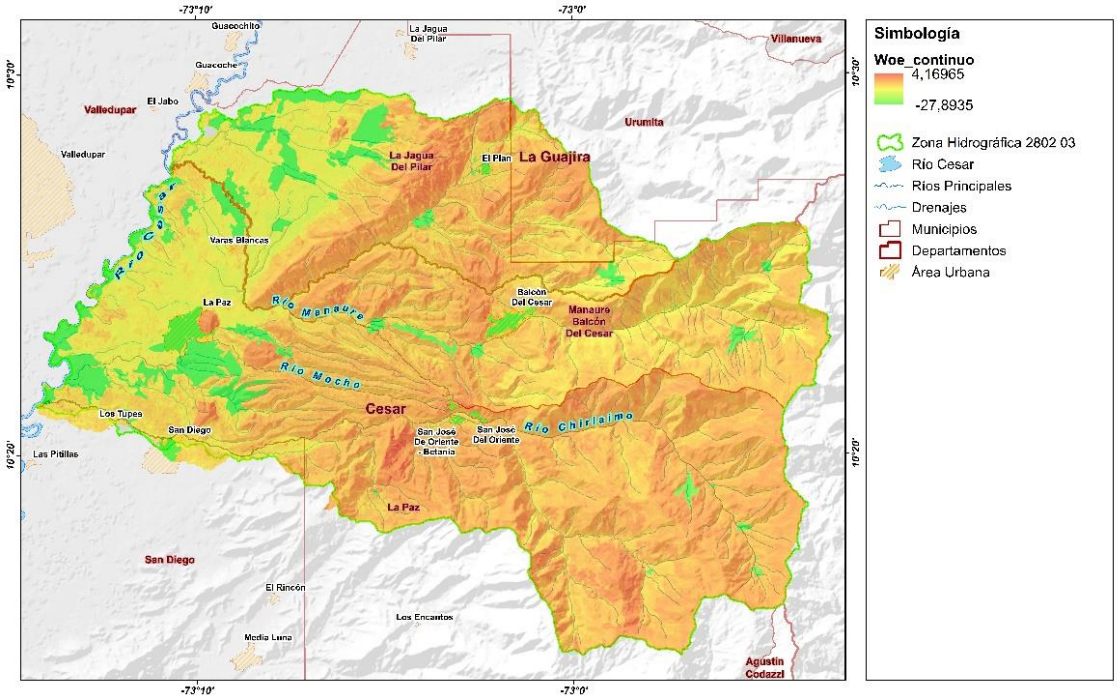
| Variable | Rango | C |
|---|---|---|
| | Pastos enmalezados | 0,87 |
| | Herbazal abierto rocoso | -0,06 |
| | Bosque fragmentado con vegetación secundaria | -1,65 |
| | Vegetación secundaria alta | -1,15 |
| | Vegetación secundaria baja | -0,66 |
| | Arbustal denso | -0,06 |
| | Arbustal abierto esclerófilo | -11,76 |
| | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | -1,02 |
| | Mosaico de pastos y cultivos | 0,52 |
| | Arbustal abierto mesófilo | -10,47 |
| | Bosque denso bajo de tierra firme | -5,29 |
| | Tejido urbano discontinuo | -8,56 |
| | Áreas deportivas | -6,02 |
| | Áreas deportivas | -2,75 |
| | Parques cementerios | -5,33 |
| | Áreas turísticas | -5,93 |
| | Parques urbanos | -4,46 |
| | Otras explotaciones mineras | -3,37 |
| | Zonas quemadas | -6,54 |
| Aspecto | 0- 45 | 0,00 |
| | 45 -90 | 0,71 |
| | 90 -135 | 1,27 |
| | 135 -180 | 0,19 |
| | 180 - 225 | -0,36 |
| | 225- 270 | 0,06 |
| | 270 -315 | -0,48 |
| | 315 - 360 | -0,69 |
| Densidad de drenaje | >500 | 0,34 |
| | 500 a 1000 | 0,34 |
| | 1000 a 1500 | 0,13 |
| | 1500 a 2000 | -0,56 |
| | 2000 a 2500 | -0,30 |
| | 2500 a 3500 | -0,14 |
| | >3500 | -11,21 |
| Distancia a Cauce | <150 | -0,49 |
| | 150 a 300 | 0,11 |
| | 300 a 450 | 0,23 |

| Variable | Rango | C |
|---|---|---|
| | 450 a 750 | 0,04 |
| | 750 a 900 | 0,37 |
| | >900 | 1,29 |
| Longitud | <4028819643,62848 | -10,15 |
| | 4028819643,62848 a 28371553774,1664 | 0,16 |
| | 28371553774,1664 a 196721547981,462 | -0,11 |
| | > 221064282112 | -1,16 |

Fuente: Autores (2019), a partir de algebra de mapas.

La Figura 6-44 presenta el resultado del algebra de mapas dado con el peso de la evidencia con los siete mapas elegidos por el metodo discriminante, tal como se evidencia en parrafos anteriores.

**Figura 6-44. Susceptibilidad mapa continuo**

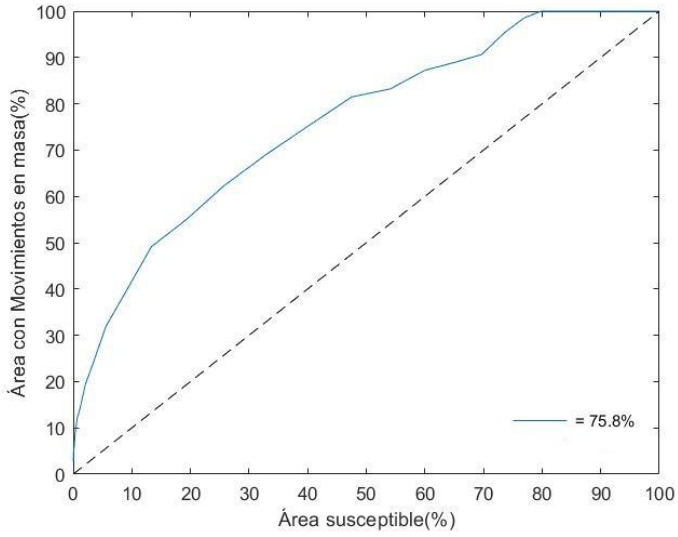



Fuente: Autores (2019).

Para verificar la capacidad de desempeño y la capacidad de predicción del modelo se realiza el AUC, correspondiente al porcentaje de área bajo la curva, donde el máximo valor posible es 100 y según la recomendación del servicio geológico un modelo es aceptado si esta curva da valores superiores a 70 %.

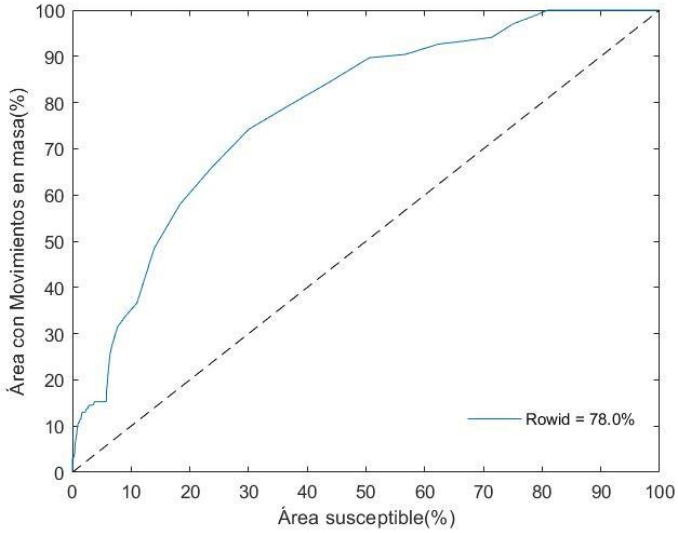
Los resultados que se muestran en la Figura 6-45 corresponden a la curva de éxito (75.8 %) y la Figura 6-46 corresponde a la gráfica de predicción con un valor de 78 %.

**Figura 6-45. Curva de éxito**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-46 curva de predicción**

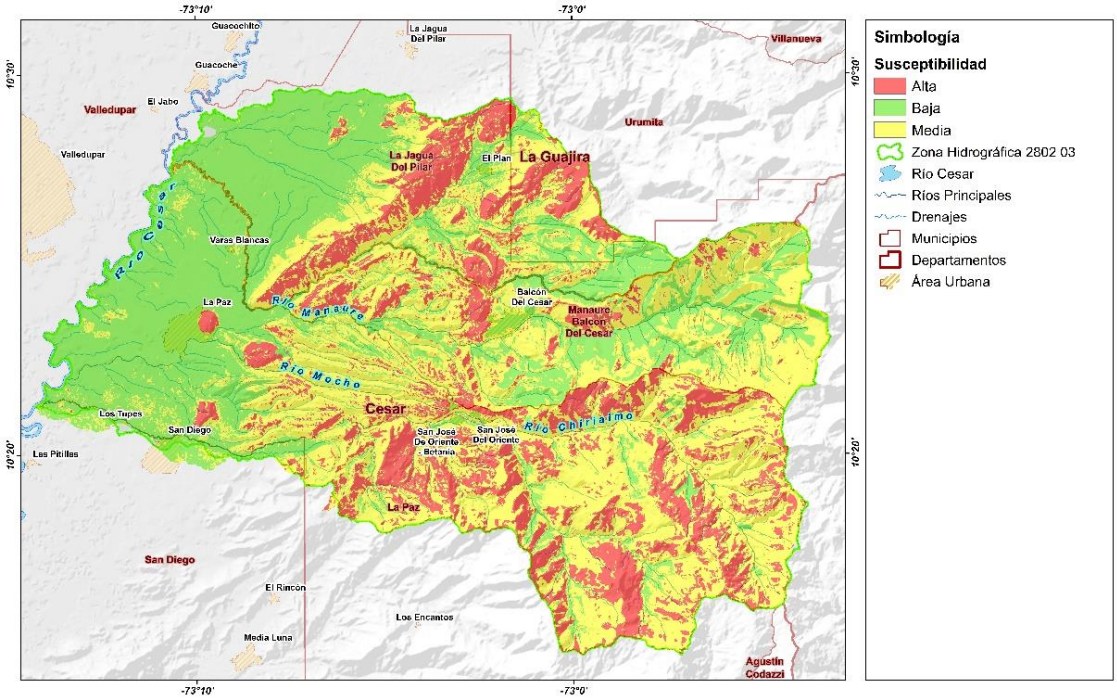



Fuente: Autores (2019).

- **Mapa de susceptibilidad**

El mapa final de susceptibilidad es clasificado en tres categorías de acuerdo con la recomendación del SGC (2017), donde se incluye en la categoría alta, media y la categoría baja a partir de la curva de éxito, donde se tiene que el 34.6% del territorio está en categoría baja, el 45.7% en categoría media y el 19.8% en categoría baja, el cual se evidencia en la Figura 6-47.

**Figura 6-47. Mapa de susceptibilidad categórico**




Fuente: Autores (2019).

Posteriormente se realiza la potabilidad espacial para cada una de las categorías para este estudio, el cual se expresa en la Tabla 6-11.

**Tabla 6-11. Valor de probabilidad espacial**

| Categoría | Probabilidad espacial |
|---|---|
| Baja | 0,000036807645 |
| Media | 0,0000857528133 |
| Alta | 0,0003071272089 |

Fuente: Autores (2019).

- *Evaluación de la probabilidad de magnitud*

Calcular la magnitud de un movimiento en masa es actualmente una estimación problemática dada la dificultad de medir el área en un plano horizontal y debido a que la caracterización de la magnitud está relacionada con el volumen de cada uno de los eventos existentes.

Para su estimación en este proyecto, se usaron sistemas de información geográfica -SIG y la metodología estadística desarrollada por Malamud, que tiene la ventaja de que permite relacionar la frecuencia en una función de densidad de probabilidad para un inventario de movimientos en masa levantados en campo o con otras estrategias como sensores remotos.

Malamud plantea la siguiente ecuación por la cual se define la densidad de probabilidad, dejando a criterio del usuario el tamaño del intervalo que dependerá de cada zona de estudio.

$$P(A_L) = N_{TL}^{-1} \times \frac{\partial N_L}{\partial A_L}$$

**Ecuación 4**

Donde $(AL)$ es la función de densidad de probabilidad, $NTL$ es el número total de deslizamientos, $\partial NL$ es el número total de deslizamientos contemplados en un intervalo y $\partial AL$ es el tamaño del intervalo.

En el cálculo para esta zona de estudio y dado el tamaño del inventario por movimientos en masa se hicieron cuatro intervalos con valores desde 350 $m^2$ hasta de 3150 $m^2$

Los intervalos son desarrollados por medio de histogramas según el área reportada del movimiento, usando en forma aleatoria n/2 eventos para la muestra base, siendo n el número total de movimientos según cada intervalo.

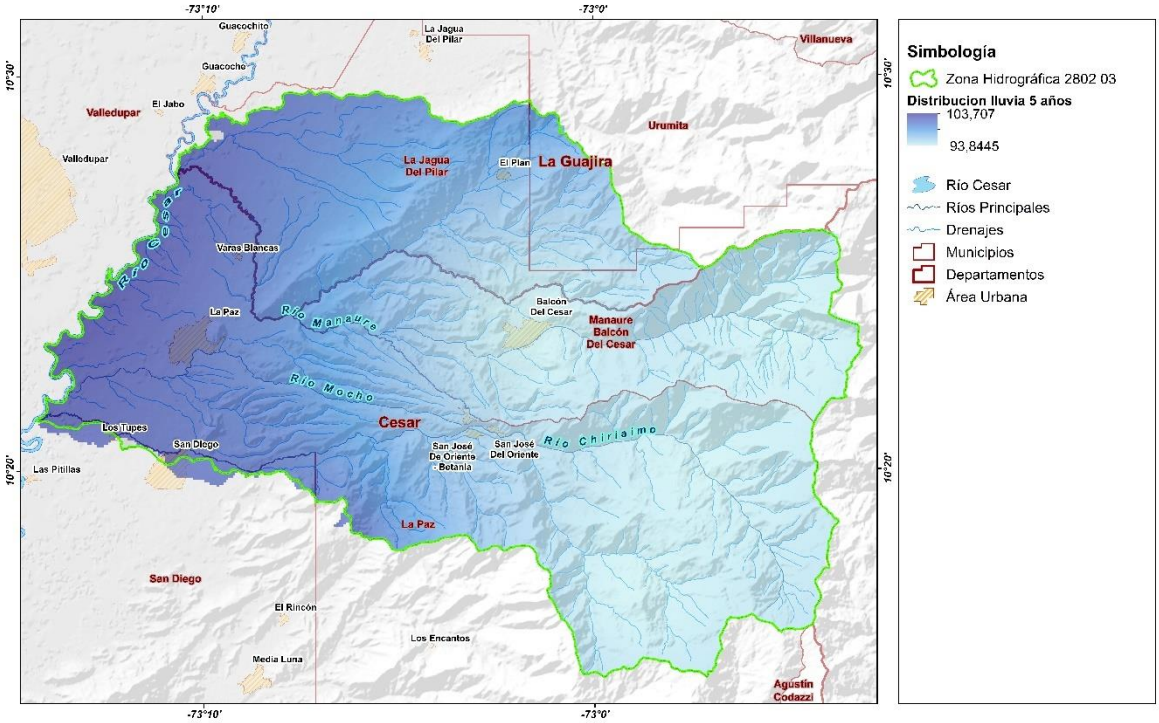
Al aplicar la ecuación mencionada se obtuvo que el intervalo de área más relevante esta entre 1000 $m^2$ a 2000 $m^2$ con un valor de probabilidad de magnitud de 0,000073.

- *Evaluación de la probabilidad de lluvia*

La ocurrencia a movimientos en masa se ve afectada por las lluvias dado los cambios de presión de poros o en la cohesión del material durante un episodio de lluvia en una zona. En el presente trabajo se trabaja con la metodología para determinar lluvias detonantes de movimientos en masa dado por el IDEAM, donde a partir de las fechas de ocurrencia de movimientos en masa y el reporte de lluvias se establece una relación entendiendo que la lluvia genera un efecto de acumulación en el tiempo y el efecto inmediato que puede causar en corto plazo.

Dado los reportes dados por el inventario histórico, el levantamiento de campo y los reportes de los pobladores se considera como lluvia acumulada critica con un periodo de retorno con 5 años, el cual se observa en la Figura 6-48.

**Figura 6-48. Distribución lluvia a 5 años**

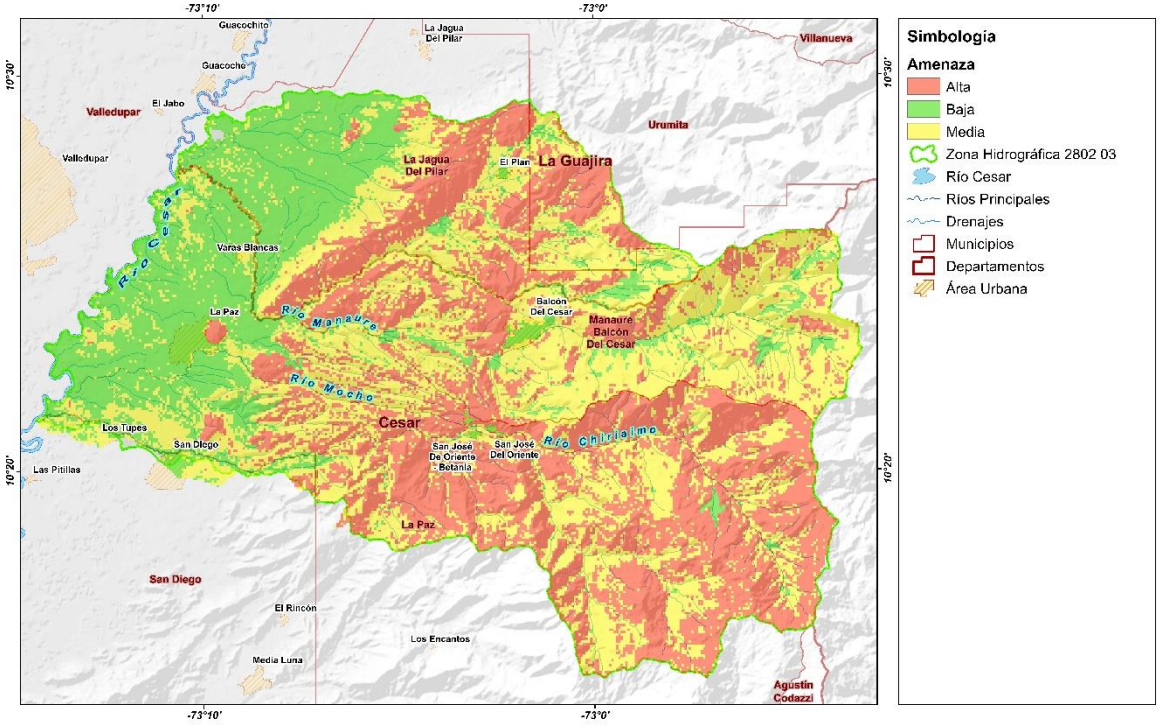



Fuente: Autores (2019).

### 6.2.1.2. Amenaza por Movimientos en Masa

La Figura 6-49 es el resultado del modelamiento de movimientos en masa para la amenaza por lluvia donde indica que el 21.8% del área de estudio está en categoría baja, comprendida en la zona plana al este del municipio, el 40.8% es categoría media ampliamente distribuida en toda el área, marcándose principalmente en la zona Nor-este y finalmente el 37.4% del terreno en categoría alta primando en la zona Sur y en las cimas de las principales montañas.

**Figura 6-49. Mapa de amenaza categórica**




Fuente: Autores (2019).

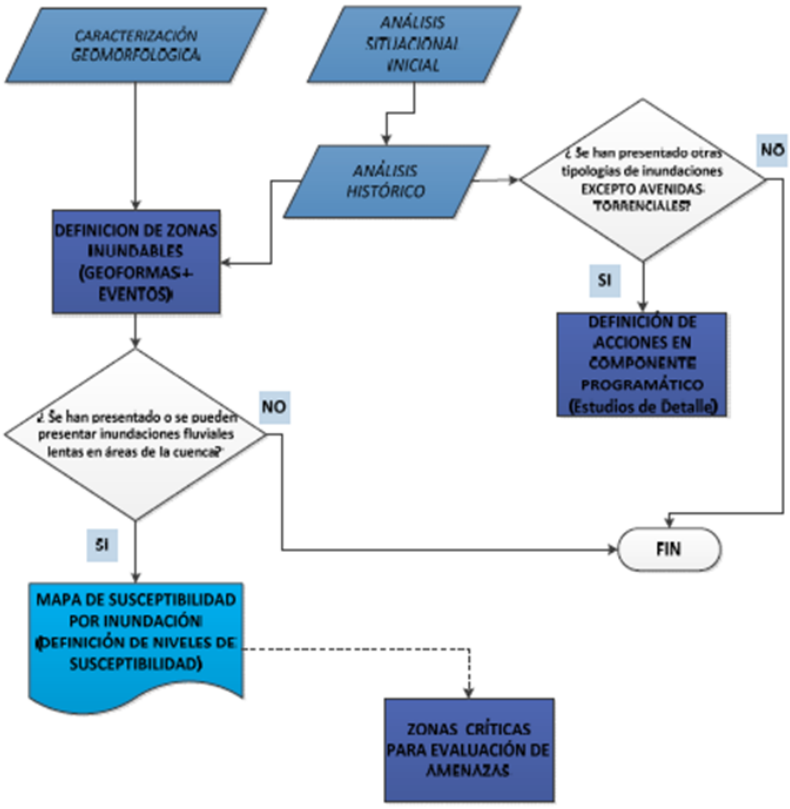
## 6.2.2. INUNDACIONES

### 6.2.2.1. Susceptibilidad a Inundaciones

De acuerdo con la guía de Protocolo Para La Incorporación De La Gestión Del Riesgo En Los POMCA De Acuerdo Con Los Alcances Técnicos Del Proyecto, Las inundaciones son un fenómeno de anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos de agua y sedimentos. Debido a la amplia variedad de definiciones existente en el ámbito técnico, científico y de toma de decisiones las inundaciones pueden definirse según el mecanismo de generación, las cuales puede ser fluviales que consisten en el desbordamiento de los cauces, las pluviales consisten en las zonas que por topografía no pueden drenar y terminar formando encharcamientos sin que este puede desembocar a un cauce, las inundaciones costeras que están asociadas principalmente a las zonas que ocupa la marea en su dinámica, entre otros tipos y definiciones (para mayor información, remitirse a la Guía de Protocolo del Riesgo).

En este apartado se analizarán las inundaciones fluviales lentas teniendo en cuenta el siguiente esquema metodológico. (ver Figura 6-50).

**Figura 6-50. Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones fluviales lentas**

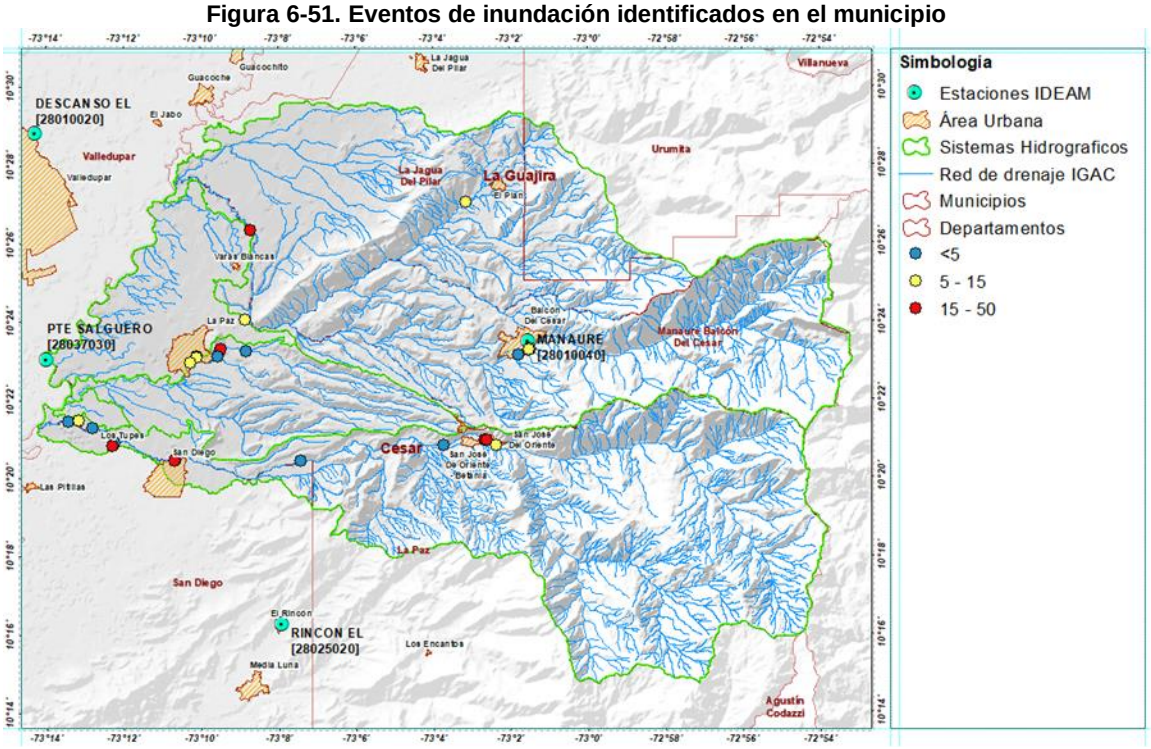



Fuente: Protocolo para la incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto.

- **Eventos históricos espacializados por inundaciones**

Como resultado de la recopilación realizada durante las fases de aprestamiento y diagnóstico, en la que se desarrollaron talleres (mecanismos de participación) a los actores dentro de los cuales se pretendía señalar zonas que presentaran eventos de inundación recurrentes y mediante salidas de campo y entrevista a personas que viven paralelo a cauces de mayor jerarquía, se logra un recuento de eventos por inundaciones para la subzona hidrográfica llegando a obtener tres rangos que corresponden a eventos de entre 15 y 50 años, entre 5 y 15 años y eventos de menos de 5 años. (ver Figura 6-51).

**Figura 6-51. Eventos de inundación identificados en el municipio**




Fuente: Autores (2019).

En general, las zonas afectadas por este tipo de fenómenos se concentran principalmente en los cauces de mayor jerarquía cerca a los centros poblados y sus afluentes principales. Además de los reportes de eventos históricos identificados por la comunidad en campo, dentro de los talleres de participación se establece que, para los centros poblados de los municipios de La Paz y San Diego y demás centros poblados ubicados en las zonas bajas de las unidades hidrográficas de nivel II presentan eventos por inundaciones recurrentes mientras que para los centros poblados ubicados en la zona alta de la cuenca, la población no reconoce lugares fuera del cauce natural que hayan sido inundados o sean inundados periódicamente siendo estos considerados como hidráulicamente eficientes y de gran velocidad de drenaje. (ver Figura 6-52 y Tabla 6-12).

**Figura 6-52. Registro fotográfico de salidas de campo para el levantamiento y verificación de puntos con recurrencia a eventos de crecientes e inundaciones**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 6-12. Registro fotográfico de salidas de campo para el levantamiento y verificación de puntos con recurrencia a eventos de crecientes e inundaciones**

| Fotografía | X | Y | Cota_DEM | Altura de la lamina | Fecha |
|---|---|---|---|---|---|
| IMG_1800.JPG | 1093506.194 | 1637301.909 | 117.59 | 0.5 | <5.0 |
| IMG_1808.JPG | 1094637.124 | 1636986.501 | 123.21 | 6.5 | <5.0 |
| IMG_1811.JPG | 1093986.784 | 1637336.94 | 119.25 | 0.1 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1815.JPG | 1101855.508 | 1642076.378 | 200.07 | 0 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1820.JPG | 1111212.018 | 1636182.318 | 622.68 | 0 | <5.0 |
| IMG_1845.JPG | 1102087.403 | 1646293.867 | 142.11 | 0 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1850.JPG | 1112268.484 | 1647670.267 | 529.18 | 0.3 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1852JPG | 1104470.782 | 1635471.625 | 319.38 | 0 | <5.0 |
| IMG_1619.JPG | 1100574.744 | 1640369.987 | 171.82 | 0.7 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1628.JPG | 1100634.311 | 1640601.549 | 179.06 | 0 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1634.JPG | 1100685.722 | 1640708.02 | 179.56 | 0 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1638.JPG | 1100536.436 | 1640361.272 | 173.37 | 0.3 | <5.0 |
| IMG_1643.JPG | 1101911.156 | 1640599.119 | 200.31 | 0 | <5.0 |
| IMG_1648.JPG | 1099577.255 | 1640344.687 | 159.71 | 0 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1652.JPG | 1099539.623 | 1640312.621 | 159.23 | 0 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1656.JPG | 1099243.749 | 1640050.272 | 156.31 | 0.7 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1716.JPG | 1115269.288 | 1640722.548 | 750.23 | 0 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1717.JPG | 1115260.1 | 1640740.956 | 748.20 | 0 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1728.JPG | 1115219.961 | 1640734.677 | 746.27 | 0 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1736.JPG | 1114723.303 | 1640444.054 | 710.26 | 3.6 | <5.0 |
| IMG_1763.JPG | 1113692.3 | 1636190.502 | 771.24 | 0.6 | 5.0 - 15.0 |
| IMG_1772.JPG | 1113155.963 | 1636441.362 | 739.71 | 0 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1779.JPG | 1113225.989 | 1636428.067 | 740.67 | 0 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1788.JPG | 1098568.535 | 1635490.744 | 170.23 | 0 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1795.JPG | 1098513.171 | 1635461.299 | 169.36 | 0.8 | 15.0 - 50.0 |
| IMG_1798.JPG | 1095702.13 | 1636317.887 | 132.87 | 0 | <5.0 |
| IMG_1865.JPG | 1095702.13 | 1636317.887 | 132.87 | 1 | 15.0 - 50.0 |

Fuente: Autores (2019).

- **Análisis de unidades geomorfológicas para la identificación de las zonas susceptibles a inundación**

De acuerdo con la salida geomorfológica establecida para el presente POMCA las áreas identificables de inundación son consideradas a partir de los tres grados de susceptibilidad propuestos por la guía de Protocolo Para La Incorporación De La Gestión Del Riesgo En Los POMCA De Acuerdo Con Los Alcances Técnicos Del Proyecto. A continuación, se presentan las categorías asignadas para cada unidad geomorfológica. (ver Tabla 6-13).

**Tabla 6-13. Clasificación del nivel de susceptibilidad a inundaciones de las unidades geomorfológicas**

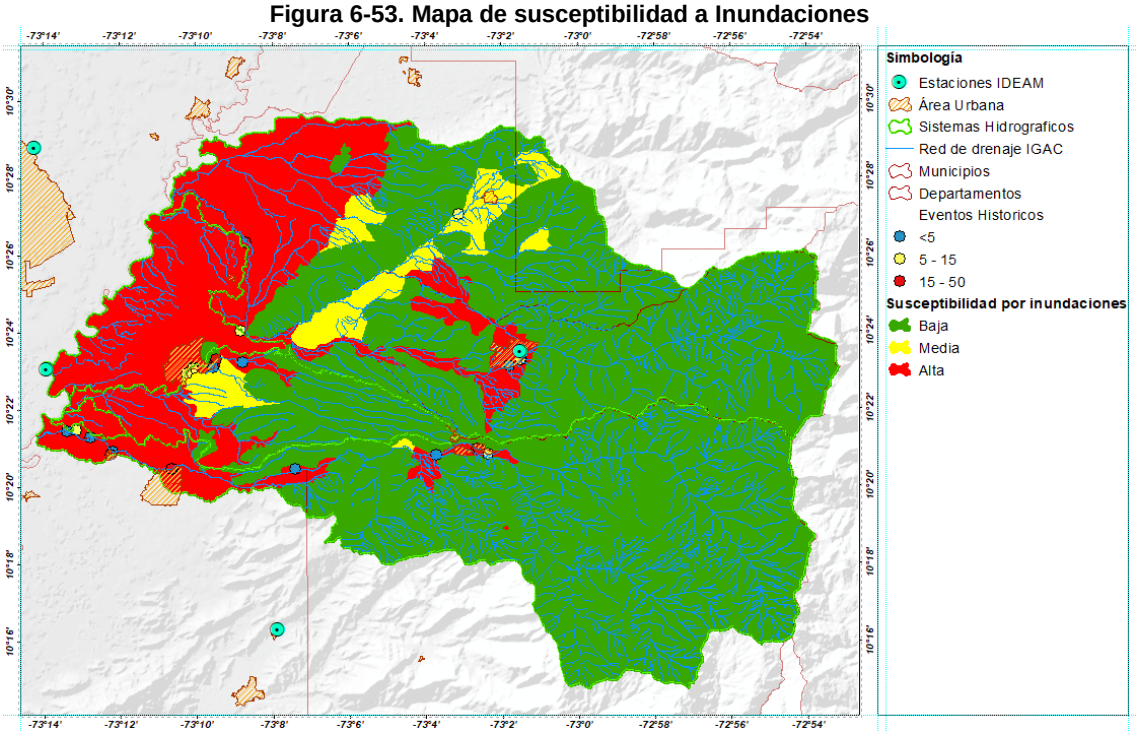
| Unidad | Código de la unidad | Terrenos | Zink | Calificación |
|---|---|---|---|---|
| Abanico fluviotorrencial | Faa | Planicie | Abanico de explayamiento | Media |
| Altiplano | Da | Altiplanicie | Meseta | Baja |
| Altiplano | Da | Peneplanicie | Meseta | Baja |
| Cauce aluvial | Fca | Planicie | banco de arena de cauce | Alta |
| Cerro estructural | Sce | Altiplanicie | Superficie estructural | Baja |
| Cerro estructural | Sce | Peneplanicie | Superficie estructural | Baja |
| Cerro remanente o relicto | Dcrem | cerro aislado | Cerro testigo | Baja |
| Cerro remanente o relicto | Dcrem | Peneplanicie | Cerro testigo | Baja |
| Cerro residual | Dcrs | Altiplanicie | Loma | Baja |
| Cerro residual | Dcrs | Peneplanicie | Loma | Baja |
| Cima | Dc | Peneplanicie | Cumbre convexa | Baja |
| Colina residual | Dcr | Altiplanicie | Colina | Baja |
| Cuesta | Sc | Altiplanicie | Depresión cataclinal | Baja |
| Cuesta | Sc | Peneplanicie | Depresión cataclinal | Baja |
| Espinazo | Se | Altiplanicie | Cuesta desdoblada | Baja |
| Explotación minera | Aemc | Cerro aislado | N/A | Baja |
| Explotación minera | Aemc | Peneplanicie | N/A | Baja |
| Faceta triangular | Sft | Altiplanicie | Escarpe con faceta | Baja |
| Gancho de flexión | Sgf | Altiplanicie | Superficie estructural | Baja |
| Glacis | Dg | Peneplanicie | Glacis de explayamiento | Baja |
| Laguna | Flg | Altiplanicie | Cauce colmatado | Alta |
| Laguna | Flg | Planicie | Cauce colmatado | Alta |
| Loma residual | Dlor | Altiplanicie | Hogback | Baja |
| Loma residual | Dlor | Peneplanicie | Hogback | Baja |

| Unidad | Código de la unidad | Terrenos | Zink | Calificación |
|---|---|---|---|---|
| Lomeríos Indiferenciados | Dl | Altiplanicie | Hogback | Baja |
| Lomeríos Indiferenciados | Dl | Peneplanicie | Hogback | Baja |
| Planicie | Dp | Peneplanicie | Llanura | Media |
| Plano encañonado por carstificación | KcÃ± | Peneplanicie | Valle seco | Media |
| Plano o llanura de inundación | Fpi | Peneplanicie | Albardón de río | Alta |
| Plano o llanura de inundación | Fpi | Planicie | Albardón de río | Alta |
| Torre Cárstica | Ktc | Cerro aislado | Uvulas | Baja |
| Torre Cárstica | Ktc | Peneplanicie | Uvulas | Baja |

Fuente: Autores (2019).

En la Figura 6-53 se observa la susceptibilidad a inundaciones, donde las zonas con mayor susceptibilidad están asociadas a las llanuras de inundación ubicadas en la zona baja de la unidad hidrográfica donde las pendientes son más suaves y se cuenta con menor densidad de drenaje.

**Figura 6-53. Mapa de susceptibilidad a Inundaciones**




Fuente: Autores (2019).

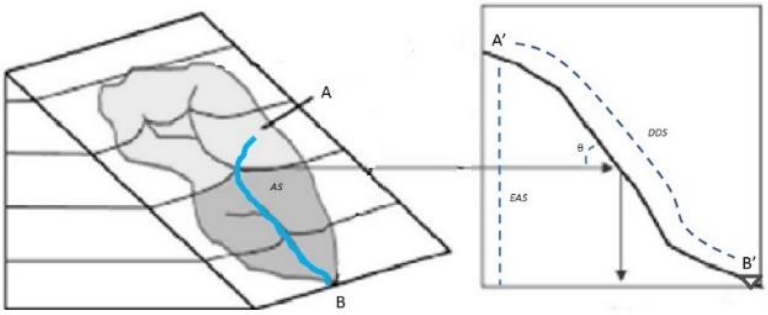
### 6.2.2.2. Amenaza a Inundaciones

La evaluación de amenaza por inundaciones está mediada, tanto por la información disponible en las áreas críticas previamente identificadas, como por las propias características topográficas; dado que la geomorfología no está muy alterada por la acción humana, y no existe información topográfica y batimétrica que permita realizar una modelación hidrológico-hidráulica de eventos extremos.

El presente estudio inicia la zonificación de la amenaza por inundación cumpliendo la consideración planteada por el Decreto 1807 de 2014, en el sentido de que, para el suelo urbano, de expansión urbana y rural se utilizará, como mínimo, análisis de tipo histórico y geomorfológico. Para acotar el mapa geomorfológico en componentes que visualicen los comportamientos hidrológicos de la zona se realiza por medio del DEM y herramientas de sistemas de información geográfica para obtener un mapa de amenaza de inundación final propuesto según las condiciones evidenciadas en el DEM 12.5 * 12.5.

Para esta elaboración se cuenta con cinco mapa principales, correspondiente a el inventario de eventos histórico de inundación, el mapa Elevación relativa al cauce -EAS, el mapa Distancia relativa al cauce - DDS, Angulo de pendiente de flujo – θ y área acumulada – AS, los cuales se pueden usar para identificar zonas inundables tal como se observa en la Figura 6-54 (John Lindsay, 2012).

**Figura 6-54. Representación de variables de inundación**




Fuente: Autores (2019).

La Figura 6-51 presenta la ubicación de los veinte siete (27) puntos que representan la ubicación de los eventos históricos reportados.

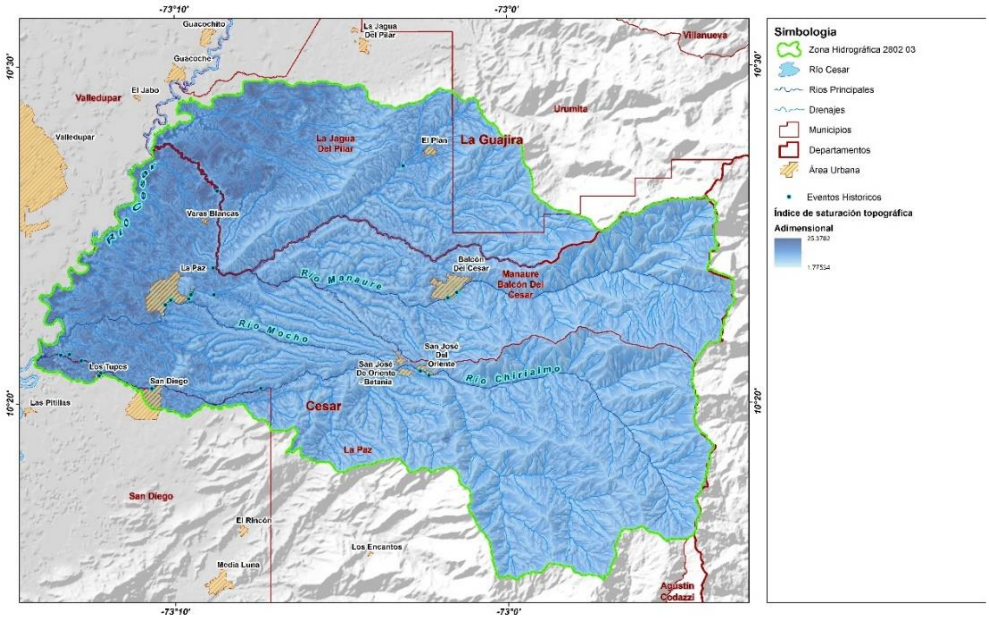
La pendiente de flujo y el área acumulada de la cuenca se unificaron mediante la variable Índice de saturación del terreno (*WI*), el cual se representa en la Figura 6-55, (John Lindsay, 2012) usando la Ecuación 5

Esta variable es muy importante debido a que indica cuales son aquellas zonas que pueden ser saturadas (topográficamente hablando).

$$WI = Ln(AS / tan(\theta))$$

**Ecuación 5**

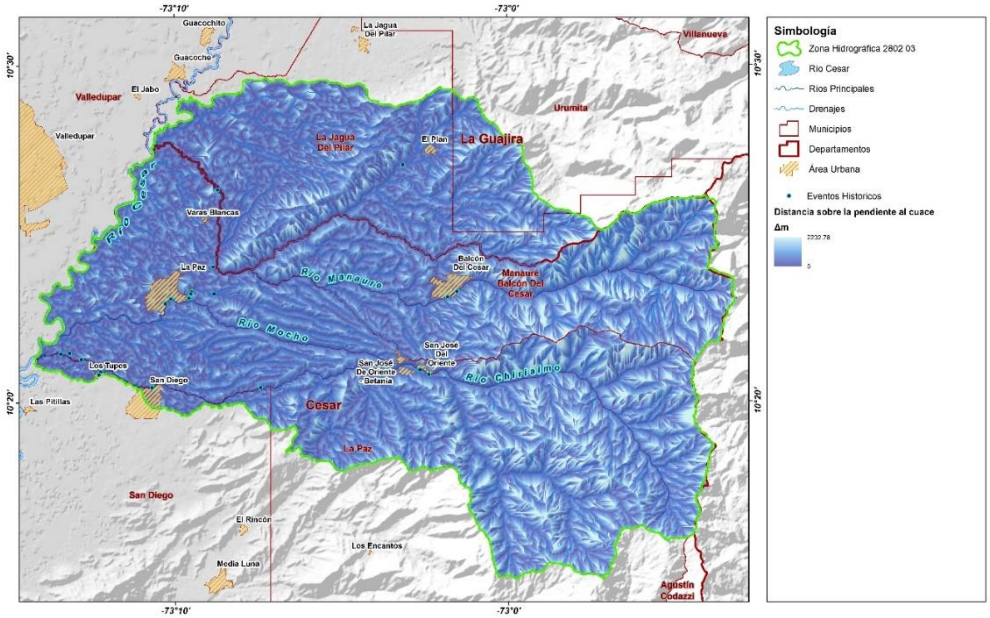
**Figura 6-55. Índice de saturación del terreno**




Fuente: Autores (2019).

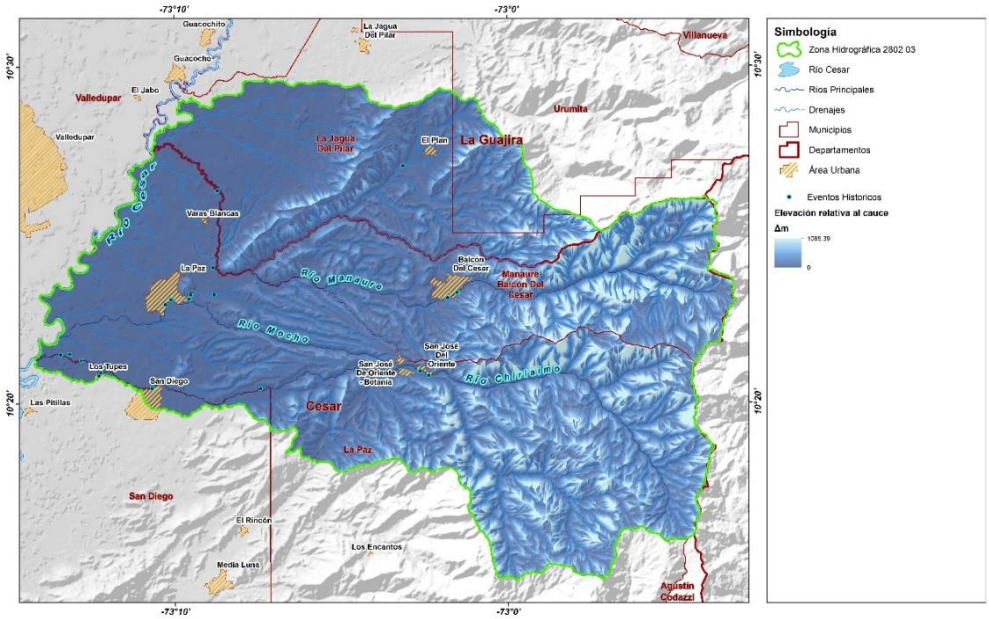
La distancia relativa al cauce observado en la Figura 6-56, así como la elevación relativa al cauce presente en la Figura 6-57, se definieron mediante procesamiento hidrológico en sistemas de información usando el análisis de ocho direcciones para cada una de las celdas ráster en el mapa del modelo digital de elevación.

**Figura 6-56. Distancia relativa al cauce**




Fuente: Autores (2019).

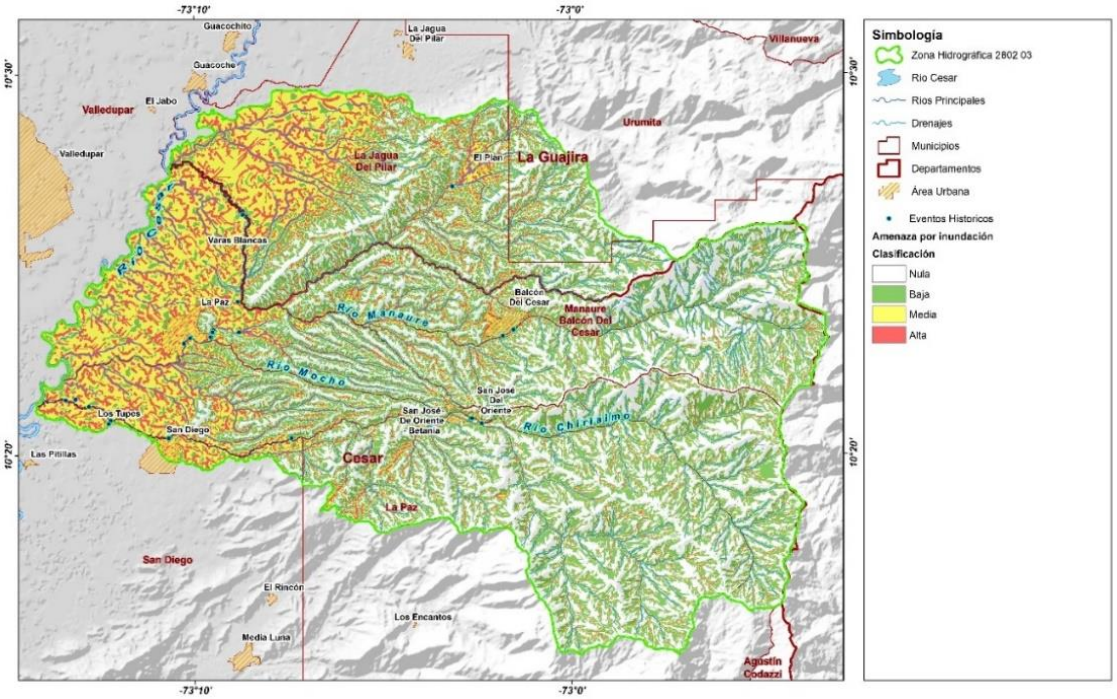
**Figura 6-57. Elevación relativa al cauce**




Fuente: Autores (2019).

Posteriormente se realizó mediante superposición de mapas (eventos históricos y mapas morfométricos) un análisis de eventos históricos para definir la amenaza alta media y baja las cuales se observan en la Figura 6-58.

**Figura 6-58. Mapa de amenaza por Inundaciones**




Fuente: Autores (2019).

## 6.2.3. AVENIDAS TORRENCIALES

El término avenida viene del latín advenire (llegada), y se refiere a la llegada de un caudal desde aguas arriba. Las avenidas se distinguen de las crecidas ya que en estas últimas el aumento del caudal se da en dirección vertical, desde los pies del espectador hacia su cabeza, mientras que la avenida llega desde aguas arriba hasta la posición de este, y en que el aumento de caudal de una avenida se presenta de forma súbita e impetuosa (Díez-Herrreto, et al., 2008).

Las avenidas torrenciales debido a su energía y capacidad de arranque y arrastre son una mezcla de sedimentos y agua en diferentes proporciones, que se desplazan a lo largo de un cauce, generalmente a grandes velocidades. Son fenómenos originados por lluvias intensas, de corta duración y de naturaleza convectiva, que ocurren en cuencas normalmente pequeñas donde el proceso prevalente de escorrentía es superficial y donde priman las altas pendientes (Borga, Stoffel, Marchi, Marra, & Jakob, 2014).

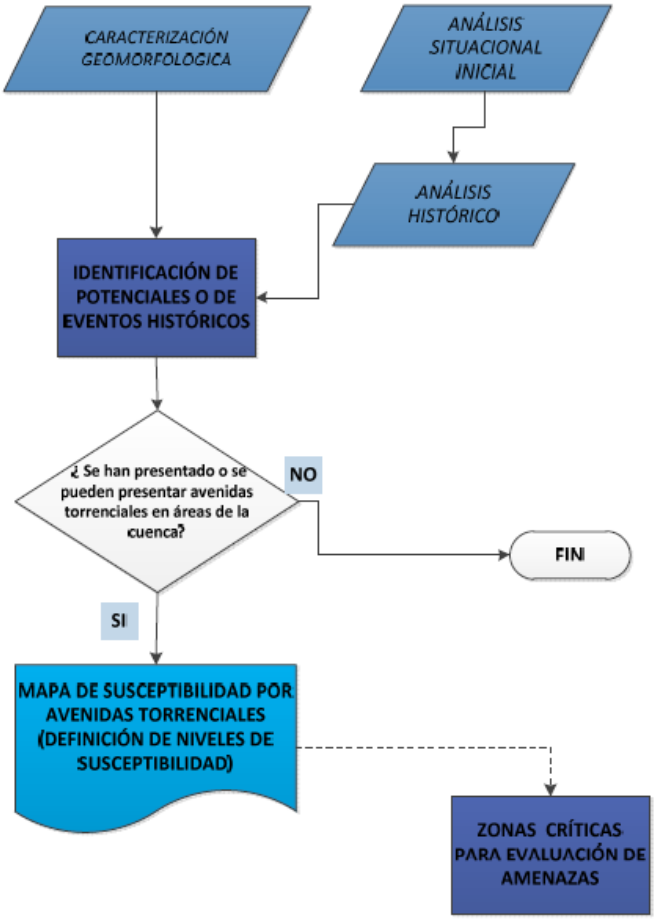
Debido al tipo de respuesta de las unidades hidrográficas a los eventos de lluvia y el aporte de sedimentos se pueden tener distintos tipos de eventos, entre ellos las avenidas súbitas en el cual, dado los estudios, las visitas de campo y los análisis morfometricos de las cuencas son muy frecuentes en la zona alta de la subzona hidrografica 2802-03.

El tipo de avenida súbita es definido como: Flujos torrenciales originados por precipitaciones cortas e intensas que generan una rápida concentración del flujo en la red de drenajes dando como lugar a inundaciones en un corto período de tiempo (French & Holt, 1989). Este tipo de eventos suceden comúnmente en cuencas de tamaños pequeños con pendientes relativamente pronunciadas con sedimentos variables, son fenómenos de poca capacidad destructiva y de gran frecuencia en el país lo que a su vez no se hace extraño su reporte por la población en la zona; dado lo anterior se seguirá considerando más que una avenida torrencial en modo estricto se hablará de avenida súbita.

#### 6.2.3.1. Susceptibilidad a avenidas torrenciales

Para la evaluación de la susceptibilidad a avenidas súbitas se tiene en cuenta el esquema metodológico propuesto por la guía de Protocolo Para La Incorporación De La Gestión Del Riesgo En Los POMCA De Acuerdo Con Los Alcances Técnicos Del Proyecto. (ver Figura 6-59).

**Figura 6-59.Diagrama de flujo para la evaluación de la susceptibilidad por avenidas torrenciales**



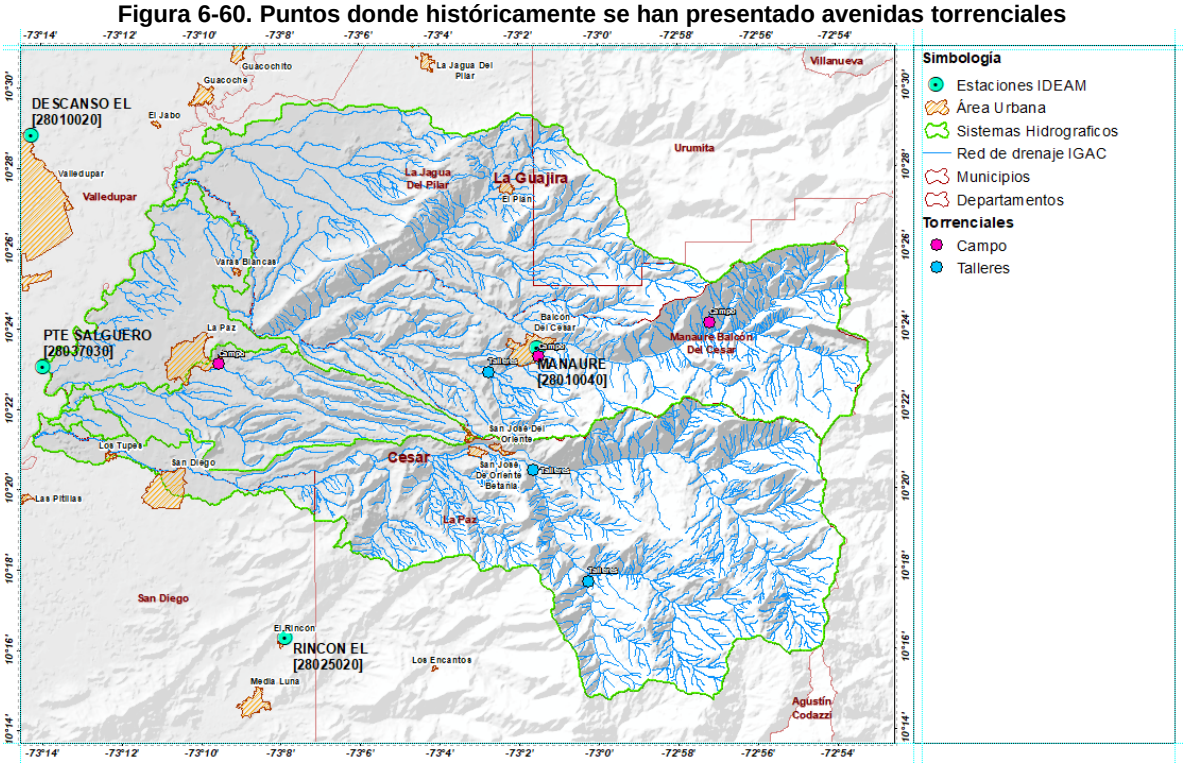

Fuente: Protocolo para la incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto.

Para la definición del nivel de susceptibilidad de las unidades hidrográficas a eventos torrenciales, según la guía de protocolo de la gestión del riesgo en POMCAS se deben tener en cuenta las siguientes variables:

- **Eventos históricos**

Durante las salidas de campo la población entrevistada aclara que los eventos que identifican se presentan en forma de crecientes súbitas, grandes cantidades de agua que generan un crecimiento repentino del tirante del agua y un descenso o drenado rápido con la particularidad de que el contenido de material solido transportado es mínimo, tal como se menciona al inicio de esta unidad. En la Figura 6-60 los siguientes eventos corresponden a los identificados durante las fases de aprestamiento y diagnóstico.

**Figura 6-60. Puntos donde históricamente se han presentado avenidas torrenciales**




Fuente: Autores (2019).

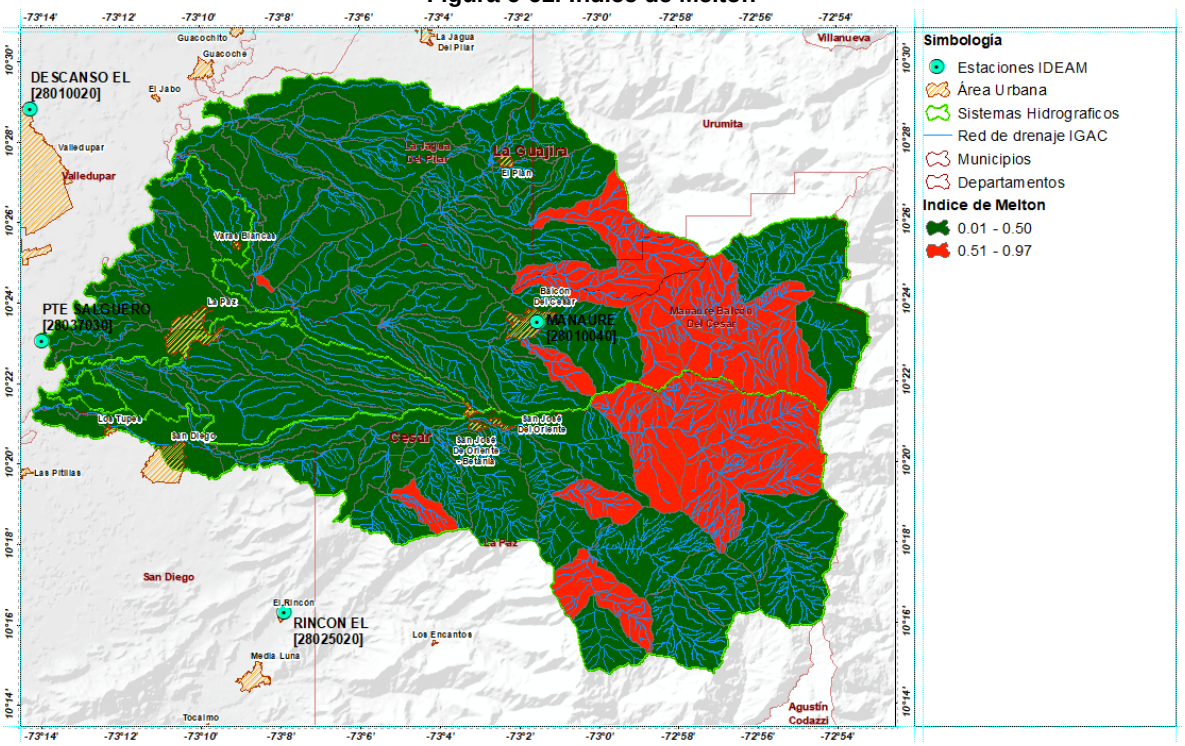
- **Índice de Melton**

Aunque es una variable que no está planteada para ser evaluada por la guía, el índice de Melton permite identificar unidades hidrográficas con alta probabilidad de presentar eventos torrenciales relacionando únicamente variables altitudinales con el área de la cuenca y cuyos resultados indican que para unidades con un índice mayor a 0.5 se le considera como cuencas torrenciales mientras que para valores menores se les considera como cuencas con probabilidad baja de presentar eventos torrenciales. (ver Figura 6-61). La siguiente es la expresión matemática que permite estimar el índice de Melton.

$$Indice\ de\ Melton = (H_{Max} - H_{Min}) * S^{-0.5}$$

Donde $H_{max}$ corresponde a la cota máxima de la cuenca, $H_{min}$ a la cota mínima y finalmente S que corresponde al área de la cuenca en $km^2$.

**Figura 6-61. Índice de Melton**

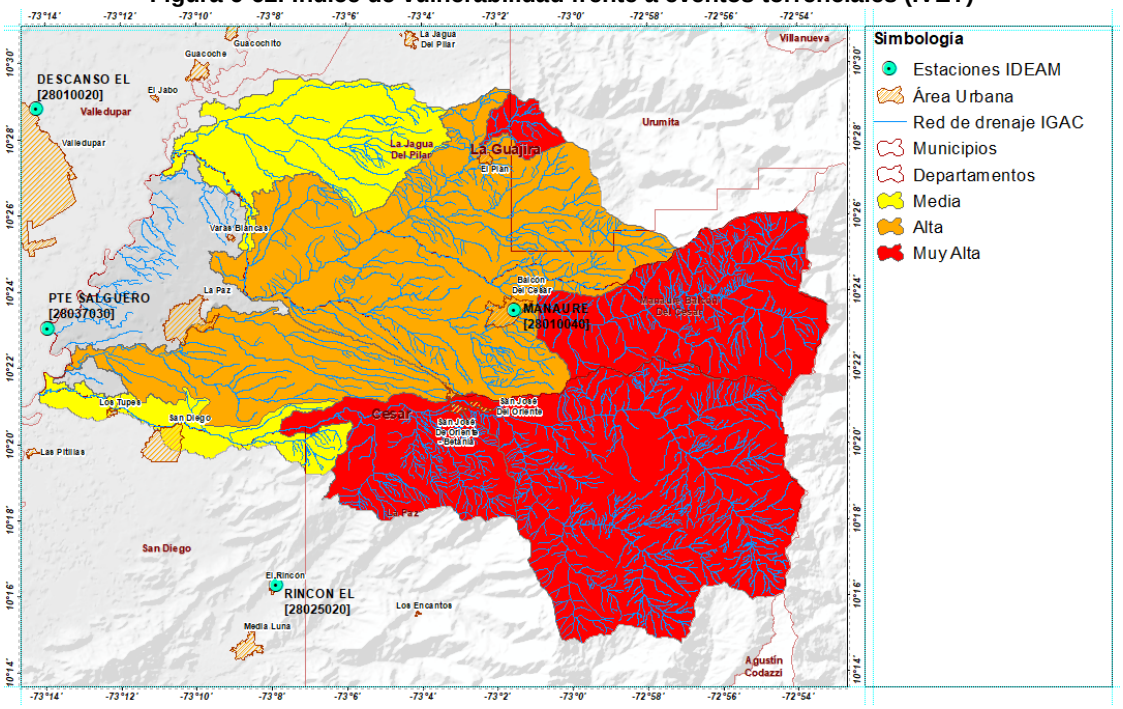



Fuente: Autores (2019).

- **Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET)**

El IVET fue desarrollado en el SubCapítulo 2 de la Caracterización Biofísica de la Cuenca del Capítulo A del producto de la Fase Diagnóstica, donde los resultados nos arrojan una clasificación de muy alta, en la parte alta de la cuenca y una clasificación media en la zona media y parte de la zona baja de la cuenca, esto puede estar asociado en su gran parte al relieve y a los parámetros morfométricos característicos de la cuenca de los cuales se puede resaltar que se presentan pendientes muy elevadas. Además de estos índices, en la etapa de diagnóstico los componentes hidrográficos y morfométricos de las unidades hidrográficas evaluadas pueden relacionar sus resultados con la presencia de torrencialidad en la respuesta hidrológica de las cuencas. (ver Figura 6-62).

**Figura 6-62. Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET)**




Fuente: Autores (2019).

- *Relación de los principales parámetros e índices hidrográficos y morfométricos y su relación con cuencas torrenciales*

Según el índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales, la cuenca se clasifica o presenta una vulnerabilidad modera, alta y muy alta, siendo estas últimas dos las que presentan un mayor porcentaje o extensión dentro de la cuenca objeto de estudio. Los diferentes parámetros hidrográficos y morfométricos, que inciden en este fenómeno se describen a continuación, analizado por unidades hidrográficas de nivel II y en orden de mayor a menor vulnerabilidad.

La unidad hidrográfica que presenta mayor vulnerabilidad frente a eventos torrenciales es la subcuenca del Rio Chiriaimo que a su vez está conformada por las unidades abastecedoras San José, San Diego-La Paz y Los Tupes, las cuales tienen una densidad de drenaje moderada según la clasificación, pero con un valor muy cercano a una densidad de drenaje alta, lo que nos indicaría que presenta una respuesta hidrológica media-rápida al influjo de la precipitación y que posee suficiente drenaje para cuando se presentan tormentas. La pendiente y la longitud del cauce, indican peligro de sometimiento a grandes velocidades en el desplazamiento del agua en su zona alta. Así mismo presenta patrones de drenaje dendrítico el cual es característico de zonas montañosas, y este mismo incide en los valores relativamente altos de los índices de relación de bifurcación e índice de torrencialidad.

Por otro lado, presenta un relieve moderadamente montañoso y con pendientes muy fuertemente accidentadas, lo que es tendiente a generar procesos erosivos fuertes y debido a las pendientes muy pronunciadas podría clasificarse como una cuenca torrencial.

En segundo lugar, encontramos la cuenca del Rio Manaure – Pereira, la cual presenta el mayor grado de vulnerabilidad en su zona alta, correspondiente a la unidades abastecedoras Manaure y el Plan y con un menor grado de vulnerabilidad se encuentran la unidad abastecedora Varas blancas ubicada en la zona media-baja, esta unidad hidrográfica tiene una densidad de drenaje moderada, la cual puede estar asociada al relieve medianamente montañoso de la zona, y que nos sugiere que esta presenta una respuesta hidrológica media al influjo de la precipitación y que posee suficiente drenaje para cuando se presentan las tormentas. La red de drenaje es de tipo dendrítico - angulado, ya que en su zona alta (UHA Manaure), los patrones de drenaje son parecidos a una ramificación arborescente, característicos de zonas montañosas; en cambio en su parte media y baja (UHA Varas blancas) presentan una red angular que es una variante de la dendrítica en la que las fallas, fracturas y sistemas de unión han modificado su forma clásica, los patrones característicos de esta red de drenaje se relacionan con el índice de relación de bifurcación ya que el valor resultante corresponde a zonas de montaña con fuertes dependencias estructurales caracterizadas de cuencas estrechas y alargadas, lo cual indica una rápida concentración de la escorrentía, pero con picos de crecidas poco importantes. Y con el índice de torrencialidad el cual es relativamente alto, debido a la gran cantidad de corrientes de orden uno (1), que son características de las redes de drenaje dendríticas y cuencas con pendientes fuertes y potencialmente erosivas.

Por último, tenemos la microcuenca del Rio Mocho que, aunque presenta una vulnerabilidad alta, es menor grado que las anteriores. Esta tiene una densidad de drenaje que se clasifica como alta, lo que nos indica que presenta una respuesta hidrológica rápida al flujo de la precipitación y que posee suficiente drenaje para cuando se presentan tormentas. Presenta una red de drenaje paralela, ya que los canales tienen una dirección definida debido a la pendiente regional del terreno y que sus tributarios se unen formando ángulos generalmente iguales.

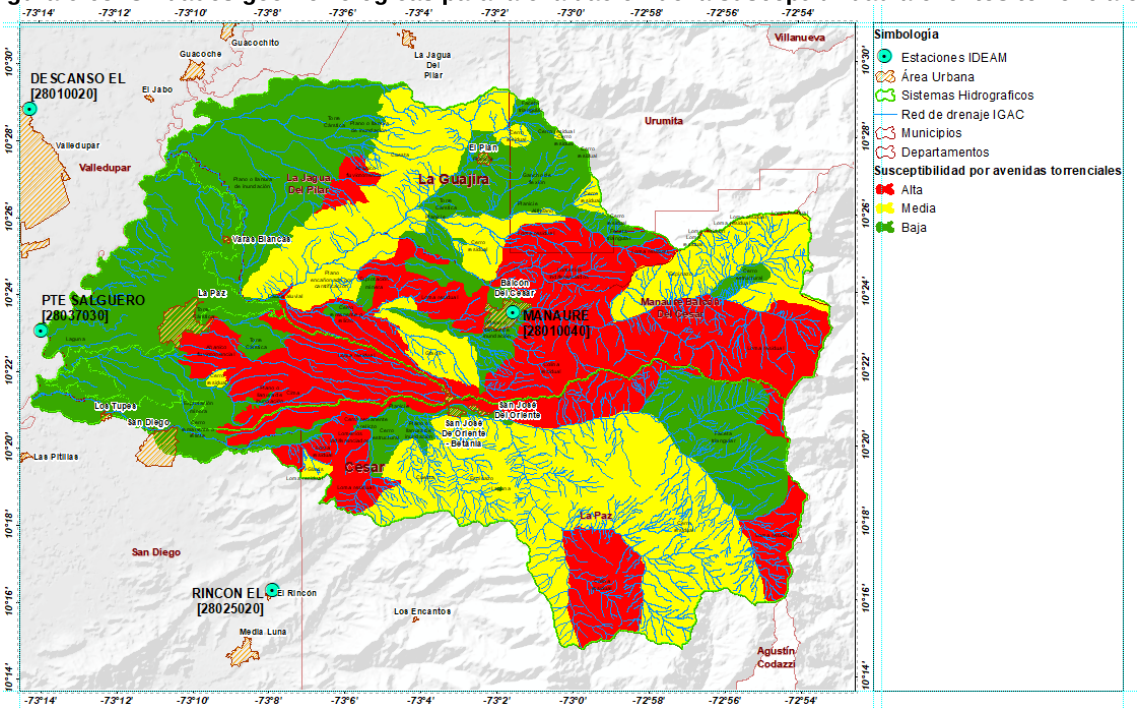
Los patrones de este tipo de drenaje se relacionan con el índice de relación de bifurcación, que en este caso tiene un valor menor que las cuencas anteriores lo que indica una zona menos montañosa y con menos pendiente, al igual que el índice de torrencialidad que también arrojo un valor menor indicando una menor cantidad de corrientes de primer orden y por lo tanto un menor grado de torrencialidad en la cuenca.

- **Unidades geomorfológicas para la evaluación de la susceptibilidad a eventos torrenciales**

Corresponde a geoformas generadas a lo largo de un sistema fluvial como resultado de los procesos erosivos y de acumulación torrenciales que varían en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Cada subunidad se identifica según el material del depósito,

morfogénesis, pendientes, contrastes morfológicos (rugosidad, curvatura, etc.) y cronología (SGC, 2012); siendo esta última característica la que permite determinar las áreas susceptibles a presentar un evento torrencial. (ver Figura 6-63 y Tabla 6-14).

**Figura 6-63. Unidades geomorfológicas para la evaluación de la susceptibilidad a eventos torrenciales**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 6-14. Unidades geomorfológicas para la evaluación de la susceptibilidad a eventos torrenciales**

| Unidad | Código de la unidad | Terrenos | Zink | Suscep. A.Torrenciales |
|---|---|---|---|---|
| Abanico fluviotorrencial | Faa | Planicie | Abanico de explayamiento | Alta |
| Altiplano | Da | Altiplanicie | Meseta | Media |
| Altiplano | Da | Peneplanicie | Meseta | Media |
| Cauce aluvial | Fca | Planicie | Banco de arena de cauce | Alta |
| Cerro estructural | Sce | Altiplanicie | Superficie estructural | Baja |
| Cerro estructural | Sce | Peneplanicie | Superficie estructural | Baja |
| Cerro remanente o relicto | Dcrem | cerro aislado | Cerro testigo | Baja |
| Cerro remanente o relicto | Dcrem | Peneplanicie | Cerro testigo | Baja |
| Cerro residual | Dcrs | Altiplanicie | Loma | Media |
| Cerro residual | Dcrs | Peneplanicie | Loma | Media |
| Cima | Dc | Peneplanicie | Cumbre convexa | Alta |
| Colina residual | Dcr | Altiplanicie | Colina | Alta |

| Unidad | Código de la unidad | Terrenos | Zink | Suscep. A.Torrenciales |
|---|---|---|---|---|
| Cuesta | Sc | Altiplanicie | Depresión cataclinal | Media |
| Cuesta | Sc | Peneplanicie | Depresión cataclinal | Media |
| Espinazo | Se | Altiplanicie | Cuesta desdoblada | Media |
| Explotación minera | Aemc | Cerro aislado | N/A | Baja |
| Explotación minera | Aemc | Peneplanicie | N/A | Baja |
| Faceta triangular | Sft | Altiplanicie | Escarpe con faceta | Baja |
| Gancho de flexión | Sgf | Altiplanicie | Superficie estructural | Baja |
| Glacis | Dg | Peneplanicie | Glacis de explayamiento | Media |
| Laguna | Flg | Altiplanicie | Cauce colmatado | Baja |
| Laguna | Flg | Planicie | Cauce colmatado | Baja |
| Loma residual | Dlor | Altiplanicie | Hogback | Alta |
| Loma residual | Dlor | Peneplanicie | Hogback | Alta |
| Lomeríos Indiferenciados | Dl | Altiplanicie | Hogback | Alta |
| Lomeríos Indiferenciados | Dl | Peneplanicie | Hogback | Alta |
| Planicie | Dp | Peneplanicie | Llanura | Baja |
| Plano encañonado por carstificación | KcÃ± | Peneplanicie | Valle seco | Media |
| Plano o llanura de inundación | Fpi | Peneplanicie | Albardón de río | Baja |
| Plano o llanura de inundación | Fpi | Planicie | Albardón de río | Baja |
| Torre Cárstica | Ktc | Cerro aislado | Uvulas | Baja |
| Torre Cárstica | Ktc | Peneplanicie | Uvulas | Baja |

Fuente: Autores (2019).

- **Zonificación de la susceptibilidad a avenidas torrenciales**

Con base en los valores del Índice de Melton, el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET), la existencia de unidades geomorfológicas relacionadas con eventos de avenidas torrenciales y la presencia de eventos históricos, se categoriza en general a todas las unidades hidrográficas que componen la subzona hidrográfica 2802-03 con susceptibilidad baja, media y alta por avenidas torrenciales.

Con base en los valores del Índice de Melton, el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET), la existencia de unidades geomorfológicas relacionadas con eventos de avenidas torrenciales y la presencia de eventos históricos, se categoriza en general a todas las unidades hidrográficas que componen la subzona hidrográfica 2802-03 con susceptibilidad baja, media y alta por avenidas torrenciales. (ver Tabla 6-15).

**Tabla 6-15. Clasificación de la susceptibilidad a avenidas torrenciales**

| CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN | CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-01 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-56 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-02 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-57 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-03 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-57 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-04 | Media | Bajo | Media | Medio | 2802-03-01-58 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-04 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-58 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-04 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-59 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-04 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-59 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-05 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-59 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-06 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-60 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-06 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-01-60 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-07 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-01 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-08 | Media | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-02 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-08 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-02 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-08 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-02 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-08 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-03 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-09 | Media | Bajo | Alta | Medio | 2802-03-02-03 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-09 | Media | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-03 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-09 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-04 | Media | Bajo | Alta | Medio |
| 2802-03-01-09 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-04 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-10 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-05 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-11 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-05 | Media | Bajo | Alta | Medio |
| 2802-03-01-12 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-05 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-13 | Media | Bajo | Alta | Medio | 2802-03-02-06 | Media | Bajo | Alta | Medio |
| 2802-03-01-13 | Media | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-06 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-13 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-07 | Media | Bajo | Media | Medio |
| 2802-03-01-14 | Media | Bajo | Alta | Medio | 2802-03-02-07 | Media | Bajo | Alta | Medio |
| 2802-03-01-14 | Media | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-07 | Media | Bajo | Alta | Medio |
| 2802-03-01-14 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-07 | Media | Bajo | Baja | Bajo |

| CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN | CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-15 | Media | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-08 | Media | Bajo | Alta | Medio |
| 2802-03-01-15 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-08 | Media | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-16 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-08 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-17 | Alta | Alto | Media | Alto | 2802-03-02-08 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-17 | Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-02-08 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-18 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-09 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-18 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-09 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-18 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-09 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-19 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-09 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-19 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-10 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-19 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-10 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-20 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-10 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-20 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-10 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-20 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-11 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-20 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-11 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-21 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-11 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-21 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-11 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-21 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-12 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-21 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-12 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-22 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-13 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-22 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-13 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-23 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-13 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-23 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-14 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-23 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-14 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-23 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-14 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-23 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-14 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-24 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-14 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-24 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-15 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |

| CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN | CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-24 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-15 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-25 | Alta | Alto | Media | Medio | 2802-03-02-15 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-25 | Alta | Alto | Media | Medio | 2802-03-02-15 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-25 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-02-16 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-25 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-02-16 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-25 | Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-02-17 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-26 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-17 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-26 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-17 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-26 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-17 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-26 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-18 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-27 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-18 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-27 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-18 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-27 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-18 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-27 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-19 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-28 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-19 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-28 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-19 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-28 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-20 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-28 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-21 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-28 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-21 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-28 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-21 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-28 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-22 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-29 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-22 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-29 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-23 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-29 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-23 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-30 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-24 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-30 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-24 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-30 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-25 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-31 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-25 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |

| CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN | CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-31 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-26 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-32 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-26 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-32 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-27 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-33 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-28 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-33 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-28 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-34 | Alta | Bajo | Baja | Medio | 2802-03-02-28 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-35 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto | 2802-03-02-28 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-35 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto | 2802-03-02-28 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-35 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto | 2802-03-02-28 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-35 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio | 2802-03-02-29 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-35 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio | 2802-03-02-29 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-35 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio | 2802-03-02-30 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-35 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-30 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-36 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-31 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-36 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-32 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-36 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-32 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-37 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-32 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-37 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-33 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-37 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-33 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-37 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-33 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-38 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-34 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-38 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-02-34 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-38 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-35 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-38 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-35 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Media | Alto | 2802-03-02-36 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Media | Alto | 2802-03-02-36 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Media | Alto | 2802-03-02-37 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Media | Alto | 2802-03-02-38 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |

| CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN | CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Media | Alto | 2802-03-02-38 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-02-39 | Muy Alta | Alto | Media | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-02-39 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-02-39 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-02-40 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-02-40 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-39 | Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-02-40 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-40 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-41 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto |
| 2802-03-01-40 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-41 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-40 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-02-42 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-40 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-02-42 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-40 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-03-01 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-40 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-03-02 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-41 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-03 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-41 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-03-04 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-41 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-05 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-42 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-03-06 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-42 | Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-03-06 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-43 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-03-07 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-43 | Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-03-08 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-43 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-03-08 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-44 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-08 | Alta | Bajo | Media | Medio |
| 2802-03-01-44 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-03-08 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-44 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-08 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-45 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-08 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-45 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-03-08 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-45 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-03-09 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-45 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-09 | Alta | Bajo | Baja | Medio |

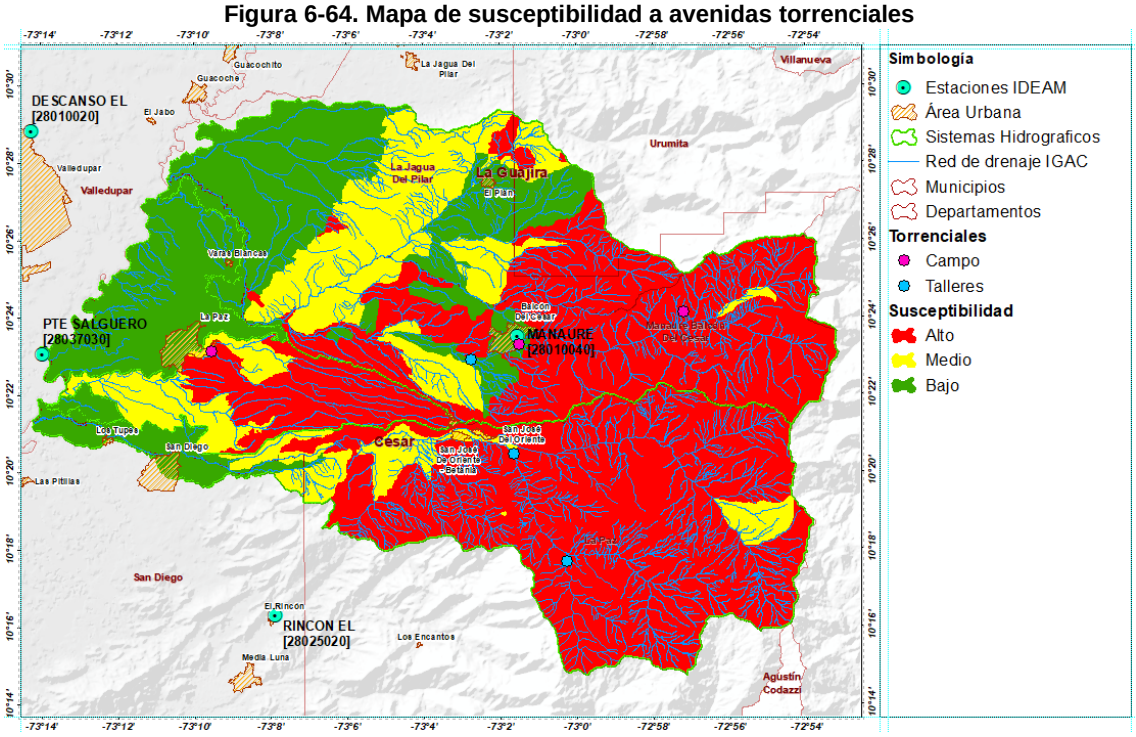
| CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN | CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-45 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-03-09 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-46 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-10 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-46 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-03-10 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-46 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-10 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-46 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-03-10 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-47 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-10 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-47 | Alta | Bajo | Media | Medio | 2802-03-03-11 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-47 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-11 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-47 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-03-11 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-48 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-11 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-48 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-11 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-48 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-03-12 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-49 | Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-03-12 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-49 | Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-03-13 | Alta | Bajo | Alta | Alto |
| 2802-03-01-50 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-13 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-50 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-03-13 | Alta | Bajo | Baja | Medio |
| 2802-03-01-50 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-04-01 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-50 | Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-04-02 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-50 | Alta | Bajo | Baja | Bajo | 2802-03-04-03 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-51 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-04 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-51 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-05 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-52 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-06 | Baja | Bajo | Alta | Bajo |
| 2802-03-01-52 | Muy Alta | Alto | Media | Alto | 2802-03-04-06 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-52 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-06 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-52 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-07 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-53 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-08 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-53 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-04-09 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-53 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-10 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |

| CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN | CÓDIGO | IVET | IM | GEOM | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2802-03-01-54 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-11 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-54 | Muy Alta | Alto | Media | Alto | 2802-03-04-12 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-54 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-13 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-55 | Muy Alta | Bajo | Baja | Medio | 2802-03-04-14 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-55 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-04-14 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-55 | Muy Alta | Bajo | Media | Alto | 2802-03-04-15 | Baja | Bajo | Alta | Bajo |
| 2802-03-01-55 | Muy Alta | Bajo | Alta | Alto | 2802-03-04-15 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-56 | Muy Alta | Alto | Baja | Alto | 2802-03-04-15 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-56 | Muy Alta | Alto | Alta | Alto | 2802-03-04-16 | Baja | Bajo | Baja | Bajo |
| 2802-03-01-56 | Muy Alta | Alto | Media | Alto | | | | | |

Fuente: Autores (2019).

En general las unidades hidrográficas que presentan mayor susceptibilidad a avenidas torrenciales se ubican en las zonas altas de las unidades de nivel II coincidiendo con los puntos identificados por los actores. A continuación, se presenta el mapa de susceptibilidad a avenidas torrenciales. (ver Figura 6-64).

**Figura 6-64. Mapa de susceptibilidad a avenidas torrenciales**



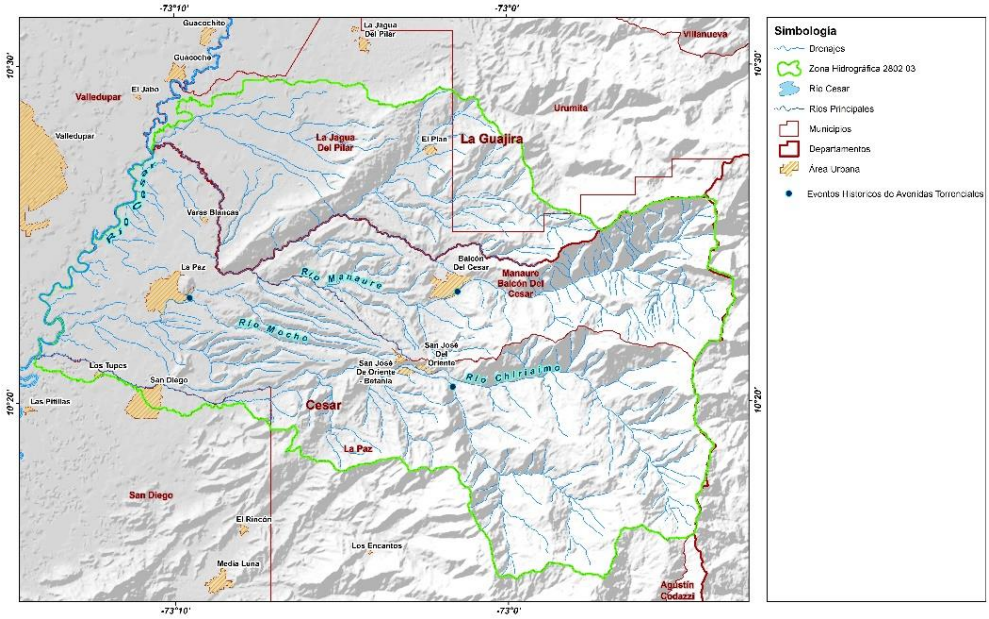

Fuente: Autores (2019).

### 6.2.3.2. Amenaza a avenidas torrenciales

Los métodos para la evaluación de la amenaza por avenidas súbitas se utilizan una serie de técnicas y procedimientos de forma combinada y complementaria, para el caso actual de la cuenca de estudio dado a contar con un inventario histórico básico basado principalmente en reportes de testimonio oral y un definición del terreno a través de herramientas de sistemas de información geográfico, los cuales corresponden a: pendientes sobre el flujo, el índice de saturación, elevación relativa al cauce, distancia relativa al cauce siguiendo la pendiente, el índice del poder relativo del drenaje e índice de transporte de sedimentos; se realizará un modelamiento espacial con estos criterios que permitan definir las posibles zonas de amenaza; aun así se recomienda realizar un levantamiento a detalles que permitan realizar métodos hidrológicos – hidráulicos que son de mayor exactitud.

La Figura 6-65 presenta la ubicación de los puntos que representan la ubicación de los eventos históricos reportados y que contiene información específica que permita tener periodos de retorno que darán la pauta para el modelamiento.

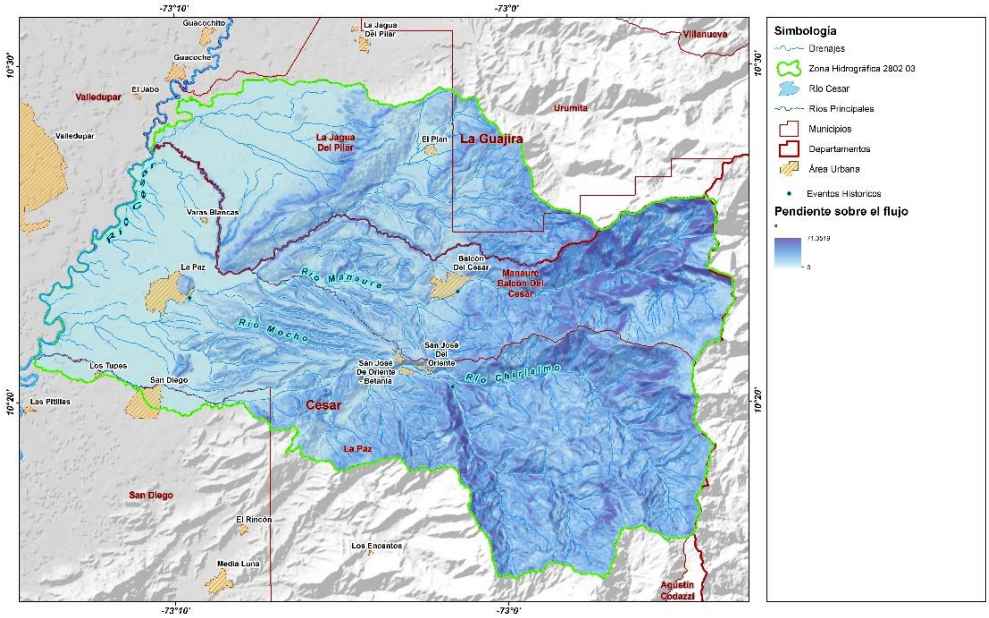
**Figura 6-65. Eventos históricos de torrencialidad para el modelamiento**




Fuente: Autores (2019).

En la Figura 6-66 se evidencia el mapa la pendiente sobre el flujo, la cual consiste en un índice descrito por Hierdt et al. (2004) e indica la medición en grados sobre el drenaje, es decir la pendiente mayor entre dos pixeles (y no una ventana de 3x3 pixeles, como habitualmente se calcula en los sistemas de información geográfica). Este índice ha sido usado y aplicado por el campo de la hidrología, geomorfología y bioquímica (John Lindsay, 2013), por lo anterior se tiene en cuenta en el actual modelamiento.

**Figura 6-66. Mapa pendiente sobre el flujo**




Fuente: Autores (2019).

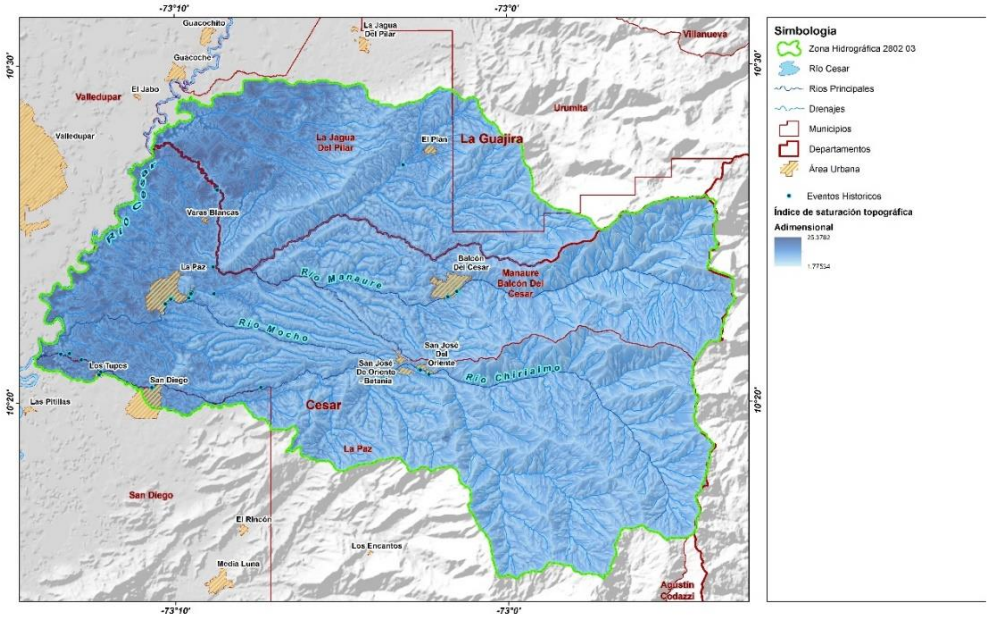
La pendiente de flujo y el área acumulada de la cuenca se unificaron mediante la variable Índice de saturación del terreno (*WI*), el cual se representa en la Figura 6-55, (John Lindsay, 2012) usando la Ecuación 6.

Esta variable es muy importante debido a que indica cuales son aquellas zonas que pueden ser saturadas (topográficamente hablando).

$$WI = Ln(AS / tan(\theta))$$

**Ecuación 6**

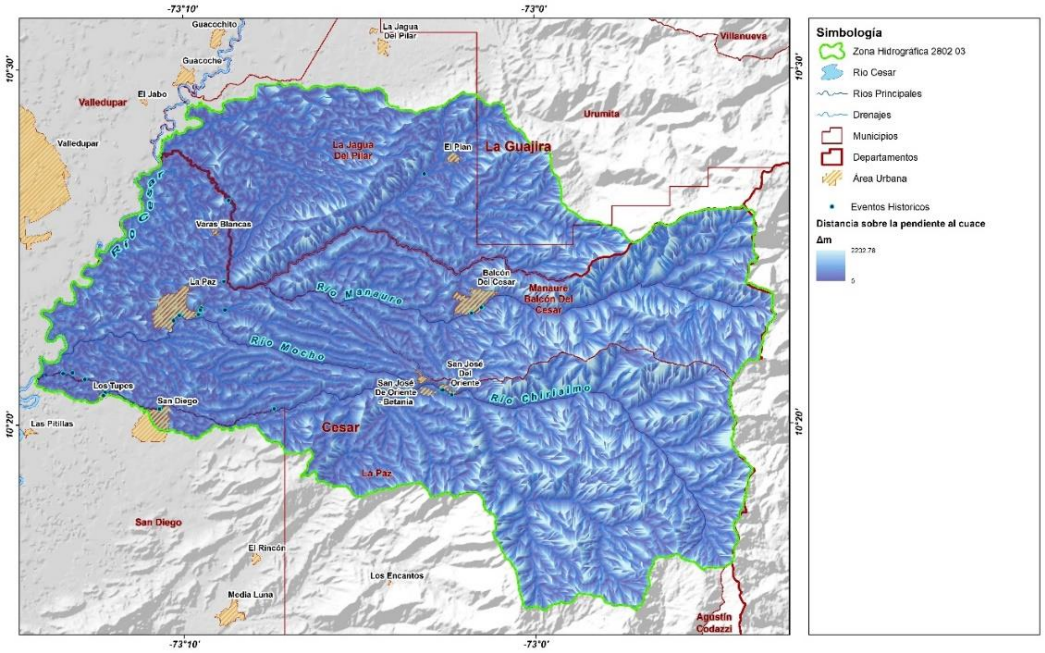
**Figura 6-67. Índice de saturación del terreno**




Fuente: Autores (2019).

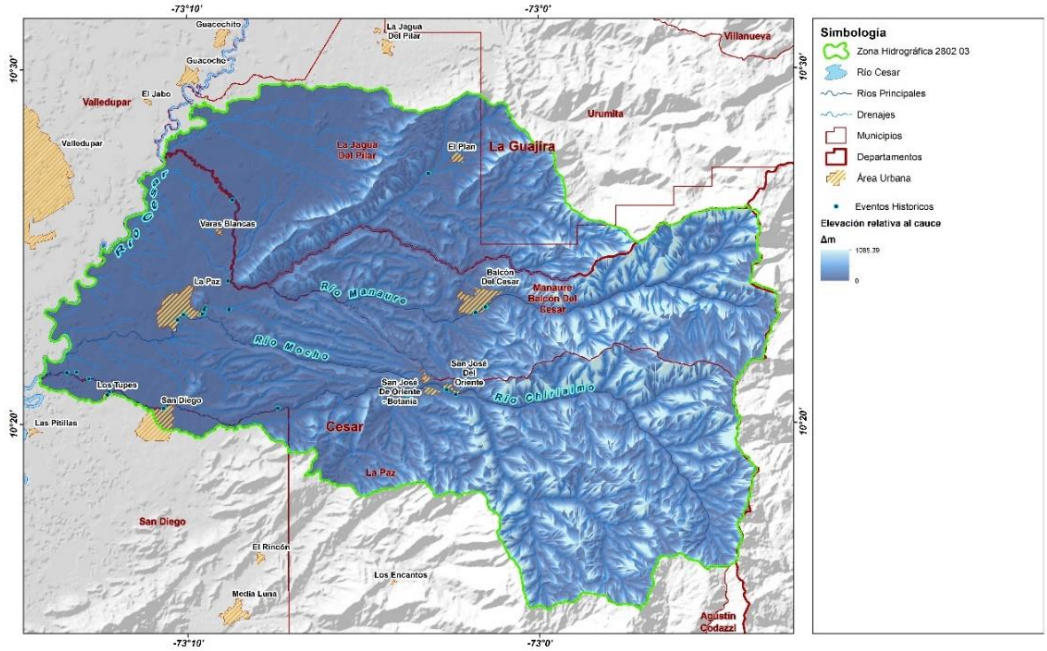
La distancia relativa al cauce observado en la Figura 6-68, así como la elevación relativa al cauce presente en la Figura 6-69, se definieron mediante procesamiento hidrológico en sistemas de información usando el análisis de ocho direcciones para cada una de las celdas ráster en el mapa del modelo digital de elevación.

**Figura 6-68. Distancia relativa al cauce**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-69. Elevación relativa al cauce**



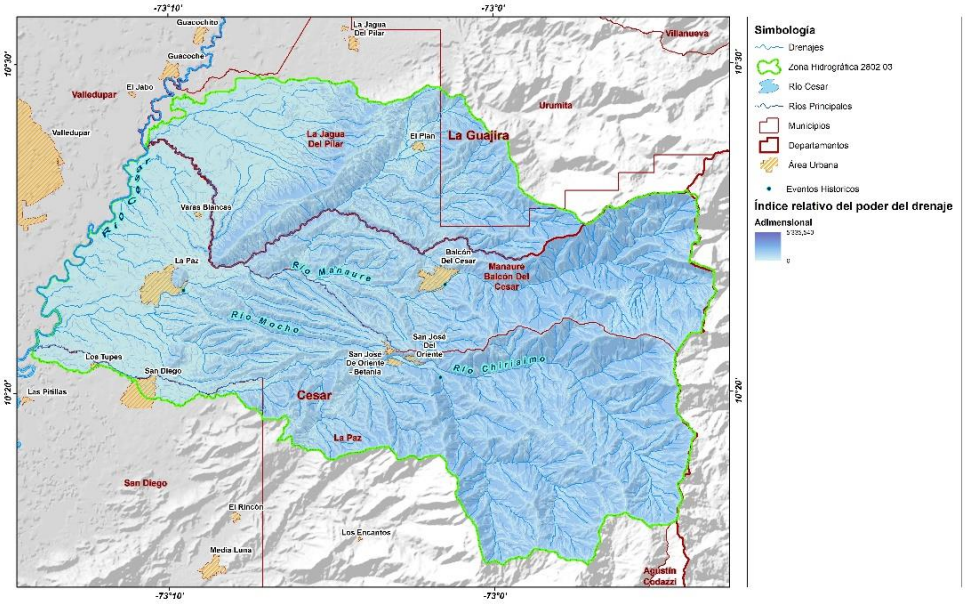

Fuente: Autores (2019).

La Figura 6-70 presenta el índice relativo del poder del drenaje el cual es un índice descrito por John Lindsay (2012), está directamente relacionado al poder del drenaje si se asume que la descarga del drenaje puede ser directamente proporcional al área ascendente de la cuenca (As). El índice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$RSPI = As^P * \tan(B)$$

Donde As es el área específica de la cuenca (normalmente conocida en SIG aplicado a hidrología como Acumulación de flujo), B es el ángulo de la pendiente sobre el drenaje y P es el exponente definido por el usuario que controla locaciones específicas de relación entre área de contribución de la cuenca y las descargas, para el presente estudio dada la escala 1:25.000 se aplicó P igual a 1. John Lindsay (2013).

**Figura 6-70. Índice relativo del poder del drenaje**



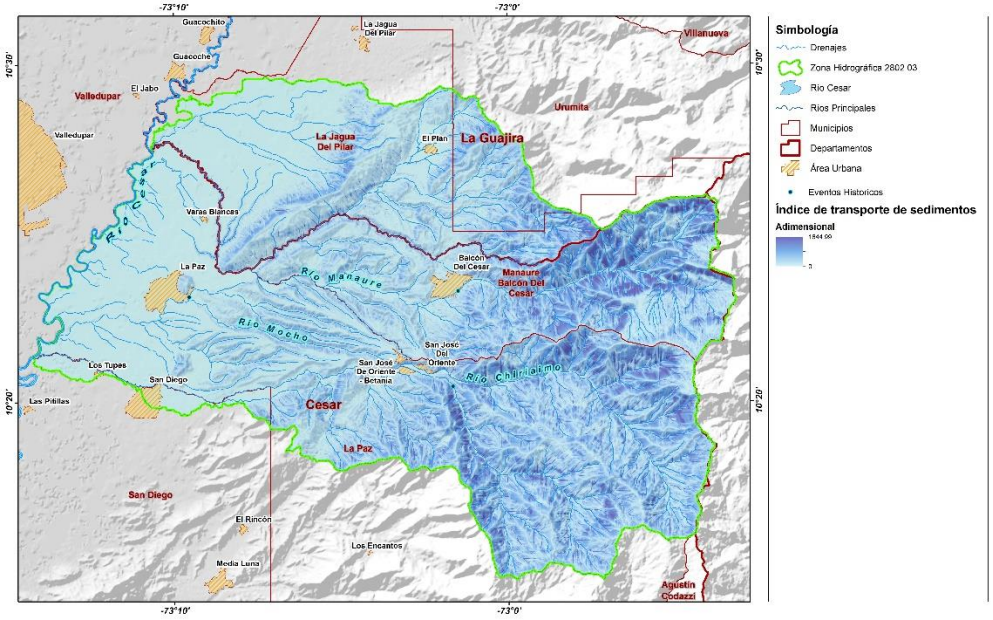

Fuente: Autores (2019).

La Figura 6-71 representa el índice de transporte de sedimentos el cual es un iíndice descrito por Moore and Burch (1986) se deriva de la teoría de poder del drenaje y ocasionalmente es usada en lugar del factor de longitud de pendiente en la ecuación universal de perdida de suelo revisada (RUSLE) para longitudes de pendiente menores a 100 m y pendientes menores a 14°, el índice combina el área de contribución de la cuenca (As), bajo la premisa de que el área de contribución de la cuenca está directamente relacionado con la descarga, y la pendiente del flujo (B). El índice es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$STI = (m+1) * (\frac{As}{22.13})^m \sin(\frac{B}{0.0896})^n$$

Donde As es el área específica de la cuenca (normalmente conocida en SIG aplicado a hidrología como Acumulación de flujo), B es el ángulo de la pendiente sobre el drenaje, m es usualmente calificado con 0.4, n es usualmente calificado con 1.4. John Lindsay (2013).

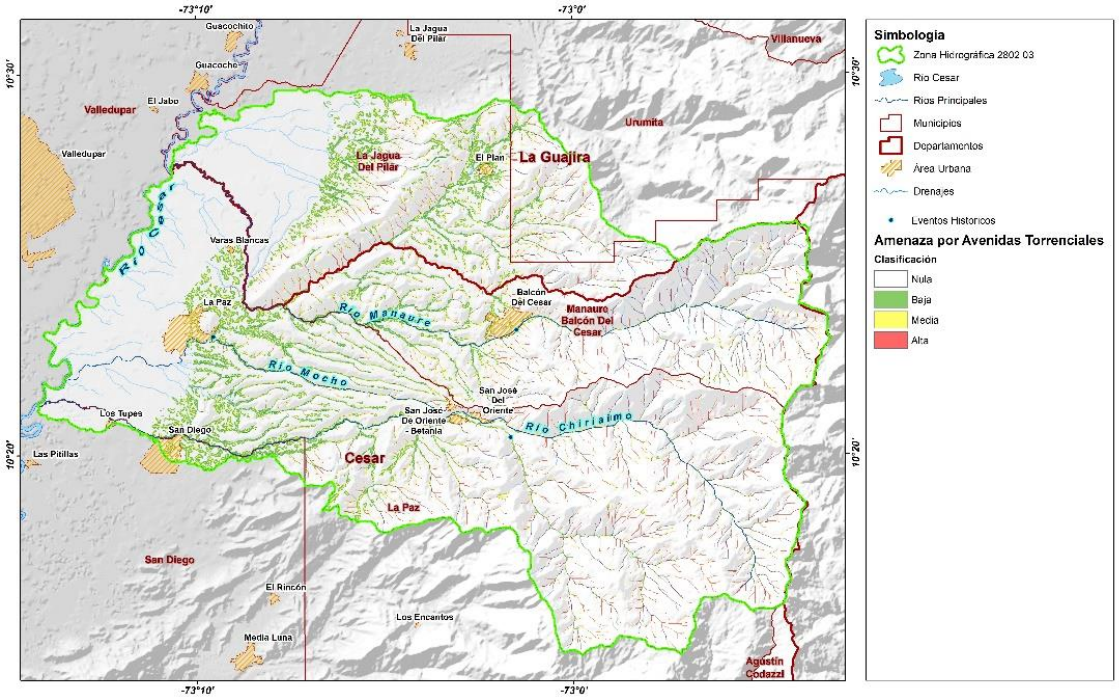
**Figura 6-71. Índice de transporte de sedimentos**




Fuente: Autores (2019).

Posteriormente se realizó mediante superposición de mapas (eventos históricos y mapas morfométricos) un análisis de eventos históricos para definir la amenaza alta media y baja las cuales se observan en la Figura 6-72.

**Figura 6-72. Mapa de amenaza por avenidas torrenciales**




Fuente: Autores (2019).

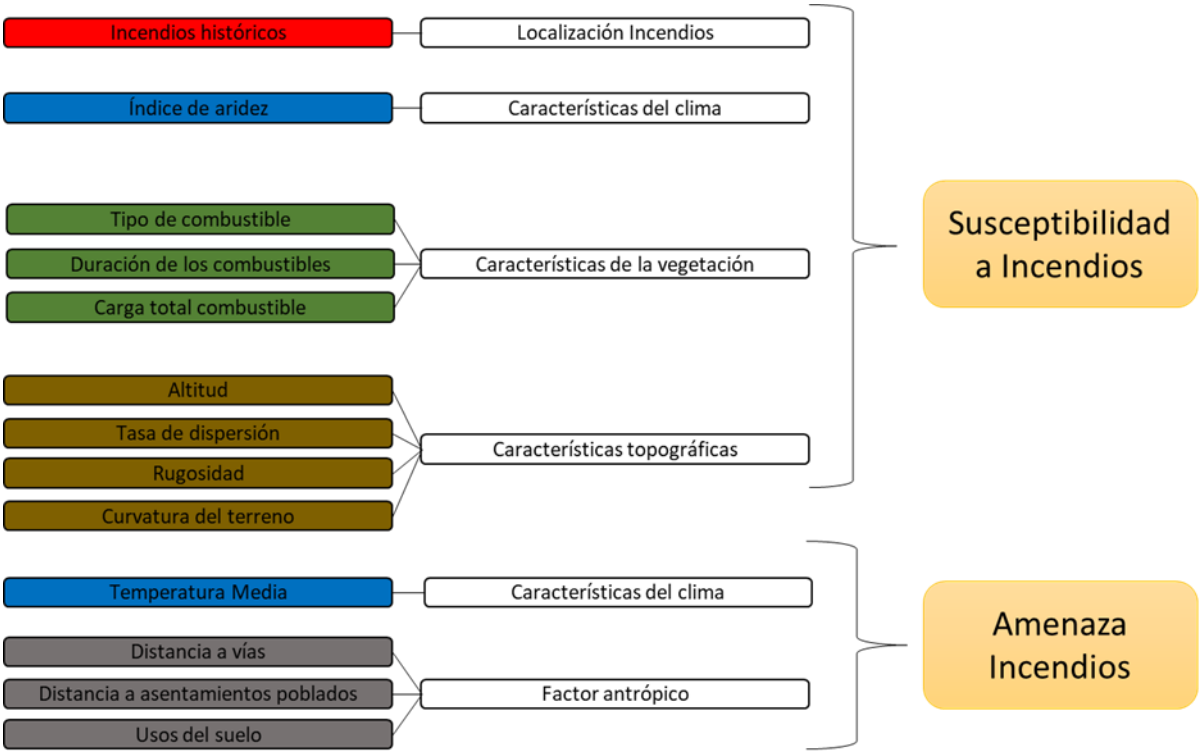
Dentro de las características a resaltar de este mapa es los cauces estrechos y de alta pendiente ubicados en la parte alta de la cuenca presenta una amenaza alta hasta la altura media de la cuenca donde la amplitud en la geoforma permite la acumulación del agua y dar evidenciar las características de la avenida súbita. Se recomienda que bajo las evidencias de campo y reportes la población de Balcón de Cesar ha presentado este tipo de eventos, pero dada la escala y método usado no se logra entender su comportamiento, que se amplié su información por medio de detalle.

## 6.2.4. INCENDIOS FORESTALES

### 6.2.4.1. Susceptibilidad a incendios forestales

El primer paso para abordar la metodología que permite obtener la susceptibilidad a incendios forestales es la determinación de variables, para esto de acuerdo al evento y a las características de las zonas de estudio, se establecieron las siguientes variables condicionantes: Índice de aridez, Características de la vegetación, Tasa de dispersión, Rugosidad y Curvatura. Lo anterior debido a que las variables mencionadas favorecen la ocurrencia de procesos de ignición. (ver Figura 6-73).

**Figura 6-73. Selección de variables y proceso metodológico para obtención de susceptibilidad y amenaza a incendios Forestales**




Fuente: Autores (2019), con base en GUÍA IDEAM.

A continuación, se lleva a cabo la categorización y calificación de cada una de las variables condicionantes de acuerdo con clasificaciones y calificaciones establecidas en las metodologías oficiales. En este caso se establece una categorización y calificación que permita una interpretación adecuada de las variables de manera coherente con sus características, su comportamiento dentro las cuencas a evaluar, y su incidencia en la ocurrencia de los eventos.

Se debe precisar que en los casos en los que no se contó con una metodología oficial, las calificaciones fueron obtenidas mediante la función de pertenencia. Una vez preparadas las variables se procede con su ponderación, la cual para el presente caso se realizó por procesos analíticos jerárquicos, los cuales fueron desarrollados en el numeral 2 y cuyos resultados se ilustran en la Tabla 6-16.

**Tabla 6-16. Matriz de comparación por pares para variables de susceptibilidad a Incendios Forestales, para las cuencas hidrográfica de los Ríos Chiriaimo y Manaure**

| Índices | Índice de aridez | Características de la vegetación | Tasa de dispersión | Rugosidad | Curvatura |
|---|---|---|---|---|---|
| Índice de aridez | 1.000 | 1.000 | 3.000 | 5.000 | 3.000 |
| Características de la vegetación | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 5.000 | 5.000 |
| Tasa de dispersión | 0.333 | 1.000 | 1.000 | 3.000 | 1.000 |
| Rugosidad | 0.200 | 0.200 | 0.330 | 1.000 | 0.330 |
| Curvatura | 0.333 | 0.200 | 1.000 | 3.000 | 1.000 |
| **Total** | **2.866** | **3.400** | **6.330** | **17.000** | **10.330** |

Fuente: Autores (2019).

La Tabla 6-17, indica la matriz de comparación entre pares de variables condicionantes, comparando la importancia de cada uno de ellos con los demás, donde 1 es igualmente importante y 9 es extremadamente más importante.

**Tabla 6-17. Matriz de comparación por pares para variables de susceptibilidad a Incendios Forestales normalizada**

| Índices | Índice de aridez | Características de la vegetación | Tasa de dispersión | Rugosidad | Curvatura |
|---|---|---|---|---|---|
| Índice de aridez | 0.349 | 0.294 | 0.474 | 0.294 | 0.290 |
| Características de la vegetación | 0.349 | 0.294 | 0.158 | 0.294 | 0.484 |
| Tasa de dispersión | 0.116 | 0.294 | 0.158 | 0.176 | 0.097 |
| Rugosidad | 0.070 | 0.059 | 0.053 | 0.059 | 0.032 |
| Curvatura | 0.116 | 0.059 | 0.158 | 0.176 | 0.097 |

Fuente: Autores (2019).

Una vez normalizadas las variables (ver Tabla 6-17), se procede con la obtención de pesos para cada una de estas y los resultados son expuestos en la Tabla 6-18, allí se puede concluir que las variables Índice de aridez y Características de la vegetación son los que mayor incidencia tienen para la ocurrencia de un evento.

**Tabla 6-18. Pesos para cada variable de susceptibilidad evaluada para las cuencas hidrográfica de los Ríos Chiriaimo y Manaure**

| Variables de susceptibilidad | Sumatoria en filas de matriz normalizada | Pesos obtenidos por variable |
|---|---|---|
| Índice de aridez | 1.701 | 0.340 |
| Características de la vegetación | 1.579 | 0.316 |
| Tasa de dispersión | 0.842 | 0.168 |
| Rugosidad | 0.272 | 0.054 |
| Curvatura | 0.606 | 0.121 |

Fuente: Autores (2019).

En la Tabla 6-19 se muestran los totales de casilleros teniendo en cuenta las variables y su importancia.

**Tabla 6-19. Totales de los casilleros**

| Índices | Índice de aridez | Características de la vegetación | Tasa de dispersión | Rugosidad | Curvatura |
|---|---|---|---|---|---|
| Índice de aridez | 0.340 | 0.316 | 0.505 | 0.272 | 0.364 |
| Características de la vegetación | 0.340 | 0.316 | 0.168 | 0.272 | 0.606 |
| Tasa de dispersión | 0.113 | 0.316 | 0.168 | 0.163 | 0.121 |
| Rugosidad | 0.068 | 0.063 | 0.056 | 0.054 | 0.040 |
| Curvatura | 0.113 | 0.063 | 0.168 | 0.163 | 0.121 |

Fuente: Autores (2019).

La importancia de la utilización de este método, está en que una vez asignados los pesos, se obtiene una medida de consistencia de la matriz, que permite valorar la relación de las variables entre sí, determinando su coherencia y pertinencia. (ver Tabla 6-20).

**Tabla 6-20. Determinación de lambda máx**

| Lambda máx |
|---|
| 5.282 |
| 5.393 |
| 5.241 |
| 5.181 |
| 5.192 |
| 5.258 |

Fuente: Autores (2019).

En este caso el índice de consistencia (IC) es igual a 0,06443 y teniendo en cuenta que el valor aleatorio asumido para la evaluación de 5 variables corresponde a 1,11, la razón de consistencia obtenida es de 0,0580466426, esto indica que la asignación de pesos es consistente para asignarlos como valores para la ponderación. Esto con el fin de obtener la amenaza a incendios forestales de las cuencas Chiriaimo y Manaure. Finalmente, se integran las variables de acuerdo a sus pesos, de la siguiente manera.

(IA * 0.340) + (CV * 0.315) + (TDISP * 0.168) + (RUGOS* 0.054) + (CURVAR * 0,121)

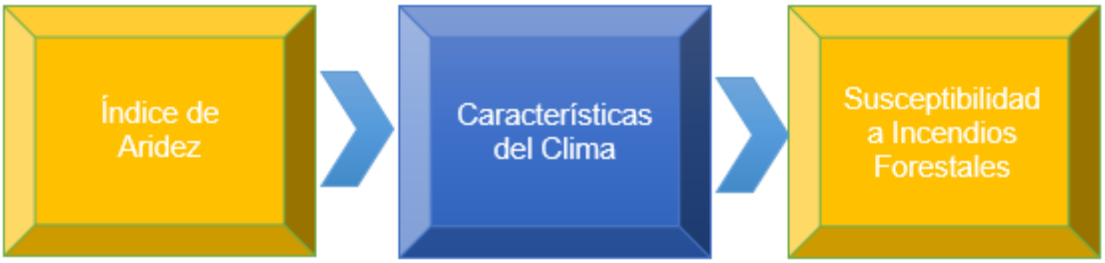
- **Descripción de las variables de susceptibilidad a incendios forestales**

Las variables utilizadas para la ponderación de los factores condicionantes son las siguientes.

- *Factores condicionantes*
  - ✓ Características Clima (CC)

El clima influencia de manera directa y ejerce el control sobre las condiciones para la ignición y propagación de los incendios forestales, (ver Figura 6-74). (Piñol, Terradas, & Lloret, 1998). Las altas temperaturas y los índices de aridez están suelen ser buenos indicadores de la ocurrencia de incendios (Moreno Rodríguez, Rodriguez-Urbieta, Zabala Espiñeira, & Martín, 2015).

**Figura 6-74. Relación de las Características del clima con los incendios forestales**




Fuente: Autores (2019).

En el área oriental de las cuencas hidrográficas de los Ríos Chiriaimo y Manaure , es donde se observan las zonas con un importante aporte de precipitaciones y temperaturas medias a bajas de mayor altitud, gracias a la influencia generada por La Serranía del Perijá; estas características se ven reflejadas en una distribución espacial de los índices de aridez más bajos de las Cuencas hacia el occidente, correspondiente a zonas con niveles moderados muy bajos excedentes de agua, bajos valores de humedad que presentan una alta susceptibilidad por condiciones climáticas a eventos de inicio y propagación de incendios.

Los rangos de índices más altos de aridez corresponden a sectores con déficit de agua, los cuales gracias a su alta tasa de evapotranspiración tienden a aumentar la susceptibilidad en la generación de incendios forestales. Estas zonas con mayor susceptibilidad por condiciones climáticas para incendios de capa vegetal se logran observar en el sector centro occidental, en zonas aledañas al municipio de La Paz y hacia el norte en límites con el municipio de la Jagua del Pilar. (ver Tabla 6-21).

**Tabla 6-21.Calificación y categorización de índice de aridez**

| Índice aridez | Categoría de amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| < 0.15 | Muy baja | 0 |
| 0.15 - 0.19 | Muy baja | 0 |
| 0.2 - 0.29 | Baja | 0,2 |
| 0.3 - 0.39 | Moderada | 0,4 |
| 0.4 - 0.49 | Alta | 0,6 |
| 0.5 - 0.59 | Muy alta | 0,8 |

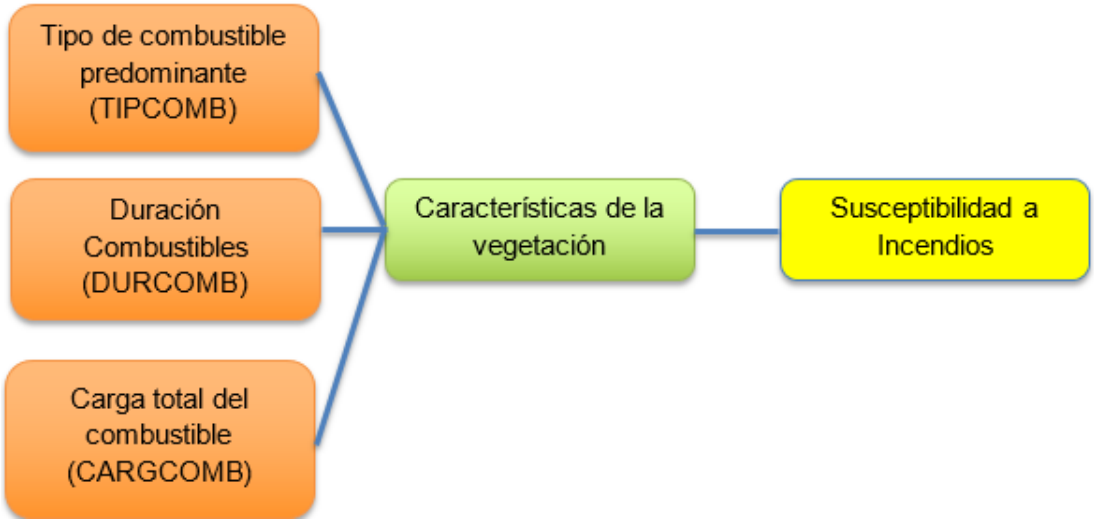
Fuente: Mediciones en estaciones multiparamétricas (precipitación evapotranspiración).

- ✓ Cobertura vegetal (CV)

La susceptibilidad de las coberturas vegetales, es la característica intrínseca de la vegetación dada principalmente por la cantidad de combustible disponible, la disposición de éstos y el grado de combustibilidad que posee, el cual les brindan cierto grado de probabilidad tanto de sufrir daños como de resistir y de recuperarse a un incendio. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, s.f.).

En este caso se incluyen dentro de la evaluación, las características intrínsecas de la vegetación con respecto a su condición pirogénica, de acuerdo con la parametrización propuesta en la metodología del IDEAM (2011), realizada sobre la reclasificación del tipo de cobertura vegetal en la cuenca. (ver Figura 6-75).

**Figura 6-75.Características de la vegetación en función a la susceptibilidad a incendios forestales**




Fuente: Autores (2019).

La susceptibilidad de la cobertura vegetal, se analiza mediante la identificación y valoración de las características que son representativas de una condición pirogénica: Tipo de combustible predominante (TIPCOMB), duración del combustible (DURCOMB) y carga total de combustible (CARGCOMB). El tipo de combustible predominante (TIPCOMB) corresponde a la reclasificación del material vegetal vivo (predominante), en relación con la resistencia que éste puede tener a la combustión de acuerdo con su contenido de humedad, composición química, etc. Por lo tanto, puede variar entre no combustibles a combustibles pesados (Parra Lara, 2011). (ver Tabla 6-22).

**Tabla 6-22. Indicador Tipo de Combustible Predominante**

| Cobertura | Tipo de combustible predominante | Categoría de amenaza Tipo | Calificación Tipo |
|---|---|---|---|
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 2.3.1. Pastos limpios | Pastos | Muy Alta | 1 |
| 2.3.2. Pastos arbolados | Pastos | Muy Alta | 1 |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | Pastos | Muy Alta | 1 |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | Pastos/hierbas | Muy Alta | 1 |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | Pastos/hierbas | Muy Alta | 1 |
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | Pastos/hierbas | Muy Alta | 1 |

| Cobertura | Tipo de combustible predominante | Categoría de amenaza Tipo | Calificación Tipo |
|---|---|---|---|
| 3.1.1. Bosque denso | Árboles y arbustos | Moderada | 0,6 |
| 3.1.3. Bosque fragmentado | Árboles | Baja | 0,4 |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | Árboles | Baja | 0,4 |
| 3.2.1 Herbazal | Hierbas | Alta | 0,8 |
| 3.2.2 Arbustal | Arbustos | Alta | 0,8 |
| 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición | Árboles y arbustos | Moderada | 0,6 |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 3.3.4 Zonas quemadas | Vegetación quemada | Muy Alta | 1 |
| 1.3.1. Zonas de extracción minera | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |

Fuente: clasificación del tipo de cobertura vegetal, IDEAM.

La duración de los combustibles (DURCOMB) corresponde a la reclasificación de la vegetación de acuerdo a la duración del proceso de ignición que puede tener cada tipo de cobertura vegetal, a partir de características como la humedad y el área foliar, pues la dificultad de control sobre un incendio es mayor cuando la cobertura se quema más rápido, es decir cuando la rapidez de ignición del combustible es mayor. Por lo tanto, se reclasifica la vegetación desde no combustibles hasta combustibles con 1 hora de duración para su ignición (Parra Lara, 2011). (ver Tabla 6-23).

**Tabla 6-23. Indicador duración de los combustibles**

| Cobertura | Duración del combustible predominante | Categoría de amenaza Duración | Calificación Duración |
|---|---|---|---|
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 2.3.1. Pastos limpios | 1 hora | alta | 0,8 |
| 2.3.2. Pastos arbolados | 1 hora | alta | 0,8 |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | 1 hora | alta | 0,8 |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | 1 hora | alta | 0,8 |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 1 hora | alta | 0,8 |
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 1 hora | alta | 0,8 |

| Cobertura | Duración del combustible predominante | Categoría de amenaza Duración | Calificación Duración |
|---|---|---|---|
| 3.1.1. Bosque denso | 10 horas | Moderada | 0,6 |
| 3.1.3. Bosque fragmentado | 100 horas | Baja | 0,4 |
| 3.1.4. Bosque de galeria y ripario | 100 horas | Baja | 0,4 |
| 3.2.1 Herbazal | 10 horas | Moderada | 0,6 |
| 3.2.2 Arbustal | 100 horas | Baja | 0,4 |
| 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición | 10 horas | Moderada | 0,6 |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 3.3.4 Zonas quemadas | 1 hora | alta | 0,8 |
| 1.3.1. Zonas de extracción minera | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |

Fuente: Clasificación del tipo de cobertura vegetal, IDEAM.

Cuando se habla de la carga total de combustible (CARGCOMB) se refiere al peso aproximado (relacionado con el grado de compactación y continuidad) de cada cobertura vegetal que corresponde al combustible predominante, asociado con sus características de altura, cobertura, biomasa y humedad de la vegetación, de acuerdo con un análisis multicriterio desarrollado en la metodología planteada por Parra Lara (2011) en el tomo 1 de su libro Incendios de la cobertura vegetal en Colombia.

En el área perteneciente a las cuencas hidrográfica de los Ríos Chiriaimo y manaure prevalecen como cobertura vegetal pastos, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, herbazales y arbustales. Los pastos que aparecen como la cobertura preferencial se caracterizan por ser una vegetación de alta combustión y alta duración de la carga. Los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, herbazales son vegetación de un combustible de moderada a alta categoría de amenaza y de moderada duración de carga de combustión.

Basados en estos valores, la cuenca presenta una cobertura vegetal muy susceptible a inicio de eventos de ignición y a su posterior propagación por la presencia de materiales con moderada a alta duración de la carga combustible. Los cultivos, pastos y herbazales categorizados con la más alta amenaza aportan los valores más altos de susceptibilidad. (ver Tabla 6-24).

**Tabla 6-24. Indicador carga total de combustible**

| Cobertura | Carga Total del combustible predominante | Categoría de amenaza Carga | Calificación Carga |
|---|---|---|---|
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 2.3.1. Pastos limpios | Baja (1-50 ton/ha) | Baja | 0,4 |
| 2.3.2. Pastos arbolados | Moderada (50-100 ton/ha) | Moderada | 0,6 |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | Baja (1-50 ton/ha) | Baja | 0,4 |
| 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos | Moderada (50-100 ton/ha) | Moderada | 0,6 |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | Moderada (50-100 ton/ha) | Moderada | 0,6 |
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | Moderada (50-100 ton/ha) | Moderada | 0,6 |
| 3.1.1. Bosque denso | Muy alta (más de 100 ton/ha) | Alta | 0,8 |
| 3.1.3. Bosque fragmentado | Muy alta (más de 100 ton/ha) | Alta | 0,8 |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | Muy alta (más de 100 ton/ha) | Alta | 0,8 |
| 3.2.1 Herbazal | Baja (1-50 ton/ha) | Baja | 0,4 |
| 3.2.2 Arbustal | Muy alta (más de 100 ton/ha) | Alta | 0,8 |
| 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición | Muy alta (más de 100 ton/ha) | Alta | 0,8 |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |
| 3.3.4 Zonas quemadas | Baja (1-50 ton/ha) | Baja | 0,4 |
| 1.3.1. Zonas de extracción minera | No combustibles | Muy Baja | 0,2 |

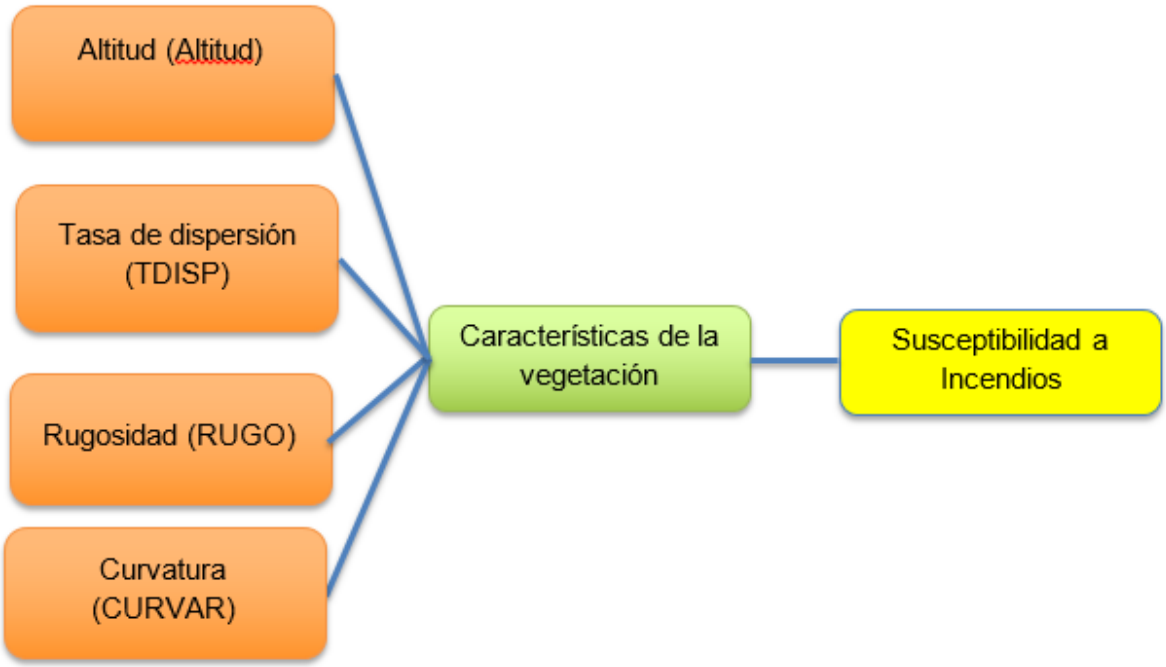
Fuente: Clasificación del tipo de cobertura vegetal, IDEAM.

- ✓ Topografía (Ct)

La condición topográfica es otro factor determinante para la propagación de incendios de cobertura vegetal ya que estos son más frecuentes en ciertas posiciones topográficas. La propagación del fuego aumenta con el ángulo de inclinación de la pendiente del terreno, cuando se presenta a favor de la pendiente es rápida y peligrosa.

Para realizar una correcta interpretación de este factor en la evaluación de la susceptibilidad de ciertos terrenos a incendios forestales, se deben considerar 4 variables: Altitud (ALTITUD), tasa de dispersión (TDISP), rugosidad o variación de la pendiente del terreno (RUGOS) y curvatura del terreno (CURVAR). (ver Figura 6-76).

**Figura 6-76.Características topográficas en función a la susceptibilidad a incendios forestales**




Fuente: Autores (2019).

- ✓ Altitud (Altitud)

Algunas de las variables atmosféricas como la altura, afectan el sistema de combustión, debido a que al aumentar la altitud se disminuye la presión, la temperatura atmosférica, la densidad del aire y con ello la concentración de oxígeno, alterando el sistema de combustión con la disminución del comburente (Alexander, 2002).

- ✓ Tasa de dispersión (TDISP)

La Tasa de dispersión (TDISP) es la variable asociada directamente con la pendiente, con la que se busca evaluar la inclinación del suelo, cuyo aumento presenta una relación con la ampliación del área del incendio o la llamada tasa de dispersión del fuego, (ver Tabla 6-25). (Butler, Anderson, & Catchpo, 2007), a mayores pendientes la propagación del fuego se acelera debido a que las llamas tienen una mayor proximidad a los combustibles (como la materia vegetal), el precalentamiento del combustible es más rápido y se genera con más facilidad la columna de convención (Boulandier, Esparza, Garayoa, Orta, & Anitua, 2001).

**Tabla 6-25. Indicador de dispersión**

| Pendiente media (°) | Categoría de amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| 0 – 4° | muy baja | 0,2 |
| 4 – 7° | Baja | 0,4 |
| 7° – 14° | Moderada | 0,6 |
| 14 – 37° | Alta | 0,8 |
| ›37° | Muy alta | 1 |

Fuente: Butler, Anderson & Catchpo (2007).

✓ Rugosidad (RUGO)

La rugosidad o variación de la pendiente del terreno (RUGOS) corresponde a la variación de la pendiente con respecto a un área determinada, y permite la identificación de formas como los límites de taludes y laderas tanto en los valles como en las crestas (Felícimo, 1992), estas formas del terreno Página 1183 de 1361 pueden aumentar la facilidad del paso del fuego de una ladera a otra, o pueden tener un comportamiento de chimeneas, en el que se genera una columna local de convección que empuja el aire hacia arriba, y que puede generar una propagación de las llamas con altas velocidades, (Velez Muñoz, 1980). Debido a que los valores de Rugosidad varían de 0 a 1, donde 0 significa que el terreno no presenta variación alguna y 1 cuando el terreno presenta alta variación, la calificación para esta variable es equiparable con su valor.

✓ Curvatura (CURVAR)

La curvatura del terreno (CURVAR) corresponde al grado de concavidad o convexidad del terreno, y al igual que la rugosidad esta es una característica asociada con la forma del terreno que tiene un impacto directo en la propagación del fuego, en casos en que el incendio ha iniciado, un terreno cóncavo presenta mayor proximidad entre los combustibles y por lo tanto mayor posibilidad de propagación, además el aire caliente que llega por convección ha calentado los combustibles que hay por encima, y con la posible generación de chispas se pueden empezar focos de incendio cuando caen sobre los combustibles precalentados, (ver Tabla 6-26). (Aguirre Briones, 2001).

**Tabla 6-26. Calificación y categorización de la curvatura del terreno**

| Curva | Categoría de amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| <-0,1 | Baja | 0 |
| - 0.1 – 0.1 | Media | 0,2 |
| >0,1 | Alta | 1 |

Fuente: Aguirre Briones (2001).

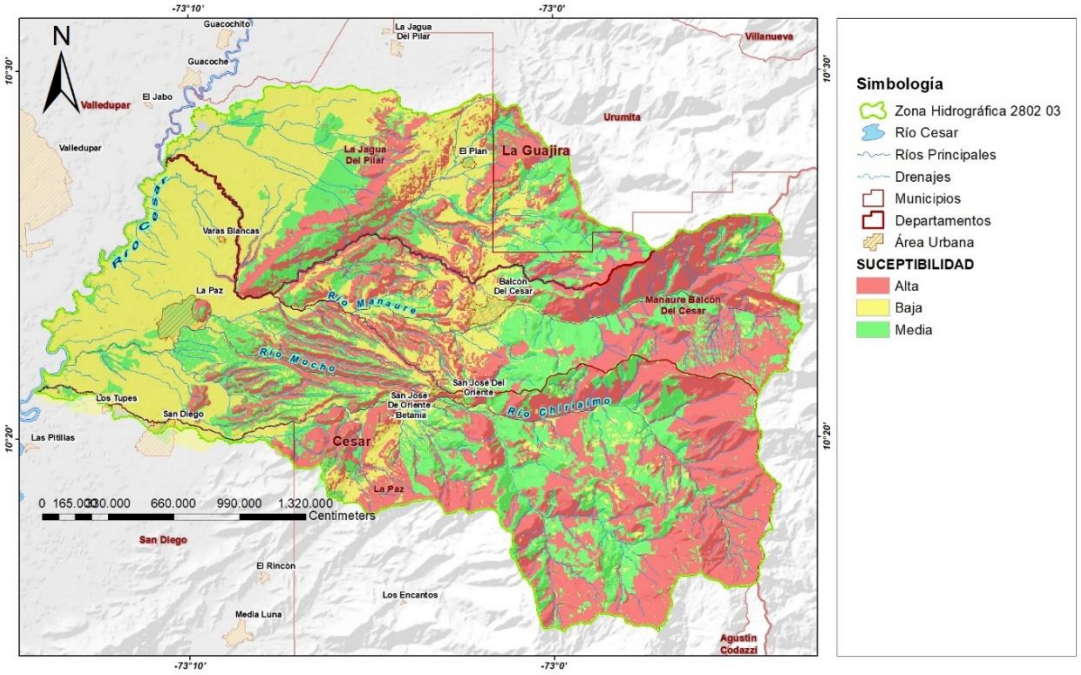
- **Mapa de Susceptibilidad a incendios forestales**

Las cuencas hidrográficas Chiriaimo y Manaure se caracterizan por presentar grandes contrastes topográficos, con altitudes que se encuentran oscilando entre 100 y 3624 msnm con pendientes que oscilan entre 0 y 68°. Las características como la rugosidad y la curvatura a nivel general de las cuencas son muy sobresaliente (valores bajos, medios a altos) por la alta variación del terreno. Al sectorizar las cuencas se diferencian dos morfologías particulares, una en la región occidental caracterizada por un paisaje de planicie generada por la presencia de las llanuras de inundación de los Rios Chiriaimo y Manaure que desembocan en el Rio Cesar y una zona con mayor rugosidad y curvatura hacia el oriente de las cuencas hacia la serranía del Perijá.

Para los eventos incendiarios el componente topográfico es uno de los factores determinantes ya que la propagación del fuego se ve afectado por las variaciones de altitud y por las diferentes morfologías presentes en la zona. Teniendo en cuenta lo anterior el sector oriental de las cuencas, presenta una susceptibilidad a propagación de igniciones más alta debido a su topografía, mientras que el sector occidental marcado por variación topográficas mucho más bajas, presentan una susceptibilidad baja.

En general la susceptibilidad a incendios forestales por topografía y afectaciones del terreno dentro las cuencas Chiriaimo y Manaure es de moderada a alta, esto como resultado de las condiciones de bajas precipitaciones, baja humedad, la morfología y ubicación de la misma y el tipo de coberturas vegetales que presenta. (ver Figura 6-77).

**Figura 6-77. Mapa de Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales**




Fuente: Autores (2019).

Para las cuencas hidrográfica de los Ríos Chiriaimo y Manaure se genera una zonificación de la susceptibilidad a incendios forestales, ceñida por los diferentes eventos reportados, por las variables de condiciones climáticas por las, propiedades de la cobertura vegetal y por ultimo por las características de la topografía, determinando de esta forma una diferenciación entre sectores de susceptibilidad baja, media y alta. De acuerdo a esto los mayores rangos de susceptibilidad a incendios de la capa vegetal Media a alta se dan en las zonas que presentan variaciones topográficas marcadas, y donde existen capas vegetales con características de alta combustión como los herbazales y arbustales.

### 6.2.4.2. Amenaza a incendios forestales

- **Descripción metodológica para obtener la amenaza por incendios forestales**

Para establecer la amenaza a incendios se lleva a cabo el mismo procedimiento descrito en el capítulo metodológico para la obtención de susceptibilidad. No obstante, como para la determinación de la susceptibilidad en primer lugar se realizó con las variables detonantes, que para este caso son: temperatura, distancia a vías, distancia a asentamientos y centros poblados y, en segundo lugar, se incluyó la susceptibilidad como una variable, tomando como categoría media y alta. (ver Tabla 6-27, Tabla 6-28 y Tabla 6-29).

**Tabla 6-27. Matriz de comparación por pares para variables de susceptibilidad a Incendios Forestales**

| Indicadores | Susceptibilidad | Temperatura | Distancia a vías | Distancia a asentamientos | Uso del Suelo |
|---|---|---|---|---|---|
| **Susceptibilidad** | 1.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| **Temperatura** | 0.333 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| **Distancia a vías** | 0.333 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.333 |
| **Distancia a asentamientos** | 0.333 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.330 |
| **Uso del Suelo** | 0.333 | 1.000 | 3.000 | 3.000 | 1.000 |
| **Total** | 2.332 | 7.000 | 9.000 | 9.000 | 5.663 |

Fuente: Autores (2019).

**Tabla 6-28. Matriz Normalizada**

| Indicadores | Susceptibilidad | Temperatura | Distancia a vías | Distancia a asentamientos | Uso del Suelo |
|---|---|---|---|---|---|
| Susceptibilidad | 0.429 | 0.429 | 0.333 | 0.333 | 0.529 |
| Temperatura | 0.143 | 0.143 | 0.111 | 0.111 | 0.176 |
| Distancia a vías | 0.143 | 0.143 | 0.111 | 0.111 | 0.059 |
| Distancia a asentamientos | 0.143 | 0.143 | 0.111 | 0.111 | 0.059 |
| Uso del Suelo | 0.143 | 0.143 | 0.333 | 0.111 | 0.176 |

Fuente: Autores (2019).

**Tabla 6-29. Obtención de pesos para cada variable de amenaza**

| Variables de Amenaza | Sumatoria en filas de matriz normalizada | Pesos obtenidos por variable |
|---|---|---|
| **Susceptibilidad** | 2.053 | 0.411 |
| **Temperatura** | 0.684 | 0.137 |
| **Distancia a vías** | 0.566 | 0.113 |
| **Distancia a asentamientos** | 0.566 | 0.113 |
| **Uso del Suelo** | 1.129 | 0.226 |

Fuente: Autores (2019).

La Tabla 6-30 muestra que las variables detonantes con mayor influencia por su ponderación para la ocurrencia de un evento de incendio: Susceptibilidad y el Uso del suelo.

**Tabla 6-30. Totales de los casilleros**

| Indicadores | Susceptibilidad | Temperatura | Distancia a vías | Distancia a asentamientos | Uso del Suelo |
|---|---|---|---|---|---|
| **Susceptibilidad** | 0.411 | 0.411 | 0.340 | 0.340 | 0.677 |
| **Temperatura** | 0.137 | 0.137 | 0.113 | 0.113 | 0.226 |
| **Distancia a vías** | 0.137 | 0.137 | 0.113 | 0.113 | 0.753 |
| **Distancia a asentamientos** | 0.137 | 0.137 | 0.113 | 0.113 | 0.753 |
| **Uso del Suelo** | 0.137 | 0.137 | 0.340 | 0.340 | 0.226 |

Fuente: Autores (2019).

De manera que índice de consistencia (IC) es igual a 0,049716 y teniendo en cuenta que el valor aleatorio asumido para la evaluación de 5 variables corresponde a 1,11, la razón de consistencia obtenida es de 0,044789238 y por lo tanto se concluye que la asignación de pesos es consistente.

Finalmente, se integran las variables de acuerdo a sus pesos, de la siguiente manera:

*(Susceptibilidad * 0.4101) + (Temperatura * 0.136) + (Distancia a vías * 0.113) + (Distancia asentamientos y centros poblados * 0.113) + (Uso del suelo * 0.2259)*

- **Descripción de las variables de amenaza por incendios forestales**

Estas son variables incluidas dentro de la descripción de la amenaza por su participación como factores detonantes en la ocurrencia de incendios, debido a que pueden presentarse como fuentes de ignición bajo determinadas condiciones.

  - *Temperatura (TEMP)*

Igualmente, como se describió para la determinación de susceptibilidad, las altas temperaturas presentan una importante relación con la ocurrencia de incendios (Moreno Rodriguez, Rodriguez-Urbieta, Zabala Espiñeira, & Martín, 2015), e incluida dentro de la amenaza por participar como un factor detonante.

La temperatura corresponde a una característica cualitativa que mide el grado de calor, esta variable tiene una alta importancia dentro de la susceptibilidad para incendios forestales debido a que ¨las radiaciones térmicas producidas por su aumento, al llegar a una longitud de onda determinada, producen un fenómeno luminoso que se conoce como llama. ¨ (Dirección General de Protección Civil y emergencias - España, s.f.). Esta variable se trabaja sobre la temperatura media anual de acuerdo con la disponibilidad de información. (ver Figura 6-78 y Tabla 6-31).

**Figura 6-78. Características del clima en función a la amenaza a incendios forestales**




Fuente: Autores (2019).

**Tabla 6-31. Indicador temperatura**

| TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C) | CATEGORÍA DE AMENAZA | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|
| Frio (12 – 18) | Moderada | 0.6 |
| Templado (18 – 24) | Alta | 0.8 |
| Cálido (› 24) | Muy alta | 1 |

Fuente: Autores (2019).

Las condiciones climáticas desempeñan un papel determinante para la evaluación de amenazas, ya que estas influencian directamente la disponibilidad de humedad y la cantidad de combustible presente.

La humedad disponible en el ambiente, permite que una cobertura vegetal sea más o menos resistente a la generación de procesos de ignición, lo que implica una disponibilidad mayor de un combustible que sea de fácil ignición.

En las cuencas hidrográfica de los Ríos Chiriaimo y manaure la temperatura media se presenta con un comportamiento bimodal, a lo largo de los periodos normales. Las temperaturas mínimas captadas por las estaciones del IDEAM se presentan al sur variaciones de temperaturas hasta los 25.5 °C y son tomadas por la estación “Rincón El” específicamente en los meses de octubre, noviembre y diciembre. De otro lado, hacia el norte en la estación “Urumita” se reflejan temperaturas medias mínimas de aproximadamente 27°C durante los meses de octubre noviembre y diciembre. Por último, en la zona baja las temperaturas medias anuales tomadas por la estación Apto Alfonso López son de aproximadamente 27.8 °C, también presentándose en el último trimestre del año.

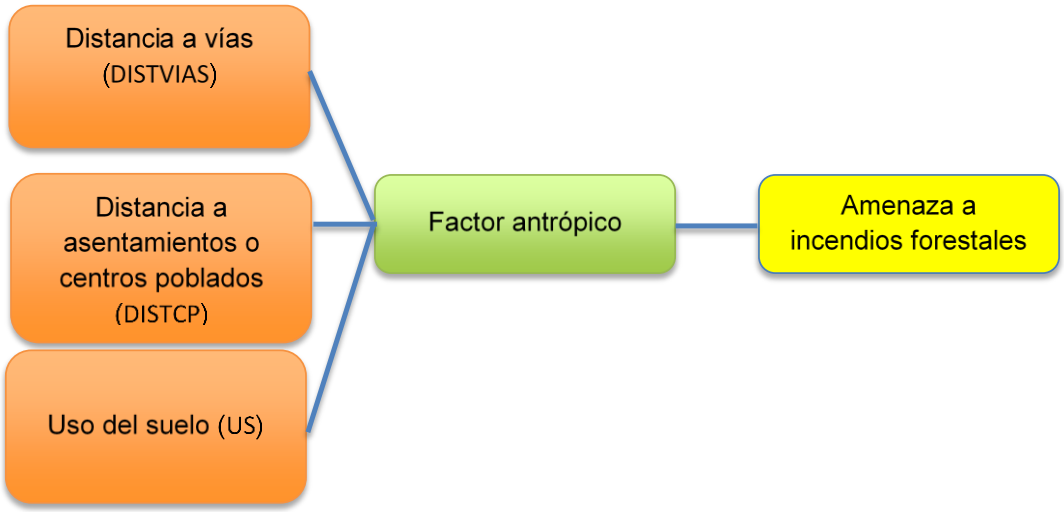
Los valores de temperatura que se presentan en esta región, permiten iniciar y propagar fácilmente eventos incendiarios de la capa vegetal.

- *Factor Antrópico (FA)*

Este factor es el que se estima que propicia los incendios con un 95% de probabilidad en Colombia, derivado de actividades como la rocería y quema en procesos agropecuarios, el descuido en actividades diarias (como fumadores, fogatas, pólvora y cacería de animales), accidentes (caída o roce de líneas eléctricas sobre materiales combustibles) y atentados terroristas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002). Por tal motivo se constituyen como importantes fuentes de ignición para la generación de incendios. Según lo expuesto, se tienen en cuenta las siguientes variables.

Para la interpretación correcta de este factor en la evaluación de la susceptibilidad de ciertas áreas a incendios forestales, se consideraron 3 variables: Distancia a vías (DISTVIAS), distancia a Asentamientos y Centros Poblados (DISTCP), y el uso del suelo (US).

**Figura 6-79. Factor antrópico en función a la amenaza a incendios forestales**




Fuente: Autores (2019).

- ✓ Distancia a vías (DISTVIAS)

La Distancia a vías (DISTVIAS) corresponde a las zonas en las que por el paso de las vías se concibe presencia antrópica por la facilidad de acceso que genera, y el área es determinada mediante la obtención de la densidad vial de acuerdo con la influencia que esta presenta para cada pixel, adicionalmente se tiene en cuenta el tipo de vía, asignándole un peso de 10 a las de más alta categoría y disminuyendo una unidad por cada tipo. Este factor se considera parte de la amenaza, debido a que aumenta la probabilidad de que la población pueda llegar a las áreas de cobertura vegetal y generar focos de incendio. (ver Tabla 6-32).

**Tabla 6-32. Indicador distancia a vías**

| Densidad vial | Categoría de amenaza | Calificación |
|---|---|---|
| 0-6 | Alta | 1 |
| Formato: Vector tipo polígono.<br>Fuente: IGAC escala 25.000. | | |

Fuente: Autores (2019).

✓ Distancia a centros poblados (DISTCP)

La distancia a Asentamientos y Centros Poblados (DISTCP) corresponde al área de influencia que presentan las zonas con concentración poblacional, y que por lo tanto configuran un aumento en la en las prácticas que pueden generar fuentes de ignición, que de manera similar a las vías es proporcional su tipo. (ver Tabla 6-33).

**Tabla 6-33. Indicador distancia a asentamientos y centros poblados**

| DISTANCIA A ASENTAMIENTOS Y CENTROS POBLADOS (Grosor del buffer en m) | CATEGORÍA DE AMENAZA | CALIFICACIÓN |
|---|---|---|
| 0-1000 | Alta | 1 |
| 1000-1500 | Moderada | 0.5 |
| más de 1500 | Baja | 0 |
| Formato: Vector tipo polígono.<br>Fuente: IGAC escala 25.000 y POT. | | |

Fuente: Autores (2019).

✓ Uso del suelo (US)

La variable del uso del suelo (US) tiende a la identificación de zonas en las que se presentan actividades humanas en las que se puede aumentar la probabilidad de existencia de fuentes de ignición por la presencia antrópica ya descrita, fuera de los centros poblados o asentamientos, como: zonas de camping, de turismo, de cultivos, de caza entre otras.

✓ Factor antrópico

El factor antrópico determina la facilidad para el acceso o ingreso a zonas por medio de la red vial y los cascos urbanos, ya que allí hay concentración poblacional y usos del suelo donde se registran actividades humanas las cuales aumentan la probabilidad de que la población pueda llegar a las áreas de cobertura vegetal y generar focos de incendio. El uso de suelos de pastoreo y cultivos facilita la ocurrencia de un incendio forestal.

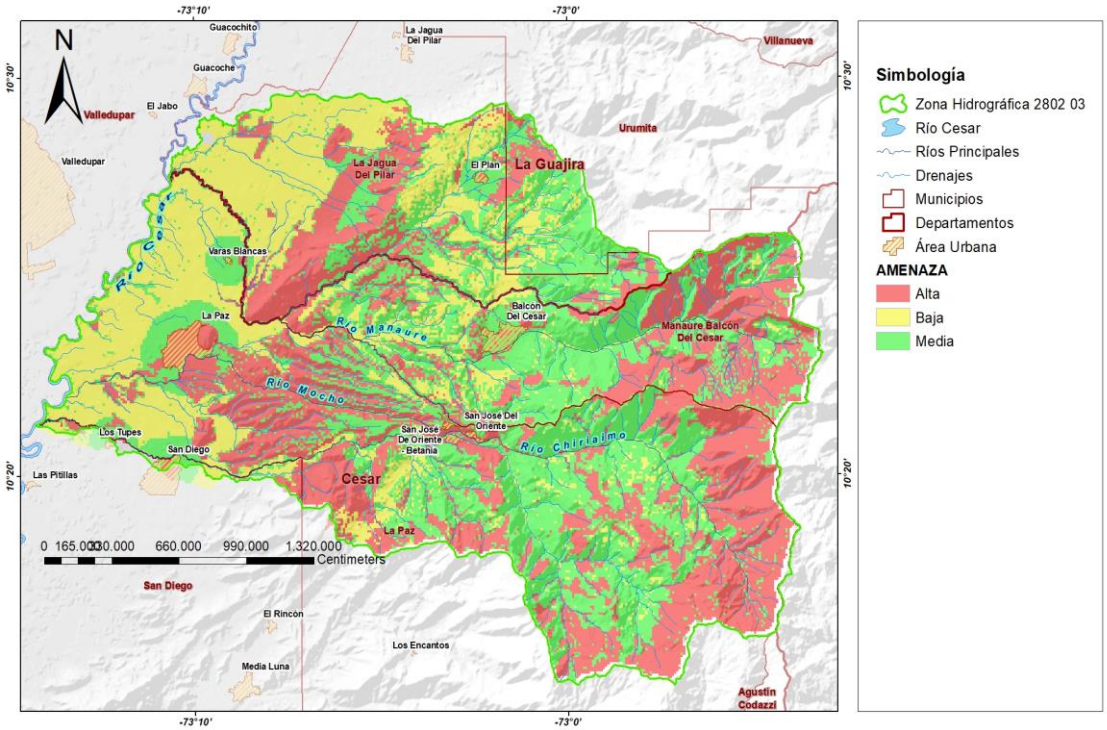
En las cuencas hidrográficas de los Ríos Chiriaimo y Manaure la mayoría de eventos incendiarios se relacionan directamente con las zonas con una fuerte afectación antrópica como se observa en las zonas aledañas a los municipios de La paz, San diego, San José, Balcón del Cesar y en cercanía de las principales vías que atraviesan la cuenca.

En las zonas colindantes con los tejidos urbanos de los municipios de San diego, La paz El pan y Balcón del Cesar, existe una alta susceptibilidad de incendios forestales debido principalmente a las características climáticas, a la cobertura vegetal y a las características topográficas en las zonas altas de la cuenca. Sin embargo, se presenta una baja correlación de amenaza en zonas bajas y en algunas zonas altas debido a que allí existen sistemas de protección de bosque y coberturas de poco acceso del hombre y en las partes más altas de la cuenca, las coberturas vegetales allí presentes cuentan con alto poder de ignición, aunque se encuentran con difícil acceso, lo que situando el factor antrópico en zonas bajas como el más determinante.

- **Análisis de la zonificación de la amenaza a incendios forestales**

El resultado del mapa de amenaza de incendios forestales para las cuencas Chiriaimo y Manaure (ver Figura 6-80),se evidencia que las zonas más propensas a eventos de incendios de la cobertura vegetal natural, son las que presentan un alto grado de ignición ubicados cerca a centros poblados y a las vías, en zonas de influencia de municipios que se encuentran cerca a este tipo de coberturas. No obstante, en zonas de alta pendiente, alto nivel de rugosidad y falta de acceso a vías, se puede contrastar una amenaza media, mientras que zonas bajas y lugares con existencia de vías o carreteras presenta baja amenaza a incendios forestales.

**Figura 6-80. Mapa de Amenaza a incendios forestales**




Fuente: Autores (2019).

### 6.2.5. OTROS FENÓMENOS AMENAZANTES: VENDAVALES O TORMENTAS ELÉCTRICAS, SEQUIAS Y DESERTIFICACIÓN, EROSIÓN Y AMENAZAS TECNOLÓGICAS (EXPLOSIÓN DE GASEODUCTO)

Para la cuenca hidrográfica en ordenación, respecto a los otros tipos de fenómenos amenazantes identificados (vendavales o tormentas eléctricas, sequias y desertificación, erosión y amenazas tecnológicas) no se encontró información disponible suficiente y pertinente, que permitieran analizar la incidencia y ocurrencia de esos tipos de eventos y su espacialización dentro de los límites de la cuenca. Por lo anterior, no se contempla ni evalúa ninguno estos eventos amenazantes para la subzona hidrográfica.

## 6.3. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD

### 6.3.1. Definición del nivel de vulnerabilidad física de los elementos expuestos a cada tipo de amenaza

El análisis de los niveles de vulnerabilidad tuvo en cuenta las directrices impartidas por el Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Según el protocolo, los análisis de vulnerabilidad y riesgo se efectúan solo para las áreas que tienen evaluación de amenaza.

La vulnerabilidad se relaciona con la exposición, con la susceptibilidad física de los elementos expuestos a ser afectados por la ocurrencia de un evento y con la fragilidad social y la falta de resiliencia de las comunidades para responder ante un desastre o absorber su impacto. En este sentido y en términos de indicadores, la vulnerabilidad se determina con la siguiente expresión.

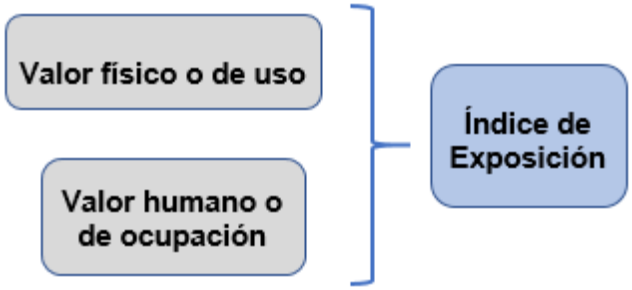
**Vulnerabilidad** = (Índice Exposición + Índice Fragilidad + Índice Falta de Resiliencia) /3

A continuación, se presentan los métodos aquí utilizados para calcular cada uno de estos índices:

#### 6.3.1.1. Análisis de la Exposición

Para el análisis de exposición se siguieron los lineamientos planteados por el protocolo realizando algunas modificaciones de acuerdo con la información existente. Se tuvieron en cuenta los siguientes factores: el valor físico del suelo urbano y rural y el valor humano o de ocupación. (ver Figura 6-81).

**Figura 6-81. Elementos metodológicos para la estimación del Índice de Exposición**




Fuente: Autores (2019).

- **Valor de uso**

Con base en la información catastral del IGAC el avalúo de suelo urbano y rural para el departamento de La Guajira es de 3.4 y 2.02 billones respectivamente y para el departamento del Cesar es de 9.4 y 3.4 billones respectivamente, con base en estos valores y la información cartográfica del área construida en suelo urbano y el perímetro rural de ambos departamentos, se realizó una estimación del valor por km2 del suelo urbano y rural dentro de los límites de la cuenca. Estos valores se usaron como proxi del valor físico del suelo. (ver Tabla 6-34).

**Tabla 6-34. Avalúo urbano y rural por kilómetro cuadrado**

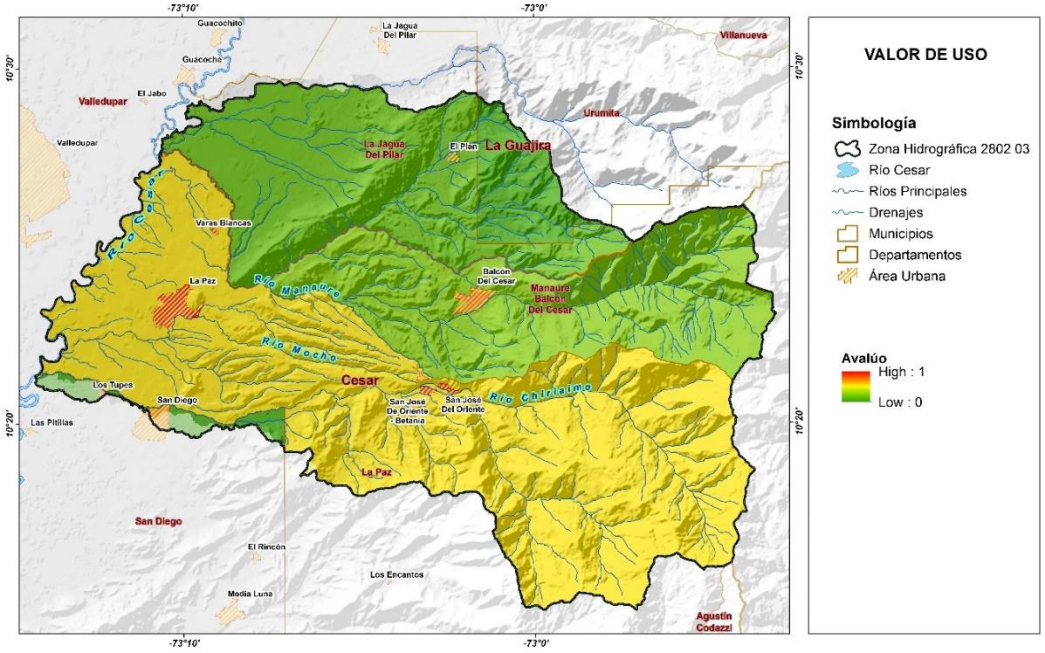
| Municipio | Área del Municipio dentro de la cuenca ($km^2$) | Área construida en suelo urbano ($Km^2$) | Perímetro urbano ($Km^2$) | Perímetro Rural ($km^2$) | Avalúo Urbano ($) | Avalúo Rural ($) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| La Jagua del Pilar | 129,149202 | 0,005445659 | 0,274891 | 128,874311 | 3.080.738.812 | 12.667.376.200 |
| La Paz | 335,275502 | 0,394436639 | 3,1839 | 332,091602 | 224.301.537.056 | 50.402.140.372 |
| Manaure Balcón del Cesar | 136,764728 | 0,135001585 | 1,117869 | 135,646859 | 76.770.411.540 | 20.587.368.025 |
| San Diego | 10,078042 | 0,119769541 | 1,192 | 8,886042 | 68.108.511.084 | 1.348.650.594 |
| Urumita | 27,503741 | No aplica | No aplica | 27,503741 | No aplica | 2.703.411.032 |

Fuente: Autores (2019), con base en Catastro IGAC.

El análisis se realizó para cada municipio y los valores del avalúo se estandarizaron teniendo en cuenta el valor máximo y mínimo esto con el fin de realizar la representación espacial de este índice y el álgebra de mapas con las demás variables, las cuales también se encuentran en un rango entre 0 y 1. La exposición corresponde al valor estandarizado por $km^2$ en la zona de estudio, en donde valores cercanos a 0 corresponden a suelos de bajo costo y 1 a zonas de alto costo.

El resultado de la representación espacial para la cuenca del valor de uso se presenta en la Figura 6-82.

**Figura 6-82. Representación espacial del valor de uso para la cuenca**




Fuente: Autores (2019).

- **Valor de ocupación**

Corresponde a la cantidad de habitantes expuestos, que al igual que el valor físico, su zonificación depende de la disponibilidad de información de acuerdo con el área de evaluación y las características de su configuración espacial. Para esto se usaron los valores de población a nivel municipal los cuales corresponden a la proyección DANE para el año 2019. Los valores de densidad se estandarizaron en donde 0 son aquellas con menor densidad y 1 de mayor densidad. (ver Tabla 6-35).

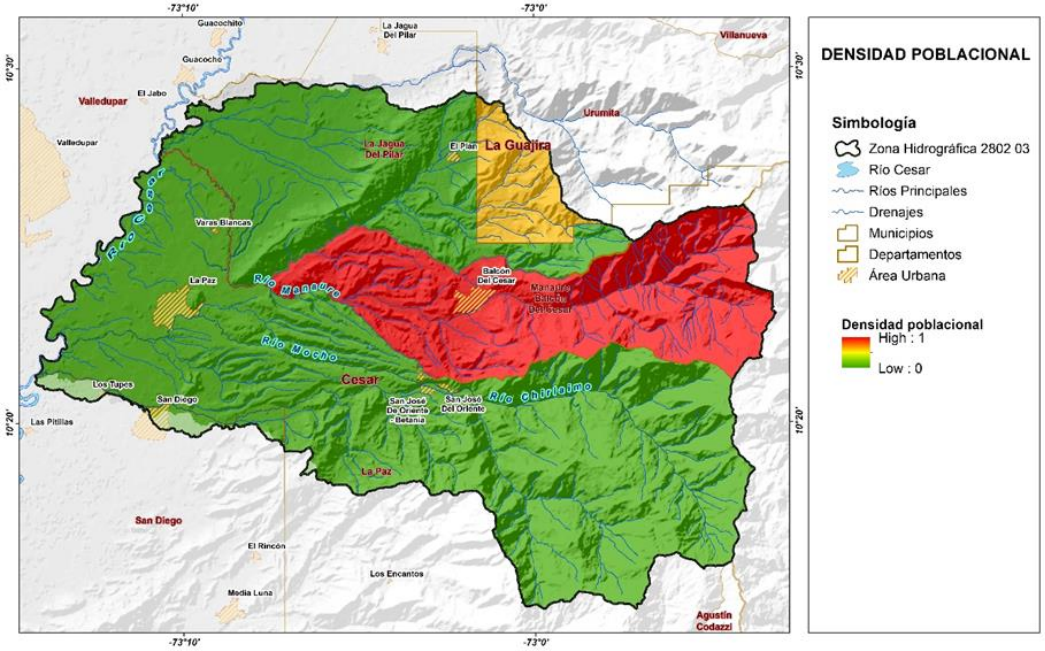
**Tabla 6-35. Densidad poblacional por municipio**

| Municipio | Área Municipio (km$^2$) | Población urbana | Población rural | Población total | Densidad poblacional |
|---|---|---|---|---|---|
| La Jagua Del Pilar | 179,590817 | 2378 | 963 | 3341 | 18,6034011 |
| La Paz | 1073,10172 | 15271 | 7754 | 23025 | 21,4564935 |
| Manaure Balcón Del Cesar | 136,782084 | 10255 | 5650 | 15905 | 116,279848 |
| San Diego | 645,99888 | 7394 | 5753 | 13147 | 20,3514285 |
| Urumita | 246,27459 | 11776 | 7853 | 19629 | 79,7037161 |

Fuente: Autores (2019), con base en DANE.

El resultado de la representación espacial para la cuenca del valor de ocupación se presenta en la Figura 6-83.

**Figura 6-83. Representación espacial del valor de ocupación para la cuenca**



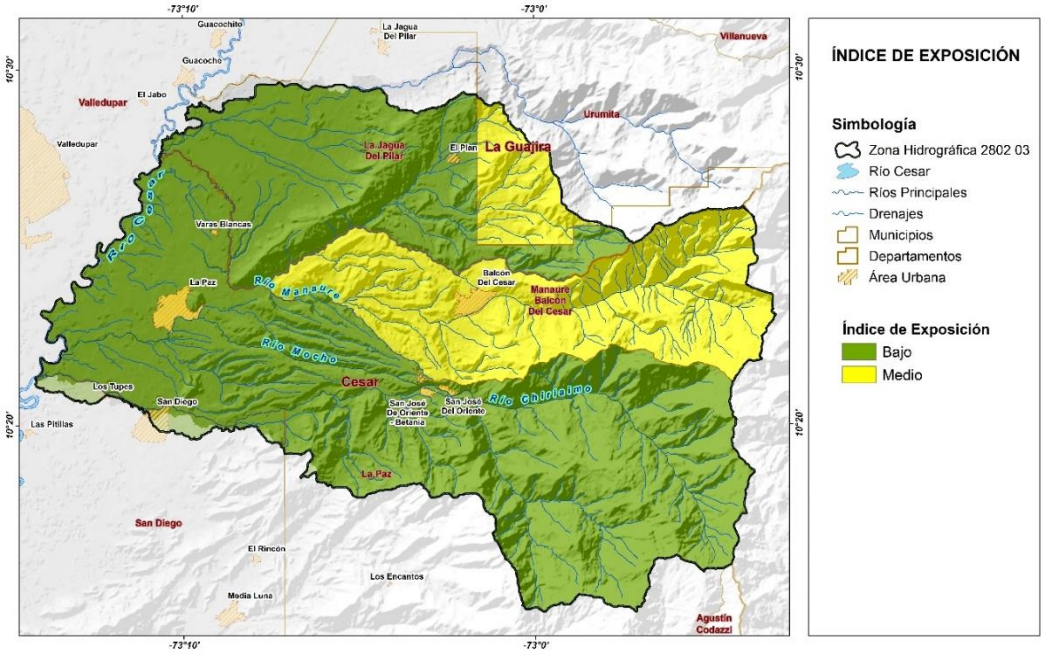

Fuente: Autores (2019).

- **Índice de Exposición**

Para determinar el índice de exposición las capas se relacionaron mediante la siguiente expresión, y su resultado se muestra en la Figura 6-84.

**Índice de Exposición** = Valor de uso + Valor de ocupación / 2

**Figura 6-84. Representación espacial del índice de exposición para la cuenca**

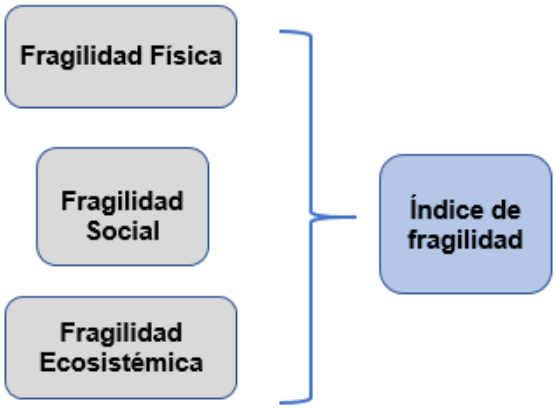



Fuente: Autores (2019).

### 6.3.1.2. Análisis de fragilidad

Se define como el grado de fragilidad de los diferentes elementos y sectores (económico, social y ambiental) para soportar el embate de los eventos amenazantes involucrados dentro del estudio, establecido a través del análisis de índices e indicadores particulares que los caracteriza. (ver Figura 6-85).

**Figura 6-85. Elementos metodológicos para la estimación del Índice de Fragilidad**




Fuente: Autores (2019).

- **Fragilidad física**

Es la condición de susceptibilidad de los asentamientos humano de ser afectados por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su falta de resistencia física ante los mismos. Esta fue determinada a partir de la Tabla 6-36, la cual asigna un valor de fragilidad física a cada nivel de amenaza definido en cada evento, movimientos en masa, avenidas torrenciales, inundaciones e incendios forestales.

**Tabla 6-36. Indicador de fragilidad física**

| Nivel de Amenaza | Índice de Fragilidad física |
|---|---|
| Alta | 1 |
| Media | 0.5 |
| Baja | 0 |

Fuente: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

- **Fragilidad social**

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 socio-económicos. Para la estimación de la fragilidad social se tuvo en cuenta el porcentaje de necesidades básicas insatisfechas en el tejido urbano y tejido urbano discontinuo. El INB fue analizado de acuerdo con los valores que se presentan en la Tabla 6-37.

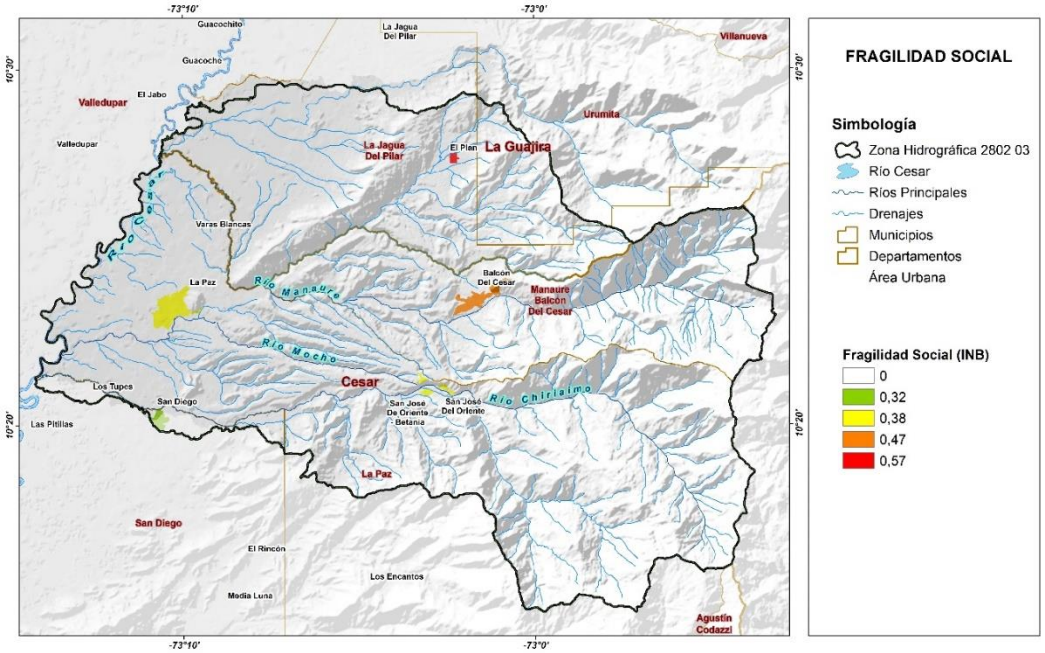
**Tabla 6-37. Porcentaje de necesidades básicas insatisfechas en el tejido urbano continuo y discontinuo**

| Municipios | NBI (%) |
|---|---|
| La Paz | 38.6% |
| Manaure Balcón del Cesar | 47.63% |
| San Diego | 32.25% |
| La Jagua del Pilar | 57.27% |
| Urumita | 35.85% |

Fuente: Autores (2019), con base en DANE.

El resultado de la representación espacial para la cuenca de la fragilidad social se presenta en la Figura 6-86.

**Figura 6-86. Representación espacial de la fragilidad social de la cuenca**




Fuente: Autores (2019).

- **Fragilidad ecosistémica**

El análisis se realizó sobre todos los elementos que constituyen áreas protegidas o prestan servicios ambientales; igualmente ellos permiten la satisfacción de necesidades básicas como el acceso al agua, a la energía o al aire y garantizan el equilibrio natural a través de su conservación o protección (UNAL, 2013). Este indicador se presenta en la Tabla 6-38, en la cual le asocia a cada tipo de área o ecosistema estratégico presente en la zona un nivel de fragilidad.

**Tabla 6-38. Indicador de la fragilidad de ecosistemas estratégicos (Adaptado de UNAL, 2013, Tabla 18)**

| Valor | Áreas y Ecosistema estratégico | Categoría |
|---|---|---|
| 1,00 | Satisfacción de necesidades básicas y equilibrio natural | Alta |
| 0,75 | Productividad y equilibrio natural | Media |
| 0,30 | Productividad | Baja |
| 0,00 | No constituye un área o ecosistema estratégico en la cuenca | Ninguna |

Fuente: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

Con la información cartográfica generada sobre las áreas y ecosistemas estratégicos en la cuenca y evaluada con la Tabla 6-39, se asigna una calificación a los ecosistemas estratégicos dependiendo de la importancia en la prestación de servicios ambientales.

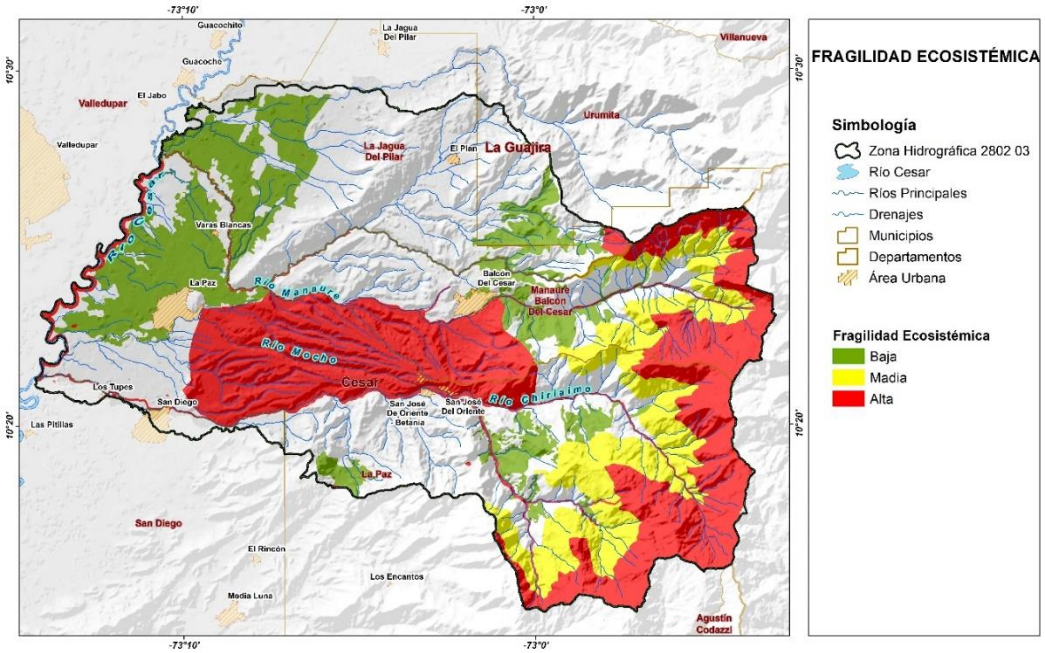
**Tabla 6-39. Categorías de fragilidad de los ecosistemas estratégicos**

| Categoría | Nombre | Valor |
|---|---|---|
| Áreas protegidas Nacionales, Regionales, públicas y privadas | Parque natural regional serranía de Perijá | 1 |
| Áreas de importancia ambiental | Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 1 |
| | Zona amortiguadora Perijá | 0.75 |
| | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 0.3 |
| Áreas excedentes | | 0 |

Fuente: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

El resultado de la representación espacial para la cuenca de la fragilidad ecosistémica se presenta en la Figura 6-87.

**Figura 6-87. Representación espacial de la fragilidad ecosistémica de la cuenca**




Fuente: Autores (2019).

- **Índice de Fragilidad**

Una vez obtenidos los tres indices de fragilidad con el uso de los sistemas de información geografica, se aplicó la siguiente ecuación con las capas raster correspondientes para estimar el nivel de frajilidad total. El índice de fragilidad se estima a partir de la siguiente expresión:

$$Fragilidad = \frac{Fragilidad\ física + Fragilidad\ sociocultural + Fragilidad\ ecosistémica}{3}$$

El resultado fue relacionado con la Tabla 6-40.

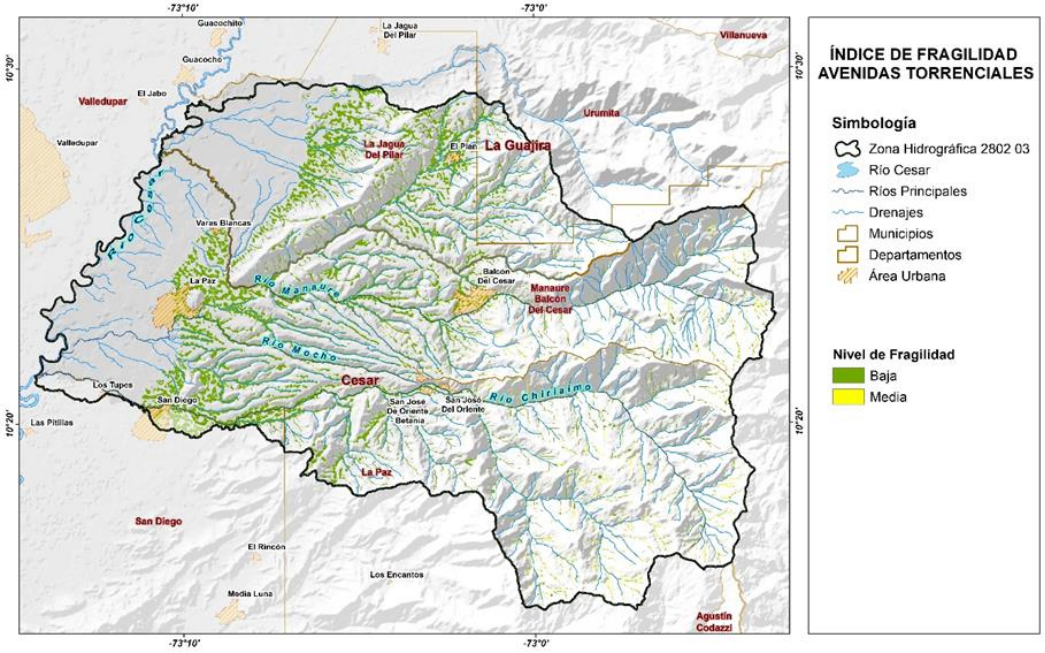
**Tabla 6-40. Índice de la fragilidad**

| Valor | Categoría Índice de Fragilidad |
|---|---|
| 0.75 -1 | Alta |
| 0.5-0.75 | Media |
| 0 - 0.5 | Baja |

Fuente: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

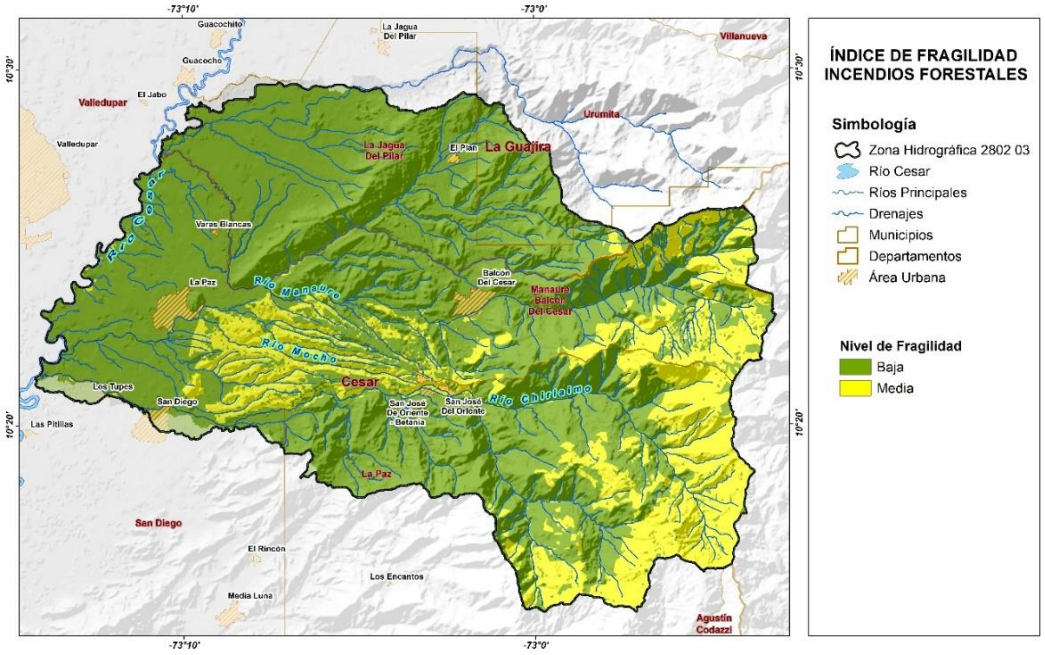
Desde la Figura 6-88 a la Figura 6-91 se observa el índice de fragilidad total para cada tipo de amenaza analizada.

**Figura 6-88. Representación espacial del índice de fragilidad total para avenidas torrenciales**



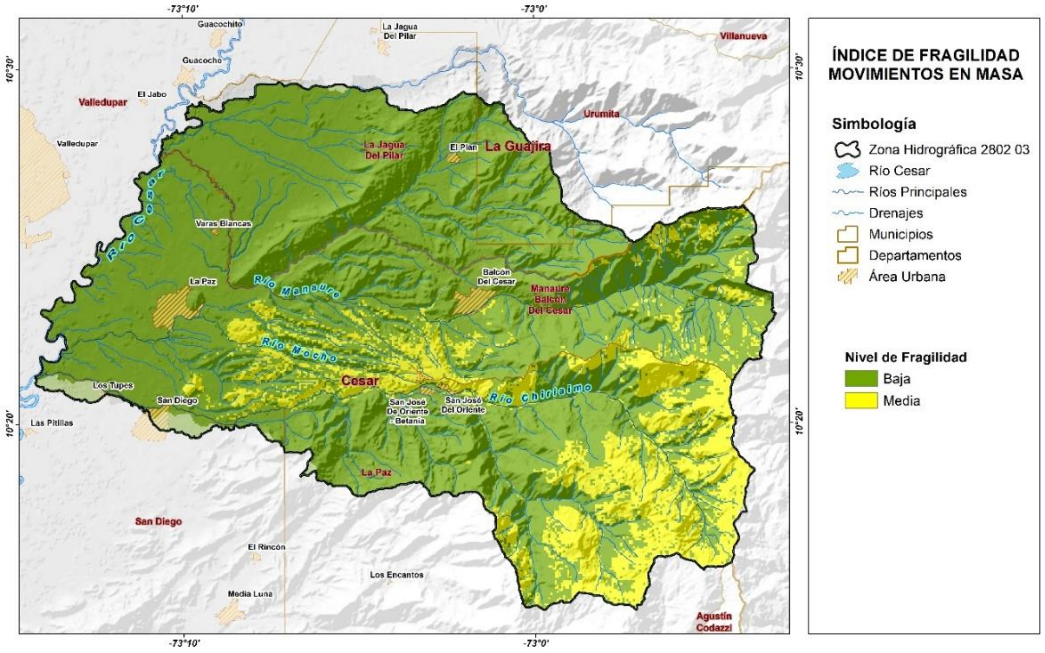

Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-89. Representación espacial del índice de fragilidad total para incendios forestales**



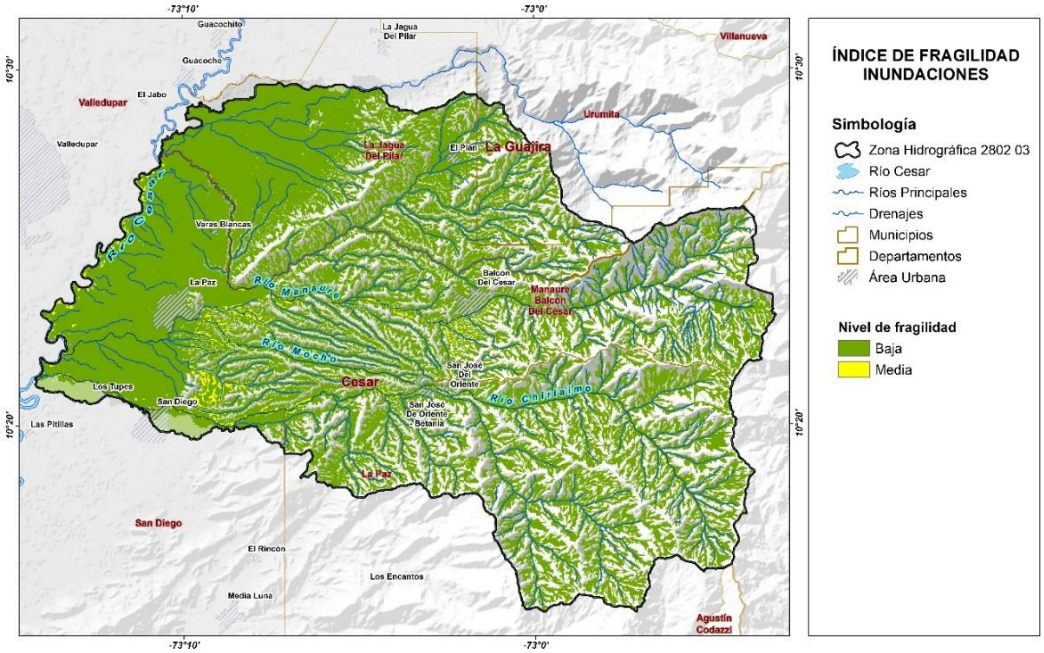

Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-90. Representación espacial del índice de fragilidad para movimientos en masa**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-91. Representación espacial del índice de fragilidad total para inundaciones**




Fuente: Autores (2019).

### 6.3.1.3. Análisis de la resiliencia

La falta de resiliencia se refiere a la falta de capacidad para enfrentar el impacto de los fenómenos amenazantes, esta se puede representar mediante indicadores de gobernabilidad, protección financiera, capital humano, desarrollo tecnológico, productivo, etc. Además, este indicador aborda la afectación de las actividades productivas y la capacidad de recuperación en el corto, mediano y largo plazo.

De acuerdo a la información cartográfica del IGAC sobre oferta ambiental se identificaron las áreas de producción agrícola, forestal y ganadera en la zona de estudio y a partir de esto se construyó el indicador teniendo en cuenta el área productiva relativa a cada municipio (ver Tabla 6-41), es decir que éste valor representa la falta de resiliencia económica y para este trabajo su valor varía entre 0 y 1.

**Tabla 6-41. Área productiva por municipio**

| Municipio | Área del Municipio dentro de la cuenca (km$^2$) | Actividades productivas (Km$^2$) | Índice de producción/ Índice de falta de resiliencia económica | Categoría |
|---|---|---|---|---|
| La Jagua Del Pilar | 129,1492 | 65,8323 | 0,5097 | Media |
| La Paz | 335,2755 | 163,8925 | 0,4888 | Media |
| Manaure Balcón Del Cesar | 136,7647 | 36,4906 | 0,2668 | Baja |

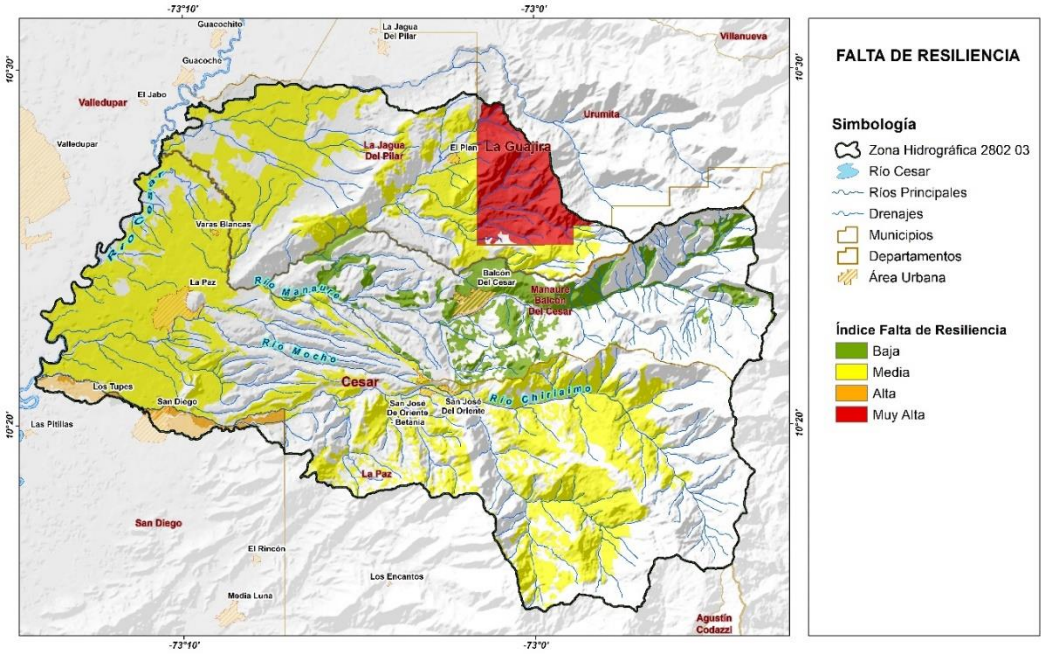
| Municipio | Área del Municipio dentro de la cuenca (km²) | Actividades productivas (Km²) | Índice de producción/ Índice de falta de resiliencia económica | Categoría |
|---|---|---|---|---|
| San Diego | 10,0780 | 7,5605 | 0,7502 | Alta |
| Urumita | 27,5037 | 26,6551 | 0,9691 | Muy alta |

Fuente: Autores (2019).

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 6-41 en el municipio Manaure Balcón Del Cesar hay poca área dedicada a la producción por lo tanto luego de un evento o desastre natural la recuperación se puede dar en el corto plazo a diferencia del municipio de Urumita cuya área relativa es mayor.

El resultado de la representación espacial para la cuenca del índice falta de resiliencia presenta en la Figura 6-92.

**Figura 6-92. Representación espacial del índice falta de resiliencia para la cuenca**




Fuente: Autores (2019).

### 6.3.2. Estimación de los niveles de vulnerabilidad para la cuenca para cada tipo de amenaza

En función con lo establecido previamente y luego de evaluados cada uno de los elementos que hace parte del modelo de vulnerabilidad, ésta se estableció de acuerdo con la Tabla 6-42.

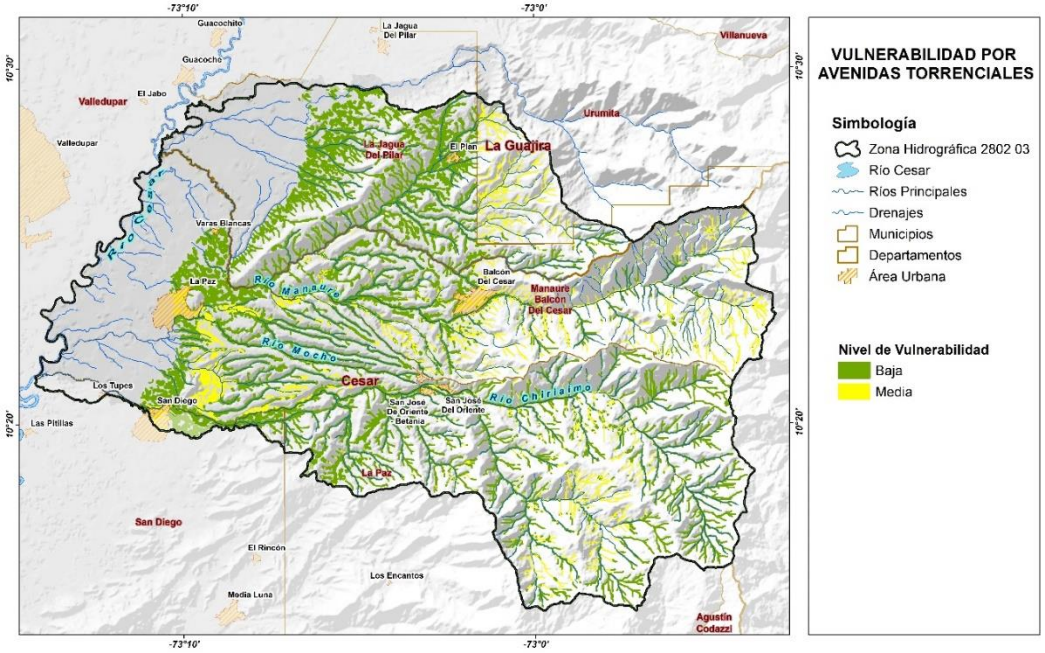
**Tabla 6-42. Niveles de vulnerabilidad propuestos para POMCAS**

| Valor | Categoría Índice de Vulnerabilidad (IV) | Símbolo |
|---|---|---|
| 0.75 -1 | Alta | |
| 0.30-0.75 | Media | |
| 0 - 0.30 | Baja | |

Fuente: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

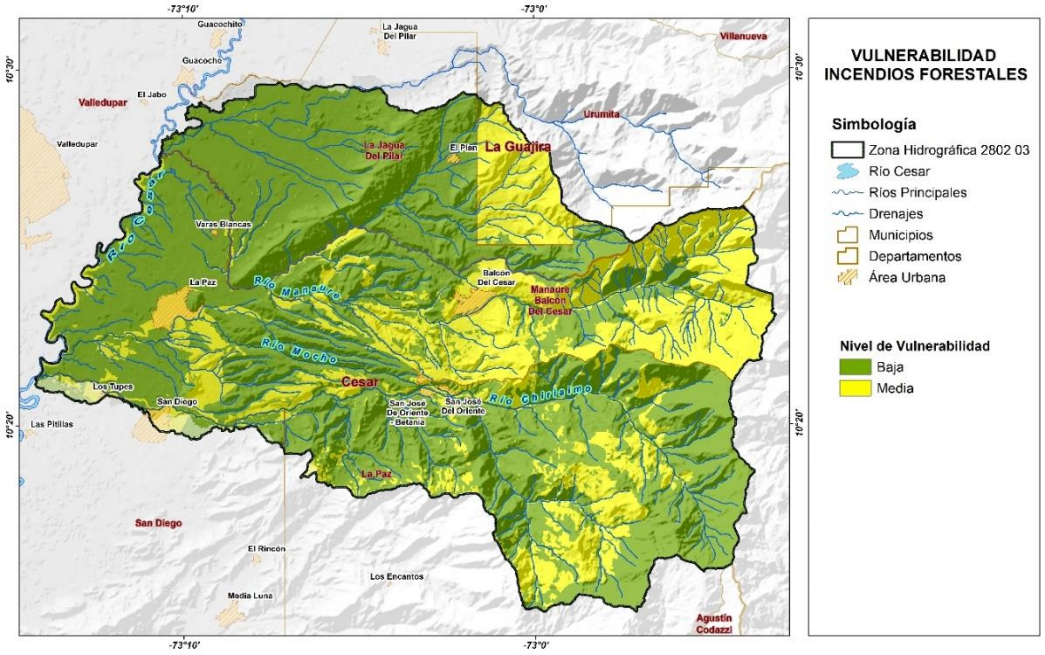
Los resultados de la estimación de los niveles de vulnerabilidad por tipo de amenaza para la cuenca, se presentan desde la Figura 6-93 a la Figura 6-96.

**Figura 6-93. Vulnerabilidad para la cuenca de acuerdo con la amenaza de avenidas torrenciales**



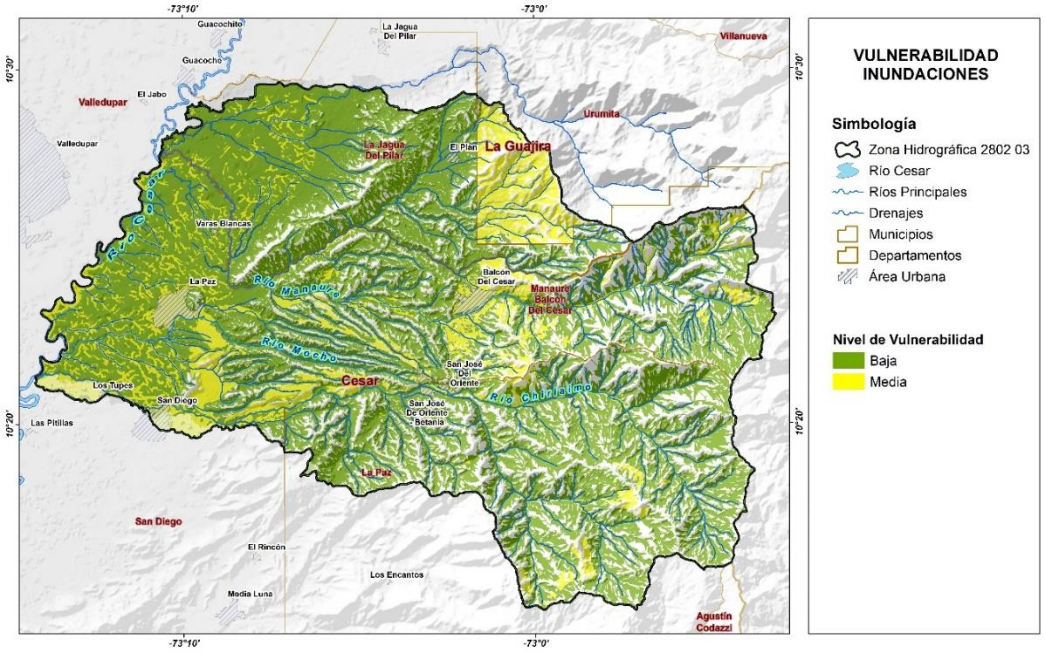

Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-94. Vulnerabilidad para la cuenca de acuerdo con la amenaza de incendios forestales**



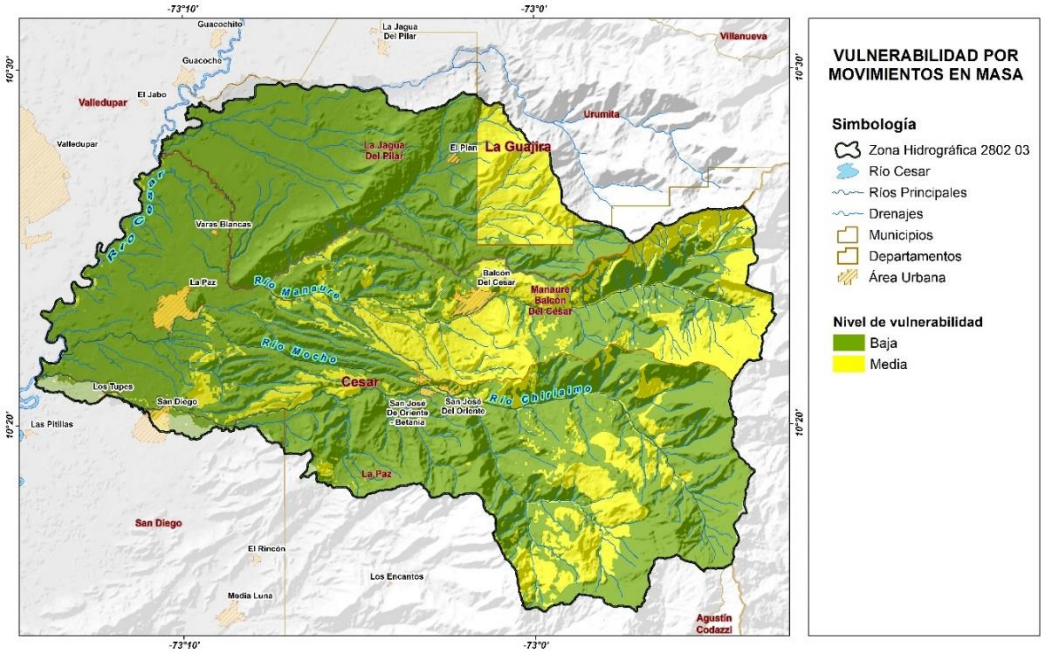

Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-95. Vulnerabilidad para la cuenca de acuerdo con la amenaza de inundaciones**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-96. Vulnerabilidad para la cuenca de acuerdo con la amenaza de movimientos en masa**




Fuente: Autores (2019).

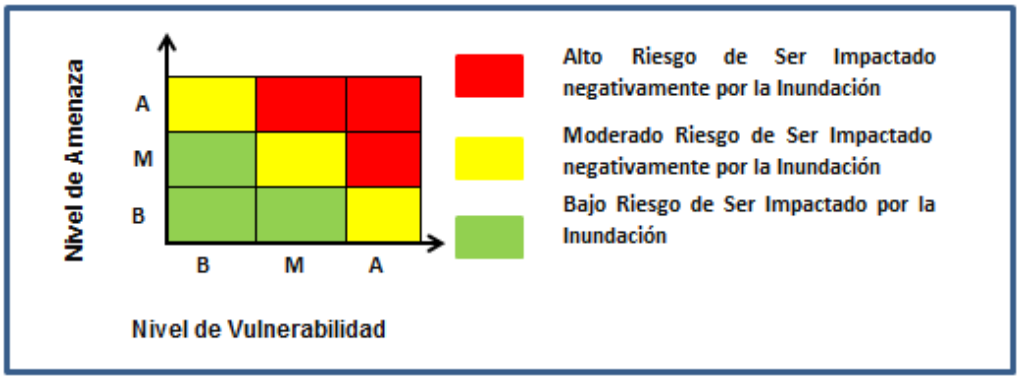
## 6.4. ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS DE RIESGOS

### 6.4.1. Definición del nivel de riesgo que tienen los elementos expuestos a cada tipo amenaza

La determinación del riesgo resulta del cruce de la zonificación de amenaza con la zonificación vulnerabilidad definida para la cuenca.

Para realizar dicho cruce el presente proyecto utilizó la matriz de riesgo que se muestra en la Figura 6-97 y que básicamente consta de tres columnas y tres filas que dan como resultado nueve posibles niveles de riesgo, que para el caso se resumen en tres (Bajo (B), Medio (M) y Alto (A)), teniendo en cuenta las diferentes combinación de la ponderación de la amenaza y la vulnerabilidad. (ver Tabla 6-43).

**Figura 6-97. Matriz para la definición del Nivel de Riesgo**




Fuente: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

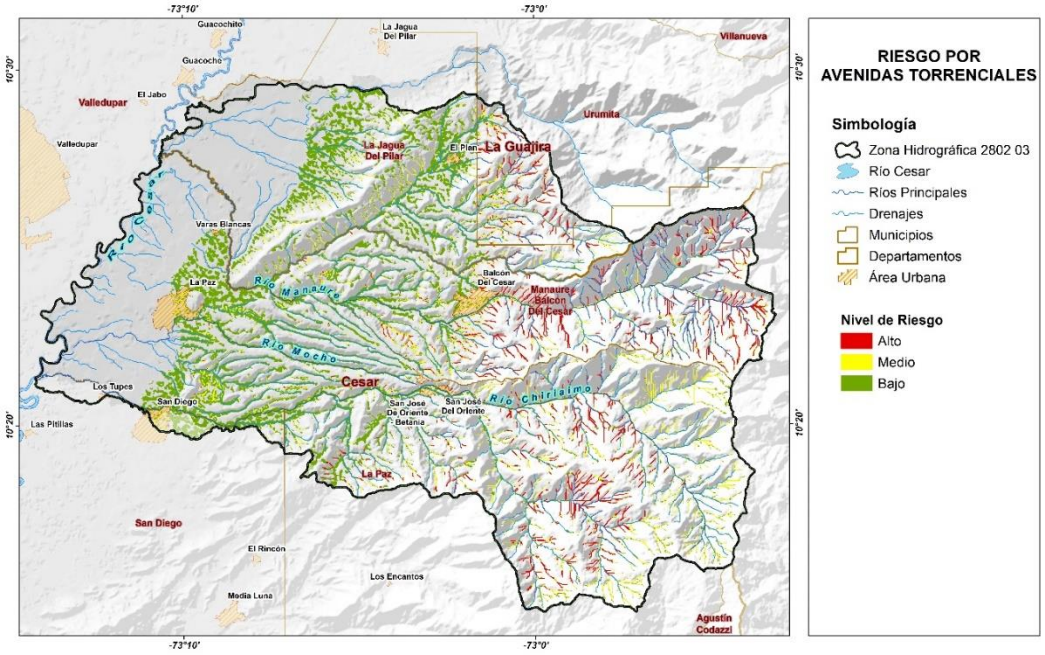
**Tabla 6-43. Combinaciones con niveles del riesgo que resultan de la Matriz de Riesgo**

| Amenaza (A) | Vulnerabilidad (V) | Riesgo (R) |
|---|---|---|
| B | B | **B** |
| B | M | **B** |
| M | B | **B** |
| B | A | **M** |
| M | M | **M** |
| A | B | **M** |
| A | M | **A** |
| M | A | **A** |
| A | A | **A** |
| No Aplica | A,M,B | **No Existe Riesgo** |

Fuente: Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014.

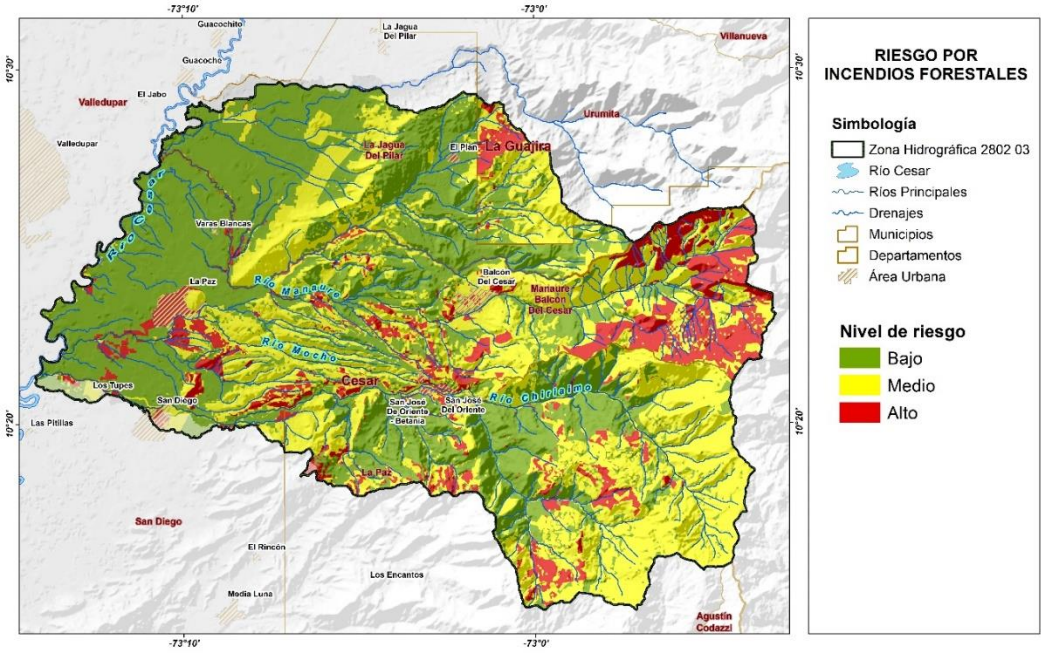
Los resultados de la estimación de los niveles de riesgo por cada tipo de amenaza para la cuenca, se presentan desde la Figura 6-98 a la Figura 6-101.

**Figura 6-98. Escenario de riesgo para la cuenca de acuerdo con la amenaza de avenidas torrenciales**



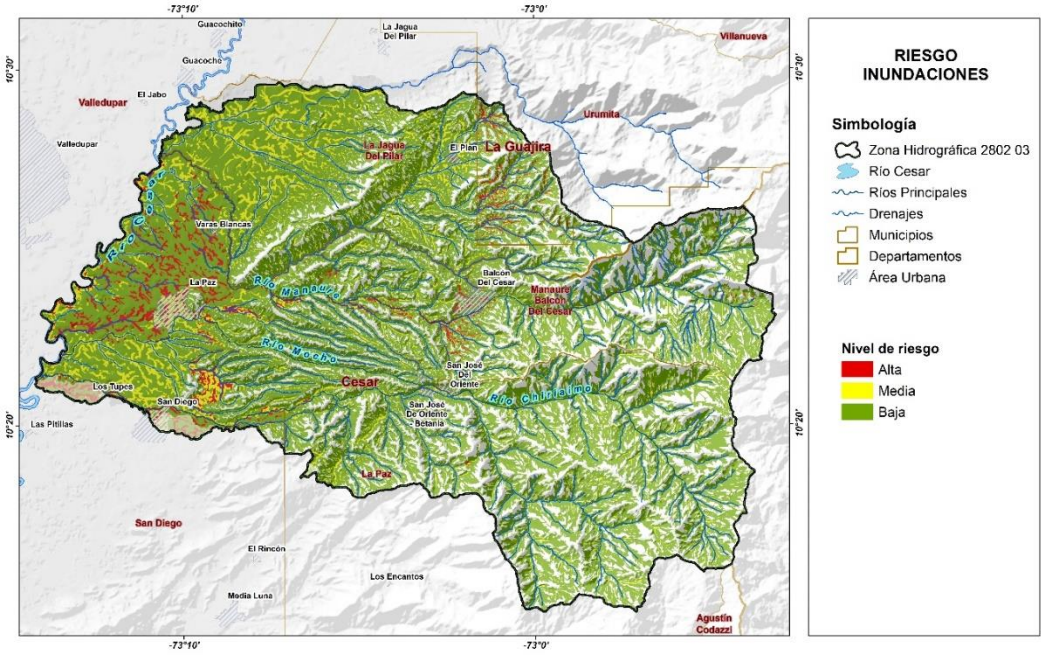

Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-99. Escenario de riesgo para la cuenca de acuerdo con la amenaza de incendios forestales**



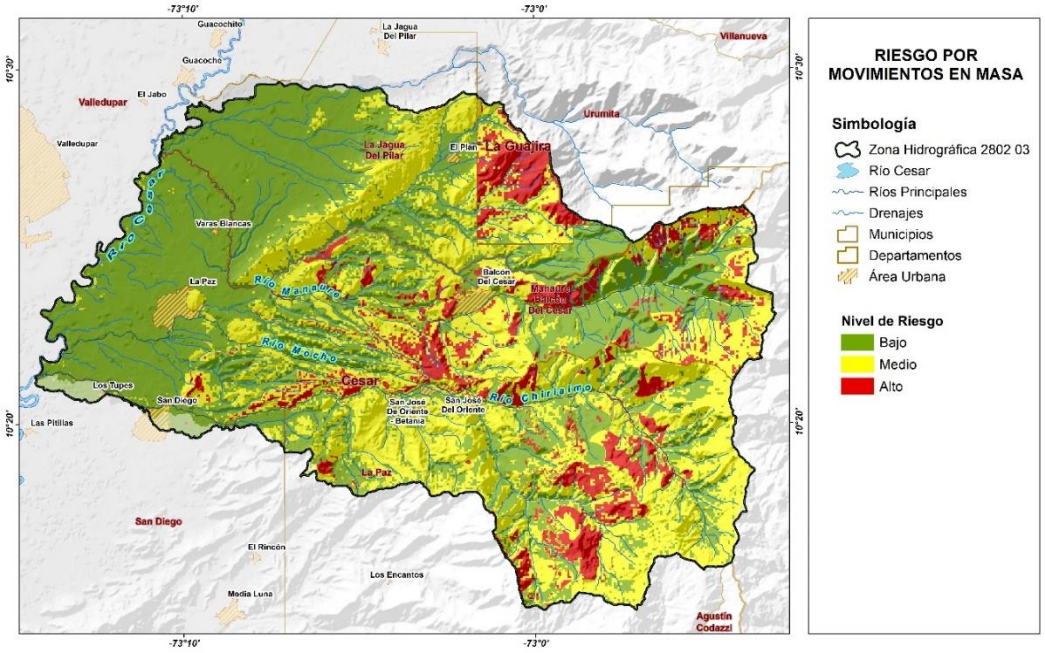

Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-100. Escenario de riesgo para la cuenca de acuerdo con la amenaza de inundaciones**




Fuente: Autores (2019).

**Figura 6-101. Escenario de riesgo para la cuenca de acuerdo con la amenaza de movimiento en masa**




Fuente: Autores (2019).