

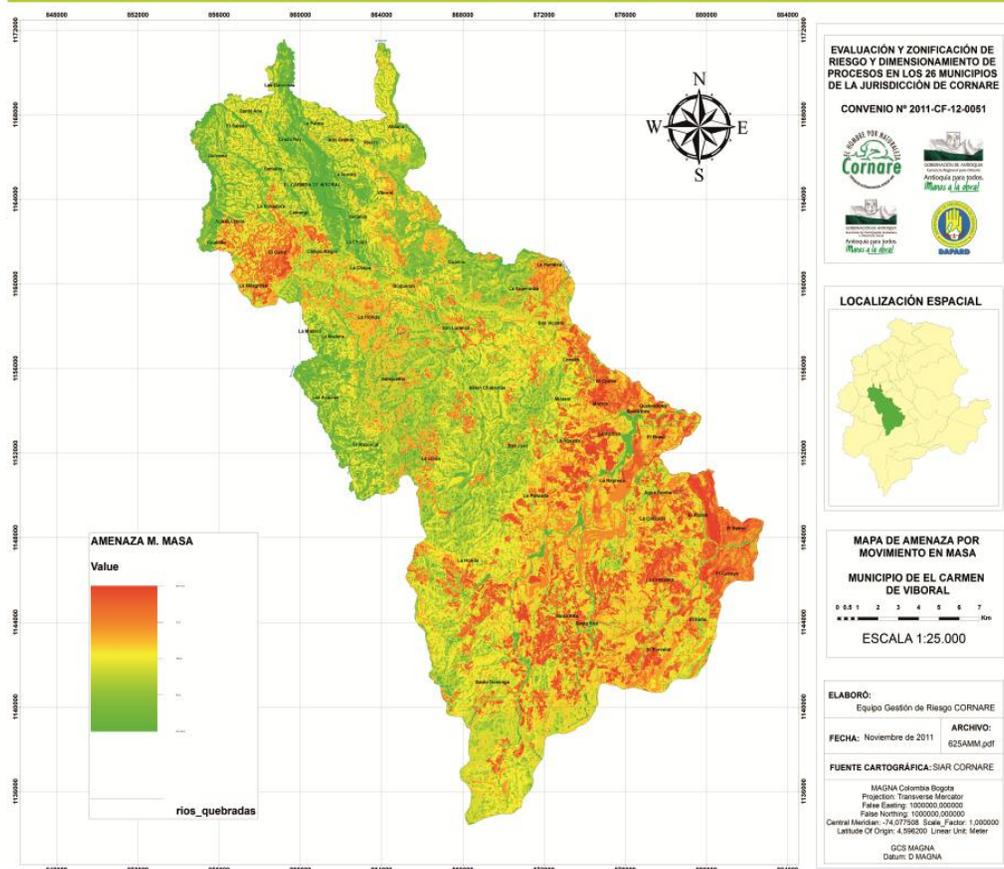


GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA
República de Colombia



Evaluación y Zonificación de Riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de

EL CARMEN DE VIBORAL



Convenio CORNARE-Gobernación de Antioquia
N° 2011-CF-12-0051 y 217-2011.



Evaluación y Zonificación de Riesgos por
avenida torrencial, inundación y movimiento
en masa y dimensionamiento de procesos
erosivos en el municipio de

EL CARMEN DE VIBORAL

Convenio CORNARE-Gobernación de Antioquia
N° 2011-CF-12-0051 y 217-2011.



**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS
EROSIVOS EN LOS 26 MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.
CONVENIO CORNARE-GOVERNACIÓN DE ANTIOQUIA N° 2011-CF-12-0051 Y 217-2011
MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL**



**ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIALES.
ATENCIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR EVENTOS DESASTROSOS.**

**GRUPO GESTIÓN DEL RIESGO
OFICINA DE CONTROL ESTRATÉGICO – CORNARE**

MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

2012



**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS
EROSIVOS EN LOS 26 MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.
CONVENIO CORNARE-GOVERNACIÓN DE ANTIOQUIA N° 2011-CF-12-0051 Y 217-2011
MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL**



REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO - NARE "CORNARE"
Carlos Mario Zuluaga Gómez – Director General**

MUNICIPIO DEL CARMEN DE VIBORAL

COORDINACIÓN PROYECTO

DIANA MARÍA HENAO GARCÍA
Ingeniera. Geóloga.
Especialista Planeación Urbano Regional.
Jefe de Oficina Control Estratégico y Gestión del Riesgo

EQUIPO TÉCNICO FORMULADOR

ANA MARÍA CARDONA MACÍAS
Ingeniera Civil.
DAVID HUMBERTO CÓRDOBA TORO
Ingeniero Forestal.
GONZALO CHICA RODAS
Ingeniero Geólogo Colaborador

EQUIPO DE APOYO TÉCNICO

ALEXANDRA OSORIO TOBÓN
Administradora de Empresas Agropecuaria
BLANCA OLIVA VERGARA PIEDRAHITA
Licenciada en Educación.
RAÚL ALEXANDER VÉLEZ TAMAYO
Tecnólogo en Ciencias Políticas.
JUAN CARLOS TANGARIFE MACÍAS
Tecnólogo en Saneamiento.
JOANA ANDREA OROZCO BUILES
Ingeniera Civil
ANDRÉS ORTEGA GIRALDO
Ingeniero Civil

EQUIPO DE APOYO METODOLÓGICO

DIANA MARÍA HENAO GARCÍA
Ingeniera. Geóloga.
Especialista Planeación Urbano Regional.
Jefe de Oficina Control Estratégico y Gestión del Riesgo
JORGE IGNACIO GONZÁLEZ RENDÓN
Geólogo
JOHN JAIRO GALLEGU MONTROYA
Ingeniero Geólogo
OBED ANDRÉS MONCADA ROJAS
Ingeniero Forestal
ARLEY CAMILO HERNÁNDEZ CEBALLOS
Ingeniero Ambiental
Estudiante Especialización en SIG.
GONZALO CHICA RODAS
Ingeniero Geólogo Colaborador

APOYO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ARLEY CAMILO HERNÁNDEZ CEBALLOS
Ingeniero Ambiental
Estudiante Especialización en SIG.

APOYO LOGÍSTICO

JUAN MANUEL GUARÍN
Administrador Público
SANDRA LILIANA GALLO ZULUAGA
Técnica en Sistemas
LUZ ELENA OSORIO ÁLZATE
Secretaria Ejecutiva

**EDICIÓN E IMPRESIÓN DIVEGRAFICAS LTDA.
2012**



PRESENTACIÓN

El aumento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos extremos, producto de la variación en las condiciones atmosféricas, ha desencadenado la ocurrencia de eventos tales como movimientos en masa y erosión generalizada que afectan las vertientes y partes altas de las cuencas e inundaciones y avenidas torrenciales que afectan los cauces y la cuenca en su conjunto. Estos eventos no solo ponen en riesgo la vida de la población, sino que causan afectación grave a los bienes y a la naturaleza, repercutiendo en la calidad de vida de la población.

La Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los Ríos Negro-Nare (CORNARE), en el marco de las políticas encaminadas al cumplimiento del plan de acción de la Corporación, dando continuidad a los programas que ininterrumpidamente viene ejecutando desde 1994 en el tema de la Gestión del Riesgo y buscando proteger el bienestar de la población y generar herramientas para facilitar la gestión administrativa que redunde en una ocupación del territorio acorde con la realidad ambiental, que reconozca la características socio culturales de la población, en convenio con la Gobernación del Departamento de Antioquia a través del DAPARD y las Secretarías de Planeación y Participación Ciudadana, presentan a la comunidad regional y municipal los resultados del proyecto: “Identificación, evaluación, y mapeación de zonas de riesgo y caracterización, cuantificación e implementación de medidas y técnicas, gestión integral y capacitación a las comunidades en mitigación temprana del riesgo en los municipios de la jurisdicción de Cornare”.

En este estudio se abordan dos tareas, la primera es la zonificación de riesgo por movimientos en masa y avenidas torrenciales e inundación y la segunda es la atención de las áreas afectadas por los eventos desastrosos ocurridos por la temporada invernal. Esta última se incorpora como una actividad integrada al logro de la identificación de las zonas de riesgo del municipio.

Las áreas caracterizadas con los niveles de riesgo identificado, son acompañadas de una propuesta general de uso y/o manejo según sea el estado actual que presenten, buscando garantizar el aprovechamiento racional del territorio por parte de la población.

Los sitios afectados por los eventos desastrosos serán caracterizados e interpretados, presentando para ellos, una propuesta de recuperación que incluya obras de corrección, mitigación y control según sea pertinente.

Este trabajo será de utilidad para los diferentes actores que tienen injerencia en el municipio, pues además de alcanzar resultados generales, como la identificación de las zonas de riesgo del municipio que sirven para el ejercicio del ordenamiento territorial; también logra la caracterización y el dimensionamiento de procesos y afectaciones puntuales para los cuales se hace recomendaciones que permiten atender y corregir las afectaciones que comprometen la integridad, la infraestructura, los recursos naturales y el patrimonio de los habitantes.



**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS
EROSIVOS EN LOS 26 MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.
CONVENIO CORNARE-GOVERNACIÓN DE ANTIOQUIA N° 2011-CF-12-0051 Y 217-2011
MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL**



Igualmente los resultados cartográficos, documentales, fotográficos y las fichas de procesos erosivos identificados y dimensionados, han sido dispuestos en el Geoportal Corporativo de Cornare para el acceso en modo de consulta, seguimiento y monitoreo por todos los interesados.

Se espera además de las administraciones municipales, que los resultados aquí presentados sean incorporados a los planes de ordenamiento territorial en sus políticas, usos del suelo y priorización y definición de presupuesto de corto mediano y largo plazo.

TABLA DE CONTENIDO

1. CAPITULO I. INFORMACIÓN GENERAL	12
1.1 LOCALIZACIÓN	12
1.2 CLIMA.....	13
1.3 ZONAS DE VIDA	14
1.4 METODOLOGIA	15
1.4.1 Fuentes de información.....	16
1.4.2 Herramientas utilizadas.....	17
1.4.3 Análisis de amenaza	17
1.4.4 Análisis de vulnerabilidad.....	30
1.4.5 Analisis de riesgo	39
1.4.6 Mapas de riesgo para cada municipio	40
2. CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	42
2.1 DESCRIPCIÓN DE MAPAS TEMATICOS.....	42
2.1.1 Pendientes	42
2.1.2 Materiales superficiales.....	43
2.1.3 Precipitación	46
2.1.4 Coberturas	49
2.1.5 Geomorfología	53
2.2 DESCRIPCIÓN DE MAPAS DE AMENAZAS.....	54
2.2.1 Amenaza por Movimiento en Masa	54
2.2.2 Amenaza por Inundación	57
2.2.3 Amenaza por Avenida Torrencial.	59
2.3 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD	61
2.4 DESCRIPCIÓN DE MAPAS DE RIESGO	63
2.4.1 Riesgo por Movimiento en Masa	64
2.4.2 Riesgo por Inundación	66
2.4.3 Riesgo por Avenida Torrencial	69
3. ATENCIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR EVENTOS DESASTROSOS.....	71



4. SITUACIÓN ACTUAL DE AMENAZAS POR EVENTOS NATURALES EN LA ZONA URBANA.....	81
5. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO INTEGRADO AL GEOPORTAL CORPORATIVO	87
6. CONCLUSIONES	93
7. RECOMENDACIONES	95
7.1 CORTO PLAZO (< UN AÑO).....	95
7.2 MEDIANO PLAZO (DE UN AÑO A TRES AÑOS).....	96
7.3 LARGO PLAZO (> TRES AÑOS).....	97
8 BIBLIOGRAFÍA	99

ANEXOS

- ANEXO 1 INFORMES TÉCNICOS: DIMENSIONAMIENTO PROCESOS EROSIVOS
 (Informes de asesoría, registro fotográfico, esquemas, análisis, Diseño)**
- ANEXO 2 DIAGNOSTICO QUE QUEBRADAS URBANAS**
- ANEXO 3 DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN (CARTILLA)**
- ANEXO 4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN**
- ANEXO 5 FORMATO DE FICHA TÉCNICA**
- ANEXO 6 FORMATO DE ENCUESTA COMUNIDAD**



TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de tablas de Mapas Temáticos	18
Tabla 2. Reclasificación de Materiales Superficiales.....	19
Tabla 3. Reclasificación de Coberturas.....	19
Tabla 4. Reclasificación de Pendientes.....	19
Tabla 5. Reclasificación de precipitación	20
Tabla 6. Ponderación de factores de susceptibilidad a movimiento en masa	20
Tabla 7. Ponderación de Factores de Amenaza por Movimiento en Masa.....	21
Tabla 8. Asignación De Índice De Amenaza Por Movimiento En Masa.....	21
Tabla 9. Asignación De Índices De Zonas De Control.....	22
Tabla 10. Relación Orden De La Red De Drenaje Y El Tamaño Del Buffer.....	24
Tabla 11. Reclasificación De Pendientes Para Calculo Amenaza Por Inundación.	24
Tabla 12. Reclasificación De Curvaturas Para El Cálculo De Amenaza Por Inundación	25
Tabla 13. Ponderación De Curvaturas Y Pendientes	25
Tabla 14. Características De Un Cuenca Torrencial	26
Tabla 15. Ponderación De Factores De La Clasificación Morfométrica	27
Tabla 16. Asignación Del Índice Compacidad	28
Tabla 17. Asignación Del Índice De Densidad De Drenaje.....	28
Tabla 18. Reclasificación De Unidades Geomorfológicas	29
Tabla 19. Ponderación De Factores De Susceptibilidad Por Avenida Torrencial.....	29
Tabla 20. Asignación Del Índice De Amenaza Por Avenida Torrencial.....	30
Tabla 21. Vulnerabilidad Ambiental.....	31
Tabla 22. Clasificación De Vulnerabilidad Ambiental	31
Tabla 23. Clasificación De Los Porcentajes De Ingresos Y Empleos	32
Tabla 24. Reclasificación De Los Valores De Ingresos Y Empleos	33
Tabla 25. Reclasificación Delvalor Del Nbi.....	33
Tabla 26. Reclasificación Del Valor Del Desempeño Fiscal	34
Tabla 27. Ponderación De Variables De Vulnerabilidad Económica.....	34
Tabla 28. Clasificación De Vulnerabilidad Económica.....	34
Tabla 29. Reclasificación De La Densidad De Vías	35
Tabla 30. Reclasificación De La Densidad De Viviendas	35



Tabla 31. Reclasificación De Las Variables Para Calidad De Viviendas	36
Tabla 32. Reclasificación De La Calidad De Viviendas	36
Tabla 33. Ponderación De Los Valores De Vulnerabilidad Física.....	36
Tabla 34. Clasificación De Vulnerabilidad Económica.....	36
Tabla 35. Reclasificación De Variables De Vulnerabilidad Social.....	37
Tabla 36. Variables Del Fortalecimiento Institucional	38
Tabla 37. Reclasificación Del Índice De Capacidad De Respuesta	38
Tabla 38. Ponderación De Las Variables De Vulnerabilidad Social.....	38
Tabla 39. Clasificación Vulnerabilidad Social.	38
Tabla 40. Factor De Ponderación De Vulnerabilidades Sectoriales	39
Tabla 41. Asignación De Índice A La Vulnerabilidad Total	39
Tabla 42. Ponderación De Factores De Riesgo.	39
Tabla 43. Asignación De Índice De Riesgo Por Movimiento En Masa.....	39
Tabla 44. Asignación De Índice De Riesgo Por Inundación	40
Tabla 45. Asignación De Índice De Riesgo Por Avenida Torrencial	40
Tabla 46. Porcentaje De Área En Los Rangos De Precipitación Por Vereda	49
Tabla 47. Vulnerabilidades Sectoriales Que Configuran La Vulnerabilidad Media.....	61
Tabla 48. Vulnerabilidades Sectoriales Que Configuran La Vulnerabilidad Baja	62
Tabla 49. Total De Visitas Por Vereda	72
Tabla 50. Puntos Atendidos Por Núcleo Zonal.....	80

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización del Municipio del Carmen de Víboral	12
Figura 2. Mapa de zonas de vida Municipio de el Carmen de Viboral.....	14
Figura 3. Análisis de riesgo	16
Figura 4. Análisis de zonas inundables.....	23
Figura 5. Análisis de torrencialidad	27
Figura 6. Esquema de vulnerabilidad económica.....	32
Figura 7. Esquema de vulnerabilidad física	34
Figura 8. esquema de vulnerabilidad social.	37
Figura 9. Mapa de pendientes Municipio de el Carmen de Viboral	43
Figura 10. Mapa de Material Superficial del Municipio de el Carmen de Viboral	44
Figura 11. Mapa de precipitación del Municipio de el Carmen de Viboral	47
Figura 12. Mapa de Coberturas superficiales del Municipio de El Carmen de Viboral	51
Figura 13. Mapa de Geomorfología del Municipio de el Carmen de Viboral.....	53
Figura 14. Mapa de Amenaza por movimiento en masa del Municipio de el Carmen de Viboral	55
Figura 15. Mapa de amenazas por inundación del Municipio de el Carmen de Viboral.....	58
Figura 16. Mapa de amenazas por avenida torrencial del Municipio de el Carmen de Viboral.....	60
Figura 17. Mapa de vulnerabilidad total del Municipio de el Carmen de Viboral	63
Figura 18. Mapa de riesgo por movimiento en masa del Municipio de el Carmen de Viboral.....	65
Figura 19. Mapa de riesgo por inundación del Municipio de el Carmen de Viboral	67
Figura 20. Mapa de zonas de control del Municipio de el Carmen de Viboral.	68
Figura 21. Mapa de riesgos por avenida torrencial del Municipio de el Carmen de Viboral..	69
Figura 22. Distribución de puntos visitados en el Municipio	71
Figura 23. Eventos identificados en las visitas de campo	72
Figura 24. Tipo de infraestructura afectada por los eventos visitados.....	73
Figura 25. Causas de los eventos visitados.....	74
Figura 26. Causas principales de eventos registradas en las veredas.....	75
Figura 27. Detalle del costo de las obras recomendadas para el manejo de sitios afectados.....	77
Figura 28. Priorización de sitios con mayor riesgo en el municipio	78
Figura 29. mapa de zonas de amenaza en núcleo urbano del Municipio	81



Figura 30. Fotos 1 y 2: afectación de viviendas y del terreno por deslizamiento en el sector Zacatín	82
Figura 31. Fotos 3 y 4: Inestabilidad del terreno y vivienda en riesgo por talud inestable en el Barrio villas de Ason.....	83
Figura 32. Fotos 5 y 6: Daño en terreno por aguas en superficie y amenaza para viviendas en la parte baja, barrio buenos aires	84
Figura 33. Formulario de reportar evento.....	87
Figura 34. Formulario de Dimensionamiento	88
Figura 35. Formulario de Monitoreo de Obras	88
Figura 36. Formulario de Zoom Riesgo	89
Figura 37. Formulario de Identificó	89
Figura 38. Formulario de Consultar Obras de Mitigación	90
Figura 39. Formulario de Consultar Eventos Reportados	90
Figura 40. Formulario Detalle Evento Ocurrido.....	91
Figura 41. Formulario Reporte Ficha Técnica.....	91
Figura 42. Reporte de ficha Técnica en Formato PDF	92

1 CAPITULO I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 LOCALIZACIÓN

El Municipio de El Carmen De Viboral, está ubicado en la cordillera central de los Andes, en el valle de San Nicolás, en el oriente del departamento de Antioquia, a los 6° 05`00,84” de latitud norte y a los 75° 20`05,23” de latitud oeste Greenwich.

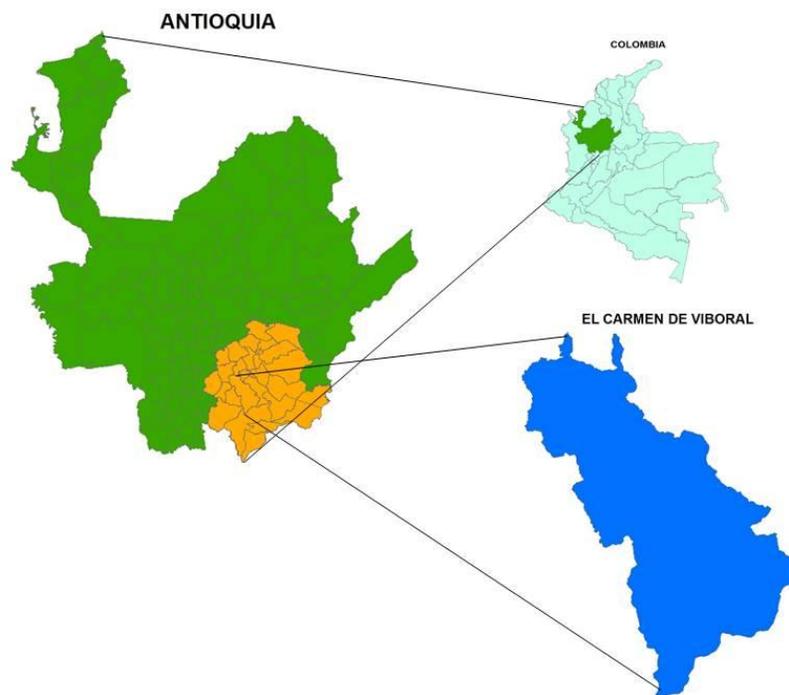


FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DEL CARMEN DE VIBORAL

El territorio del municipio El Carmen de Viboral está situado en el sur oriente del Altiplano del Oriente Antioqueño, limita al norte, con Rionegro, Marinilla y El Santuario; al occidente, con La Ceja y La Unión; por el sur, con Sonsón y Abejorral; y por el oriente, con El Santuario y Cocorná. (Agüé 2001) En el contexto de la jurisdicción de CORNARE pertenece a la subregión Valles de San Nicolás. La zona urbana se encuentra a 2.150 msnm, en el punto con coordenadas geográficas 6° 04' 53" latitud norte y 75° 20' 21" latitud oeste, Medellín dista 54 kilómetros por vía terrestre (IDEA- UN 2.006).

La cabecera municipal de El Carmen de Viboral dista 62Km de la ciudad de Medellín, cuenta con tres vías de acceso a la ciudad de Medellín: La Autopista Medellín- Bogotá (50 min), por las

Palmas (45min) y por Santa Elena (1h 30min). Tiene una cabecera municipal ubicada a 2.150 msnm, posee una temperatura promedio de 17°C y su extensión de 448Km²; el área territorial está comprendida en 11 núcleos zonales, en las cuales están incluidas las 57 veredas y la zona urbana. Posee 40.968 habitantes (para el año 2005) y en su cabecera municipal tiene el 56,0% de su población total.

1.2 CLIMA

El clima involucra una serie de condiciones atmosféricas que caracterizan una región donde los elementos más importantes son la precipitación y la temperatura; igualmente tienen influencia otros elementos climáticos como la evaporación, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la radiación, la luminosidad y la nubosidad.

Entre los factores que condicionan el clima en Colombia se tiene la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), caracterizada por el Frente Intertropical, el efecto de la interacción Océano Pacífico - atmósfera (Corriente del Niño y Corriente Fría de Humboldt), los vientos alisios, la orografía, y la posición geográfica en la zona ecuatorial ligada estrechamente con el factor radiación solar. De enero a mayo, la corriente de El Niño introduce al continente aire húmedo y caliente que produce lluvia convectiva.

El clima del oriente antioqueño es por lo general frío, húmedo y tropical. La temperatura varía entre 16 y 20°C; presenta un régimen de lluvias entre 1000 y 4000 mm por año, con dos temporadas de lluvias en abril-mayo y octubre-noviembre y tiempo seco entre enero-marzo y julio-septiembre, aunque esto puede variar significativamente.

El municipio de El Carmen de Viboral posee tres pisos térmicos, tierra caliente, tierra templada y tierra fría, su altitud varía entre los 800 msnm y los 3000 msnm.

La cabecera municipal posee una temperatura promedio de 17°C, con una altitud de 2.150 msnm, lo cual califica a ésta zona como tierra templada o piso meso térmico. Éste piso térmico se caracteriza por que constituye una de las regiones ecológicas para la agricultura intensiva. En estas zonas se produce rosas y otros productos de la agricultura intensiva como para abastecer un mercado amplio. Con esta altura es bastante favorable para la producción de lluvias orográficas, caracterizado por la gran variedad de vegetación y una gran adaptación y estabilidad ecológica, mostrada por la presencia de helechos arborescentes.

La zona oriental, tiene una temperatura promedio de 22°C a 24°C, con altitudes de los 900 msnm hasta los 1800 msnm. Es un piso intermedio entre la zona templada y caliente, donde las temperaturas son próximas a las de clima subtropical pero con menor amplitud térmica; la zona occidental, tiene una temperatura promedio de 8°C a 13°C, con altitudes entre los 2300 msnm y 3000 msnm., este es el nivel ecológico de la papa, lo cual significa que las condiciones ecológicas de este piso son las más apropiadas para su cultivo.

1.3 ZONAS DE VIDA

Los factores biofísicos, relieve y condiciones climatológicas, presentes en el municipio de El Carmen crean las condiciones para la ocurrencia de una gran variedad de zonas de vida, En el municipio se encuentran 5 zonas de vida que se nombran a continuación y que la biodiversidad y disponibilidad de recursos hídricos.

Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh - MB)

Se ubica en la parte centro del territorio comprende la zona urbana y las tierras desde el norte alrededor de la vía Medellín – Bogotá hasta el sur en los límites con La Unión y Abejorral, se encuentra en todo la cuenca de la quebrada Cimarronas, alcanza el extremo sur occidental de la cuenca alta del río Santo Domingo.

Bosque húmedo Montano Bajo (bh - MB)

Localizada en la parte occidental en los límites con La Ceja y Rionegro, alcanza la cuenca media y baja de la quebrada La Pereira.

Bosque pluvial Montano (bp - M)

Se encuentra al centro oriente y nororiente, en la cuchilla La Chapa y los nacimientos del río Cocorná.

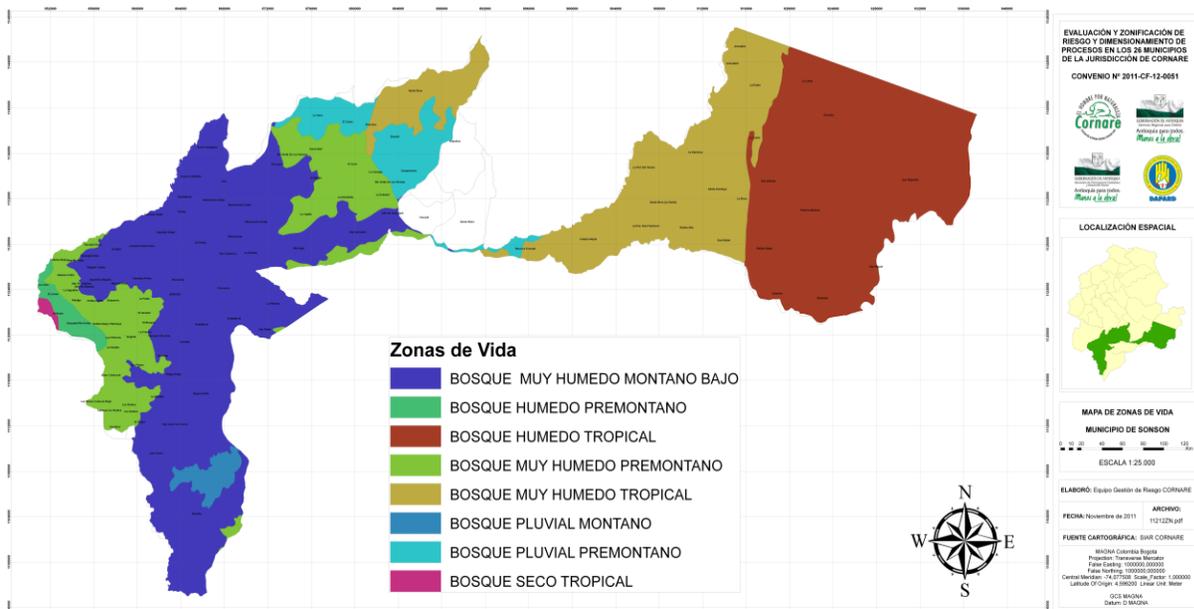


FIGURA 2. MAPA DE ZONAS DE VIDA MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

Bosque muy húmedo Premontano (bmh – PM)

Se localiza en una pequeña área en el extremo sur oriental del municipio incluye la parte alta de la cuenca del río Melcocho y parte de la cuenca alta del río Santo Domingo.

Bosque pluvial Premontano (Bp Pm)

Esta la zona de vida es la predominante en la vertiente de la cuenca del río Samaná Norte, comprende la cuenca media en los ríos Cocorná, Santo Domingo y Melcocho, en las tierras que limitan con Cocorná y San Francisco.

1.4 METODOLOGIA

La metodología aplicada para la evaluación del riesgo, contempla el análisis de "riesgos naturales" a partir de la utilización del método indirecto, el cual consiste en analizar la interrelación entre las características y condiciones que presenta el terreno y las condiciones sociales, para identificar la potencialidad de ocurrencia de un evento considerado; se obtiene con esto, un análisis cualitativo del riesgo en el municipio estudiado.

Se complementa este proceso con un trabajo que se realiza a través de recorridos de campo para verificar, dar validez y complementar el análisis previamente realizado de identificación y zonificación del riesgo.

La determinación del riesgo se desarrolla a partir de tres conceptos fundamentales que son:

- **Evaluación de Amenazas:** Se realiza a través de análisis y revisión de información científica disponible (mapas, informes y estudios anteriores), con el fin de conocer la probable ubicación y severidad de los fenómenos naturales peligrosos, así como la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específica. Tiene como resultado la elaboración de un mapa regional de amenazas, y un mapa de amenazas por cada municipio evaluado, los cuales representan un elemento clave para la planificación del uso del territorio y constituyen un insumo imprescindible para la evaluación de los riesgos actuales y potenciales.
- **Evaluación de la Vulnerabilidad:** Es el proceso mediante el cual se determina el grado de exposición, afectación o predisposición al daño y pérdida que puede sufrir una unidad social (familias, comunidad o sociedad), estructura física o actividad económica que la sustentan y de la capacidad de resiliencia o de respuesta de la población. Se identifica a partir del nivel de exposición al evento, la magnitud del daño que puede causar y la capacidad de asimilación y recuperación de las personas, los bienes y el medio ambiente. Tiene como resultado la elaboración de un mapa total de vulnerabilidad regional y por municipio, que es producto de la conjugación de la vulnerabilidad global.
- **Evaluación del Riesgo:** Se entiende por riesgo la probabilidad de que ocurra un desastre en un tiempo y modo específico a partir de la conjugación de la amenaza y la vulnerabilidad dadas. Se relacionan las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento, en

consecuencia, tanto el riesgo como el desastre, sólo se presentan como producto de la coexistencia en una misma comunidad, de la amenaza y de la vulnerabilidad.

El análisis del riesgo que se realizó en este trabajo se lleva a cabo de acuerdo al diagrama que se muestra en la Figura 3.

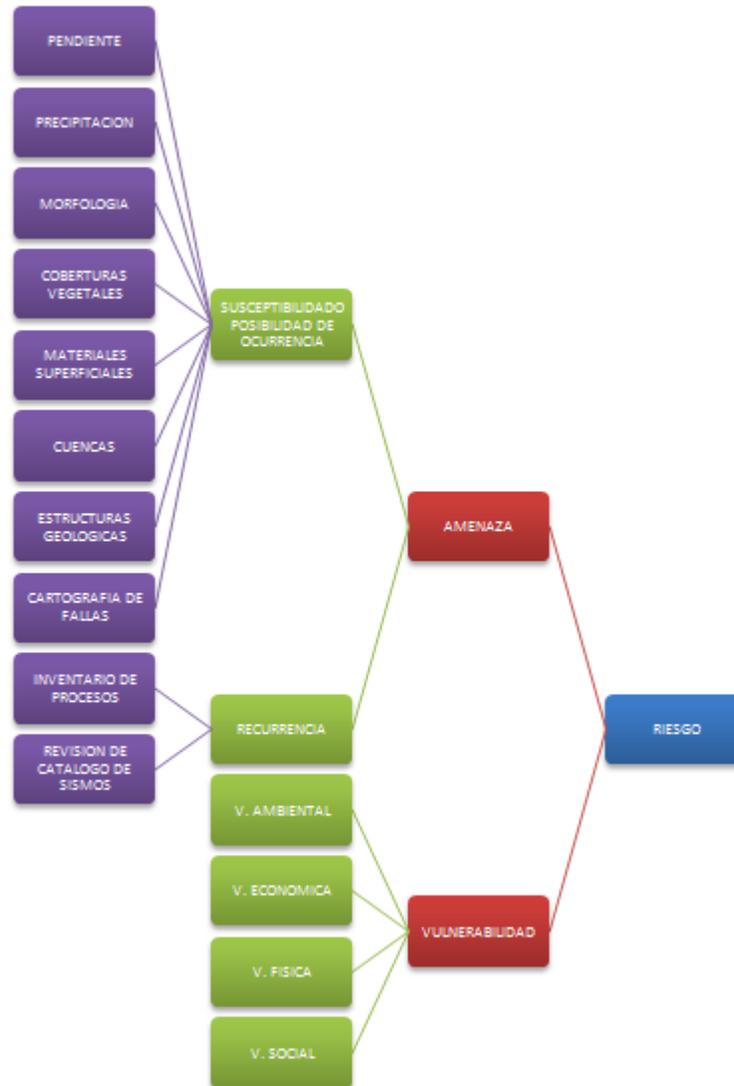


FIGURA 3. ANÁLISIS DE RIESGO

1.4.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Los datos o información utilizada para el análisis provienen de las siguientes fuentes:

- Base de datos documental y cartográfica de CORNARE.

- Base de datos hidrológica IDEAM - CORNARE
- Base de datos del SISBEN Municipa
- Base de datos del SIRPAZ
- Información de la comunidad
- Observaciones directas – trabajo de campo
- Estudios y trabajos previos (Fuentes bibliográficas)
- Estudios de la Dirección Nacional de Planeación

1.4.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Las herramientas que se utilizan para la integración y el análisis de los datos son:

- Sistema de Información Geográfico Arc GIS versión 10
- Sistema de Información Geográfico HIDROSIG Universidad Nacional Medellín – CORNARE
- Sistema de Información Geográfico Global Mapper 11.0
- GPS
- Cámaras fotográficas

Los análisis realizados también incorporan información que se obtiene de visitas en campo. Los recorridos de campo se definen previamente a partir del análisis conjunto de la información suministrada por la comunidad y la zonificación de riesgo inicialmente obtenida. La información de la comunidad es recogida por medio de la ficha de encuesta a la comunidad (Anexo 8). Con este análisis se identifican las áreas que requieren un proceso de control que se hace por medio de la observación directa y de la información recolectada en campo.

Con la información derivada del trabajo de campo y el resultado del análisis y zonificación del riesgo se explican los procesos observados y la problemática que se presenta en el territorio y a partir de la comprensión que se logre de estos fenómenos se proponen estrategias y obras de control, mitigación o recuperación.

Las acciones y las obras que las desarrollan, se diseñan y se elabora con ellas un presupuesto de obra y costos de implementación, que se presentan como parte del documento final.

Como actividad final se escribe el documento que da cuenta del proceso y los resultados obtenidos.

1.4.3 ANALISIS DE AMENAZA

1.4.3.1 AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA:

Para la identificación de amenazas por movimientos en masa primero se obtiene la información que se utilizará para el análisis, imágenes en formato vector y raster de la zona de estudio.

Los mapas temáticos utilizados se presentan en la tabla 1.

MAPA	FORMATO	REPRESENTA
Pendientes	Raster	Distribución espacial en área del municipio de la inclinación del terreno
Precipitación	Raster	Distribución espacial en el área del municipio de la precipitación
Materiales superficiales	Vector	La distribución espacial de los diferentes materiales derivados de acumulaciones o transformaciones de materiales existentes en superficie.
Cobertura superficial	Vector	La distribución espacial de las áreas destinadas a los diferentes usos, discriminando los tipos de uso agrícola

TABLA 1. LISTA DE TABLAS DE MAPAS TEMÁTICOS

Luego se estandariza la información que se utiliza unificando el sistema de coordenadas y el sistema de proyección para articular la información resultante a los sistemas estándares del país y a la base de datos corporativos de CORNARE.

Geoide de referencia WGS 84
 Sistema de Proyección MAGNA Colombia Bogotá –UTM–

Con los mapas que contienen la información para el área de la jurisdicción de CORNARE se procede a realizar lo siguiente:

Reclasificación de Variables: Los registros (valores posibles) de cada factor representado en un mapa en formato vector (variable discreta) se valoran de 1 a 10 para lograr un mapa reclasificado en el que se puedan apreciar los registros agrupados, en virtud de su mayor o menor desventaja para la ocurrencia de un proceso de movimiento de masa.

A continuación en las Tablas 2 y 3 se muestran los valores de reclasificación para los mapas en formato vector.

MATERIAL EN SUPERFICIE –REGISTRO–	VALOR
Depósito de vertiente (Coluviones)	10
Saprolito roca metamórfica foliada	8
Saprolito roca metamórfica no foliada	7
Saprolito roca ígnea	6
Saprolito roca sedimentaria	5
Depósito aluvial	4

TABLA 2. RECLASIFICACIÓN DE MATERIALES SUPERFICIALES

COBERTURA SUPERFICIAL –REGISTRO–	VALOR
Suelo desnudo	10
Pastos	8
Cultivos anuales o transitorio	7
Bosque plantado	5
Cultivo permanente	4
Áreas construidas	3
Pastos no agrícolas (Instalaciones recreativas)	3
Arbustos, matorrales rastrojos	2
Bosques	1
Cuerpos de agua, corrientes y ciénagas	1

TABLA 3. RECLASIFICACIÓN DE COBERTURAS

Los valores posibles de cada factor representado en un mapa en formato raster (variable continua) se agrupan para lograr un mapa reclasificado en el que se puedan apreciar los valores de la variable, en rangos que tienen correspondencia con la mayor o menor desventaja para la ocurrencia de un proceso de inestabilidad.

En las Tablas 4 y 5 se muestran los valores de reclasificación para los mapas en formato raster.

VALOR PENDIENTE (%) –REGISTRO–	VALOR
< 5	1
5 - 12	2
12 – 35	6
35 - 75	8
> 75	10

TABLA 4. RECLASIFICACIÓN DE PENDIENTES

VALOR PRECIPITACIÓN (MM) –REGISTRO–	VALOR
1084 - 2008	6
2008 - 2673	7
2673 - 3511	8
3511 - 4027	9
4027 – 4801	10

TABLA 5. RECLASIFICACIÓN DE PRECIPITACIÓN

Una vez se tienen los valores de cada factor clasificados en virtud de la desventaja que significa para la posibilidad de ocurrencia de un evento, se procede a ponderar (asignar un peso a) cada factor de manera que se evidencie la incidencia que tiene cada uno con relación al conjunto de factores considerados. Las ponderaciones realizadas se efectúan recurriendo a la metodología de la matriz de expertos y teniendo en cuenta no solo la importancia de la variable en tanto el elemento de riesgo que se pretende definir, sino la representatividad y confiabilidad de la información que se posee para la variable en específico.

Los valores de ponderación (en porcentaje) se asignaron así:

FACTOR	PESO FACTOR (%)
Pendiente	30
Materiales superficiales	20
Precipitación	25
Cobertura superficial	25

TABLA 6. PONDERACIÓN DE FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTO EN MASA

Hecha esta ponderación se hace la suma de factores (utilizando Arc Gis 10) para obtener la susceptibilidad del terreno a la ocurrencia de un evento: movimientos de masa.

El factor de recurrencia se obtuvo de la información histórica de eventos atendidos como asesorías por la Corporación desde 1999 hasta 2011 y de la base de datos DESINVENTAR, de cada evento se tomó la localización y el tipo de evento, considerando por separado el tipo de evento: movimientos de masa, (avenidas torrenciales e inundación), para los dos últimos tipos de eventos no se consideró en el análisis la vulnerabilidad por no contar con suficientes datos.

Para los movimientos de masa, debido a la poca cantidad de eventos reportados en la base de datos, y a la poca extensión superficial de los mismos, se decidió no considerar cada evento por separado, sino que se estimó valores de densidad de eventos a partir de la cercanía entre ellos, para ello con la nube de puntos que surgió de la ubicación por las coordenadas de localización

en la base datos, en ARC GIS, mediante de asignación de valor de pixel por proximidad de vecinos, se construyó un mapa de densidad, (formato raster) con valor de pixel de 30X30. Se obtuvo así el mapa de recurrencia que se utilizó en el análisis. Este mapa de recurrencia muestra las áreas categorizadas de acuerdo a la frecuencia de eventos ocurridos en cada una. Los valores de pixel obtenidos para este mapa varían entre 0 y 0992.

El mapa de amenaza es derivado del cruce de la susceptibilidad con la recurrencia, con el siguiente criterio de ponderación.

FACTOR	PESO FACTOR (%)
Susceptibilidad	80
Recurrencia	20

TABLA 7. PONDERACIÓN DE FACTORES DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA

El bajo valor de la recurrencia surge de la poca información disponible para el área de estudio y por la aproximación a este criterio de forma indirecta utilizando una función estadística. Una vez se tenga datos abundantes para estimar la recurrencia de forma directa se modificara esta ponderación. El mapa de amenaza que se obtiene se agrupa en cinco rangos que surgen mediante el método Natural Break que son:

INTERVALO	1.6–3.5	3.5–4.5	4.5–5.37	5.37–6.45	6.45–7.69
CAL AMENAZA	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

TABLA 8. ASIGNACIÓN DE ÍNDICE DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA

1.4.3.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN

El reconocimiento del nivel de amenaza por inundación tiene por finalidad identificar las áreas que son afectadas por el aumento del nivel de agua en las corrientes y sobre las llanuras aluviales, también obliga a reconocer el comportamiento de las áreas que aportan los caudales que descargan en las corrientes de las cuencas. En concordancia podemos decir que como resultado del análisis del riesgo por inundaciones se obtienen dos mapas. El primero identifica en los cauces principales de una cuenca la posibilidad de ocurrencia de inundaciones, las cuales se nombran como Zonas Inundables y el otro mapa muestra las áreas que aportan a la inundación, las cuales se denominan Zonas de Control.

El mapa de Zonas de Control, muestra las condiciones de susceptibilidad en las que se encuentra una cuenca en la actualidad y la posibilidad que tienen los terrenos de generar un mayor aporte o disminución del fenómeno de la inundación. Para la realización de este producto se tuvo como principales factores de análisis, las características morfométricas de la cuenca, la precipitación y la cobertura.

Las zonas de control, también se pueden entender como las zonas de recarga de la cuencas, las cuales, funcionan en virtud de las características físicas y morfológicas de la cuenca, en ellas el proceso tiende a regular o a facilitar el escurrimiento hacia el canal central.

Se calcula las zonas de recarga o control para inundación como una característica de la cuenca, aplicada específicamente a los terrenos alejados del cauce, ósea toda la cuenca exceptuando las llanuras aluviales, la parte baja de los cañones y los afluentes principales; para ello se parte del estudio de los parámetros morfométricos de la cuenca, por lo que se consideran en este análisis:

- Coeficiente de Compacidad o Forma de la Cuenca (CC).
- Pendiente Media (PM)
- Densidad de Drenaje (DD)

La característica que surge a partir de estos parámetros, aproxima a una clasificación morfométrica de la cuenca que nombramos Facilidad de Escurrimiento (Fe). Conocida la facilidad para el escurrimiento en la superficie con base en criterios de forma y morfología del terreno en el área de cada cuenca, se cruza este parámetro con otros que determinan la presencia y permanencia de agua en la superficie; se conoce así la susceptibilidad a la ocurrencia de inundación que es un estimativo aproximado del Tiempo de Concentración. Se hace el siguiente cruce de variables:

- Facilidad de escurrimiento Fe
- Precipitación P
- Cobertura vegetal Cv

El cruce de estas variables es útil para el análisis de la facilidad de escurrimiento, ya que tiene en cuenta el agua disponible en la superficie de la cuenca (precipitación), la presencia de cobertura vegetal, como agente que regula la escorrentía y filtración, mediante la retención y los procesos de evapotranspiración. Estos factores determinan en conjunto la contribución del terreno a la ocurrencia de una inundación siendo por ello un indicativo de la eficacia de las Zonas de Control de la cuenca. Esta eficacia de la cuenca regula la escorrentía facilitando o mitigando las crecientes e inundaciones.

Estas zonas de control, se reclasificaron para obtener cinco intervalos que agrupan el funcionamiento del terreno de la cuenca en virtud del funcionamiento de control o aporte a la ocurrencia de inundación.

INTERVALO	3.03–4.11	4.11–4.8	4.8–5.53	5.53–6.23	>6.23
CALIFICACIÓN	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

TABLA 9. ASIGNACIÓN DE ÍNDICES DE ZONAS DE CONTROL

Las zonas de control representan un mapa individual que tiene por objeto identificar los segmentos de las cuencas, en donde se tiene condiciones inadecuadas que perjudican la eficiencia de una cuenca, es por esta razón, que en las zonas de control calificadas como altas y muy altas, se deben realizar labores y proponer proyectos en pro de mejorar las condiciones de cobertura del suelo y en las zonas bajas, se debe mantener una política de conservación y protección, como prioridad para atenuar el efecto de las inundaciones.

Las Zonas Inundables, son aquellas áreas que por el aumento del caudal resultan cubiertas de agua, esto hace pensar que tales áreas se restringen al canal y a las planicies aluviales. Es por esta razón, que como resultado se obtuvo un mapa asociado a los principalmente a los afluentes principales dentro de cada municipio y a las llanuras aluviales de estos.

Para la identificación de las zonas de inundación, básicamente se utilizaron tres criterios, el primero relacionado con la ubicación e identificación de las corriente principales y las planicies aluviales, el segundo la poca inclinación del terreno, identificada en los bajos valores de la pendiente que propicia la concentración de agua en ella y el tercero con la morfología de las llanuras la cual se caracteriza con las curvaturas del terreno. La intercepción de estos mapas dio como resultado la susceptibilidad a inundación de las principales, corrientes, que en muchos casos, es equivalente al mapa de amenazas, ya que los datos de recurrencia deben introducirse no como puntos sino como manchas o áreas de antiguas inundaciones y en la mayoría de los casos no se cuenta con esta información. En la siguiente figura se muestra los temáticos utilizados para este análisis.

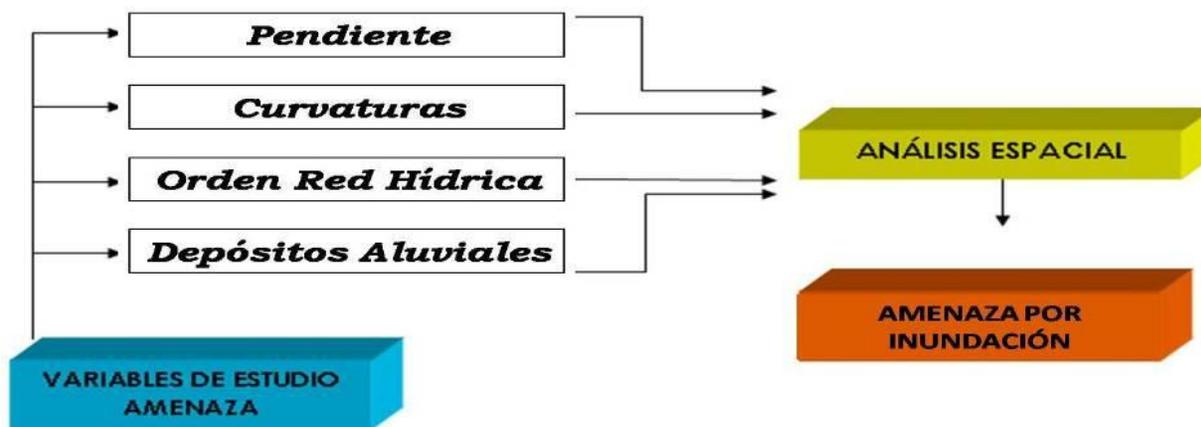


FIGURA 4. ANÁLISIS DE ZONAS INUNDABLES

El primer análisis realizado, estuvo direccionado en la calificación e identificación del orden de los afluentes dentro de toda la región CORNARE. Con la jerarquización se pretende subdividir los distintos cursos de agua que integran la red de drenaje superficial en segmentos de cauce clasificados en función del orden de magnitud de los mismos, para ello se utilizó el esquema de ordenamiento de Horton-Strahler y se realizó con por medio del Hidro SIG 4.0, en este proceso, donde se identificaron errores o bifurcaciones se calificó manualmente siguiendo la metodología del autor.

Luego de la asignación de orden a los afluentes, se procedió a realizar un buffer que varía su tamaño dependiendo del orden, ya que la cartografía de depósitos aluviales existentes tiene escala para la mayoría de la región 1:100000, la cual no es muy útil, ni exacta para el análisis con el que se realiza este proyecto que es a escala 1:25000. Este buffer asignado, no representa un retiro a las fuentes hídricas, sino el área aproximada de las llanuras aluviales.

Para la asignación de las distancias en los buffer, se utilizaron varios criterios, el orden de los afluentes, la longitud de estos y el caudal promedio de las cuencas. Igualmente se tomó como ejemplo de referencia, el área expuesta de los depósitos aluviales, obtenidos en la cartografía de llanuras aluviales encontrada a escala 1:25000 para la zona de Valles de San Nicolás y la llanura del río Magdalena, además la medida de la amplitud en la base de los cañones en la región. En la siguiente tabla se muestra el orden impuesto a la red de drenaje superficial y el tamaño del buffer asigna

ORDEN	TIPO DE AFLUENTE	TAMAÑO BUFFER
0	Nacimiento red hídrica, quebradas Pequeñas < 5 km	50 m
1	Quebradas entre 5-10 km	80 m
2	Quebradas Importantes (Quebrada La Mosca, Pereira)	150 m
3	Ríos Importantes Subcuencas (Río Negro, Buey)	250 m
4	Ríos Cuencas CORNARE (Samaná, Arma, Porce, Nus)	400 m
5	Río Magdalena	700 m
6	Embalses y Ciénagas	Sin Buffer

TABLA 10. RELACIÓN ORDEN DE LA RED DE DRENAJE Y EL TAMAÑO DEL BUFFER

Posteriormente del mapa de materiales superficiales existentes para toda la región a escala 1:100000, se extrajeron los depósitos aluviales recientes, se ignoraron, las terrazas aluviales, depósitos de vertientes y de aluviotorrenciales. Además se reemplazaron los depósitos aluviales de la región Valles de San Nicolás, por los cartografiados a escala 1:25000 por Gallego (2012). Por último, creo un mapa denominado Mapa Buffer, que se realizó con base en la unión entre los buffer y los depósitos aluviales, ya que la zonificación de las inundaciones solo se restringe a estas zonas.

En segundo lugar, para identificar las zonas inundables, se parte del concepto de que las zonas del cauce donde el flujo de agua aumenta su lámina y genera reboce, corresponde a áreas de bajo gradiente y de baja inclinación, por ello se tomó el mapa de pendientes existentes y se reclasifico teniendo como prelación las pendientes bajas. Por ende las zonas de circulación de creciente se clasificaron con base en los rangos de pendiente y se obtuvieron los siguientes intervalos que se muestran en la siguiente tabla.

INTERVALO	0-3	3-5	5-7	7-12	>12
CALIFICACION	MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA

TABLA 11. RECLASIFICACIÓN DE PENDIENTES PARA CÁLCULO AMENAZA POR INUNDACIÓN

Con la finalidad de tener un mayor acercamiento al comportamiento de las inundaciones, sobre las llanuras aluviales, se utilizó también el concepto de curvaturas. La curvatura puede definirse como la tasa de cambio en la pendiente y depende de los cambios de la inclinación en el entorno de un punto, la medida tiene por objeto identificar las convexidades y concavidades del terreno, se asume un signo un positivo y uno negativo respectivamente, dicho de otra manera, en punto sobre la llanura aluvial con una pendiente menor de 3%,

tiene mayor probabilidad de ocurrencia de inundación si en ese punto se tiene una geoforma cóncava o plana, debido que estas zonas existe mayor facilidad de acumulación del flujo, comparándolo con una geoforma convexa.

El mapa de curvaturas utilizado, se denomina mapa de Curvaturas del Plan, que muestra las curvaturas en sentido de la dirección, ya es la más cercana a las curvaturas en sentido de los principales afluentes hídricos. Se obtuvo a partir de ARG GIS 10.0 y se reclasificó teniendo en cuenta los valores promedio de las curvaturas dentro de las llanuras aluviales. En la siguiente tabla se muestra los valores de curvatura obtenidos y su clasificación.

CURVATURA	CÓNCAVO	PLANA	CONVEXO	MUY CÓNCAVO	MUY CONVEXO
INTERVALO	-1.5 – 0.3	-0.3 – 0.3	0.3 – 1.5	-118 - -1.5	1.5 - 118
CALIFICACIÓN	MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA

TABLA 12. RECLASIFICACIÓN DE CURVATURAS PARA EL CÁLCULO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN

Cabe anotar que el grupo de curvaturas denominado como Muy Cóncavo, geomorfológicamente no se encuentra dentro de las geoforma de las llanuras aluviales, estas hacen parte de las silletas y de las divisorias en la parte alta de las cuencas. En general las curvaturas sobre las llanuras aluviales tienen valores entre -1 y 1.

El mapa de Zonas Inundables, es entonces producto del algebra de mapas entre los diferentes valores de curvatura y pendiente, para el cual se tiene el siguiente criterio de ponderación.

FACTOR	PESO FACTOR (%)
CURVATURAS	40
PENDIENTE	60

TABLA 13. PONDERACIÓN DE CURVATURAS Y PENDIENTES

Por último para hallar la Amenaza por Inundación (A_i), se hizo la intercepción entre el Mapa Buffer y en mapa de Zonas Inundables, que muestra la jerarquización de las áreas a inundarse restringido a la red hídrica y las llanuras aluviales. Para este estudio no fue posible contar, en esta fase, con el dato de recurrencia, pues no se dispuso de información significativa sobre inundaciones en la región CORNARE; por esta razón se asume la jerarquización de las Zonas Inundables como el valor de Amenaza de Inundación (A_i).

1.4.3.3 AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL

Las avenidas torrenciales muchas veces denominadas crecientes, avalanchas, crecidas, borrasca o torrentes, son una amenaza muy común en cuencas de alta montaña y debido a sus características pueden causar grandes daños en infraestructura y pérdida de vidas humanas. Estos fenómenos se originan comúnmente en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas presentan fuertes vertientes por efecto de fenómenos hidrometeorológicos intensos cuando en un evento de lluvias se superan valores de precipitación pico en pocas horas. Esto genera la saturación de los materiales de las laderas facilitando el desprendimiento del suelo, produciéndose de esta manera, numerosos desgarres superficiales y deslizamientos cuyo material cae al cauce y es transportado inmediatamente aguas abajo o queda inicialmente represado y luego, una vez que se rompe el represamiento, es transportado violentamente de forma repentina. (Municipio de Medellín, 2007)

El estudio de la amenaza por avenida torrencial, toma como muestra de análisis 186 subcuencas que componen la región de CORNARE, las cuales fueron obtenidas a partir del Hidro-SIG y tienen un área variable entre 6 Km² y 153 Km².

Una cuenca susceptible ante una avenida torrencial tiene varias características, las cuales se muestran en la tabla 14.

Con base en la tabla 14, es claro que múltiples factores concurren para la calificación de torrencialidad de una cuenca, principalmente en este análisis confluyen dos características. La primera relacionada con los parámetros morfométricos propios de una cuenca y la segunda con los factores geológicos y geomorfológicos regionales, cabe anotar también que los factores climáticos, como lluvias intensas en un tiempo corto, juegan como agentes desencadenantes de estos fenómenos. En la Figura 5 se muestran las variables utilizadas y con las que se cuenta para el estudio de la amenaza por torrencialidad.

CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA TORRENCIAL
Cuencas jóvenes y pequeñas menores a 200 Km ²
Cuencas en regiones montañosas y escarpadas
Alta pendiente del canal central y de la pendiente media de la cuenca
Gran capacidad de socavación e incisión del cauce
Abundante material detrítico a ser arrastrado
Capacidad de transporte de material heterométrico
Cuencas con valles o cañones estrechos en V
Gran Variabilidad del caudal máximo y mínimo en la cuenca
Geoforma alargada de la cuenca
Variaciones extremas en los valores pico de precipitación
Alta susceptibilidad ante procesos de remoción en masa

TABLA 14. Características de un cuenca torrencial

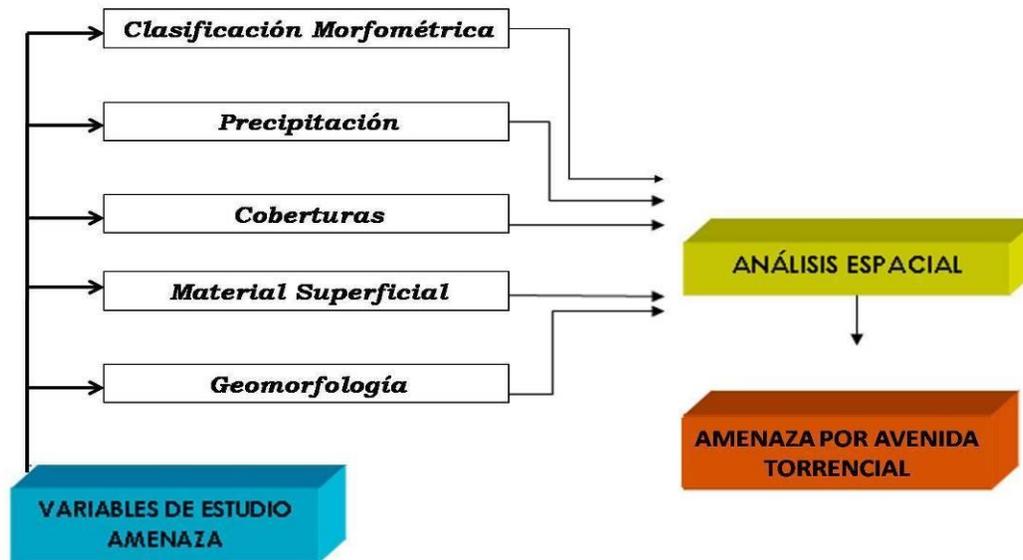


FIGURA 5. ANÁLISIS DE TORRENCIALIDAD

El mapa de Clasificación Morfométrica, lo componen tres factores que definen algunas de de las características de forma de una cuenca torrencial, ya que factores como la tasa de cambio en el caudal, no se pudieron establecer con el SIG utilizado, ya que los datos de precipitación encontrados muestran los valores pico para región, pero no los mínimos. En la siguiente tabla se muestra los factores utilizados y la ponderación establecida.

COEFICIENTE DE COMPACIDAD KC	25%
DENSIDAD DE DRENAJE DD	25%
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA PM	50%
CLASIFICACIÓN MORFOMÉTRICA	100%

TABLA 15. PONDERACIÓN DE FACTORES DE LA CLASIFICACIÓN MORFOMÉTRICA

El Coeficiente de Compacidad KC, es una relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia con la misma superficie de la cuenca. Una cuenca tiende a ser alargada si el índice de compacidad es mayor a 1.5, mientras que su forma es redonda, en la medida que el índice tiende a 1. Este factor es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más

rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base.

Para las 186 subcuencas estudiadas se obtuvieron índices de compacidad que oscilaron entre 1,290 y 2,525. En la siguiente tabla se muestra la calificación y rangos establecidos.

INTERVALO	1,290-1,360	1,361-1.467	1,468 - 1.846	1,847-2,390	2,391-2,525
CALIFICACIÓN	MUY BAJO	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

TABLA 16. ASIGNACIÓN DEL ÍNDICE COMPACIDAD

La Densidad de Drenaje DD, se refiere a la cantidad de drenajes expresada en términos de longitud, en la superficie de una cuenca en unidades de área. Principalmente se utiliza para determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca en cada uno de sus sectores, asumiendo directa proporcionalidad entre la densidad, la disponibilidad de agua y la energía de arrastre en un área determinada.

Para las 186 subcuencas estudiadas se obtuvieron valores de la densidad de drenaje que variaron entre 0,976 y 4,207, sin embargo el rango entre 3,060 – 4,207 corresponde a la densidad de drenaje en los embalses y ciénagas de la región y por tanto este se calificó como Muy Bajo en influencia ante una avenida torrencial generada por condiciones naturales de precipitación y no por apertura o ruptura de represas que sería un análisis independiente. En la siguiente tabla se muestra la calificación del resto de rangos establecidos.

INTERVALO	0,976-1,304	1,305-1,544	1,545– 2,104	2,105-2,430	2,431-3,059
CALIFICACIÓN	MUY BAJO	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

TABLA 17. Asignación del índice de densidad de drenaje

Para la realización del mapa de Pendiente Media PM, se trabajó con base a los rangos establecidos y al raster de pendientes utilizado en la zonificación de la amenaza por movimiento en masa, en donde se hizo un análisis estadístico zonal, estableciendo el valor promedio de pendiente para cada cuenca. Este temático es el que tiene mayor peso dentro del mapa de clasificación morfométrica debido que la inclinación del terreno, tiene gran acercamiento con la susceptibilidad a movimiento de remoción en masa y a procesos de incisión y socavación del cauce.

Además del mapa de Clasificación Morfométrica, como parte del algebra de mapas para la construcción del mapa de amenaza por torrencialidad se utilizaron los temáticos de Precipitación, Coberturas y Material Superficial, con los mismos valores de ponderación y clasificaciones establecidas para la construcción del mapa de susceptibilidad por movimiento

en masa mostrado anteriormente. No obstante, se introdujo en este estudio el mapa de Geomorfología o también denominado como de relieve regional.

Las cuencas torrenciales al igual que otros fenómenos como la susceptibilidad a movimiento en masa, están ligados a las características del relieve. Como se mencionó anteriormente las cuencas torrenciales, se asocian a frentes montañosos y zonas escarpadas; sin embargo en la región de CORNARE existen múltiples macro formas geomorfológicas, por lo que su delimitación fue significativa en la identificación de las cuencas con alta susceptibilidad.

Según Arias (1995), el relieve del centro del departamento de Antioquia y en especial el área en jurisdicción de CORNARE, está compuesto principalmente por altiplanos colinados o mejor

denominados como superficies de erosión, los escarpes que son franjas alargadas y estrechas de alta pendiente que separan los altiplanos, los frentes erosivos compuestos por cañones ramificados de alta incisión y los cañones lineales como el del río Medellín-Porce.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación y ponderación para cada una de las macro unidades geomorfológicas encontradas en la zona.

MACROUNIDAD	VALOR CLASIFICACIÓN
Superficie Aluvial del Río Magdalena	1
Superficie de Depositación Meza	1
Superficies de Erosión	2
Escarpes	5
Frente Erosivo del Cauca-Arma	5
Frente Erosivo del Magdalena	5
Cañón del Río Medellín-Porce	5
Cañón del Río Nus	5

TABLA 18. RECLASIFICACIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Por último para la obtención del mapa de amenaza por torrencialidad se ponderaron los diferentes temáticos y mediante un algebra de mapas se obtuvo el resultado.

FACTOR	PESO FACTOR (%)
Clasificación Morfométrica	30
Geomorfología	20
Precipitación	20
Materiales Superficiales	15
Cobertura Superficial	15
Total	100

TABLA 19. PONDERACIÓN DE FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD POR AVENIDA TORRENCIAL.

Al llevar a cabo este cruce de variables se encontró una dificultad por la diferencia del nivel de detalle del contenido de los datos, Clasificación morfométrica en formato raster, por provenir en gran medida de Bases de Datos con información detallada (HIDROSIG) y modelos digitales de terreno formato raster 30X30, tenía información confiable a tamaño de pixel de 30X30, pero el mapa de Material Superficial por provenir de una mapa en formato vector, escala 1:100.000, no tenía el mismo nivel de detalle.

Esta consideración oriento la decisión a desestimar el resultado de este análisis como un índice de clasificación superficial sectorial del territorio de la cuenca con relación a la susceptibilidad de ocurrencia de avenida torrencial y asumir el resultado como una clasificación de toda la cuenca, tomando este como indicativo del comportamiento torrencial de la cuenca, para obtener

esto, nuevamente se realizó un análisis estadístico zonal, donde se promedió para cada una de las 186 cuencas el valor de la amenaza y se clasificó como se muestra en la siguiente tabla.

INTERVALO	4,99-6,50	6,50-7,45	7,45-9,24	9,24-12,00	12,00-14,40
CALIFICACIÓN	MUY BAJO	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

TABLA 20. Asignación del índice de amenaza por avenida torrencial

Esta calificación del comportamiento torrencial, se asumió como la amenaza de eventos torrenciales en la cuenca, por cuanto no se tuvo información disponible con relación a la ocurrencia de eventos anteriores de avenida torrencial que pudieran ser tomados como datos para estimar un parámetro de recurrencia de eventos.

1.4.4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El procedimiento realizado para identificar la vulnerabilidad, entendida ésta como el grado de afectación o daños que puede sufrir una unidad social (familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica que la sustentan, se identifica a partir del nivel de exposición al evento, la magnitud del daño que puede causar y la resiliencia de la población o la capacidad de asimilación y recuperación de las personas, los bienes y el medio ambiente. Este grado de afectación se denomina para el análisis: vulnerabilidad.

Si bien se encontraron diferentes métodos para la estimación de vulnerabilidad de la población expuesta a eventos desastrosos, en ellos las formas de procesar la información se basan en el uso de indicadores de vulnerabilidad. La selección de estos indicadores varía según la escala de análisis y las características propias de cada lugar; por esta razón, puede concluirse que las metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad constituyen herramientas flexibles, que pueden y deben ser adaptadas de acuerdo a los requerimientos y posibilidades de cada estudio en particular.

En este caso, dada la imposibilidad de recolectar información por métodos directos que implican trabajo de campo se recurrió a las base de datos de entidades gubernamentales y privadas, facilitando con ello el proceso de análisis y disminuyendo el tiempo de trabajo; aunque conlleva la desventaja que la información no fue recogida teniendo en cuenta los objetivos de este análisis, lo cual puede introducir cierto margen de error al resultado. No obstante, en un futuro la vulnerabilidad de la población podrá conocerse por métodos directos y así actualizar los resultados de este estudio de riesgo.

Según MARLAH II / GTZ (2002) la vulnerabilidad se reconoce a partir de los procesos naturales en una región particular y de la interacción de las actividades humanas desarrolladas en esta región. En otras palabras, la vulnerabilidad puede ser analizada en función de las condiciones específicas de la relación entre el ser humano y los procesos de la naturaleza.

Se reconocieron para el análisis, los siguientes tipos de vulnerabilidad.

- Vulnerabilidad Ambiental
- Vulnerabilidad Económica
- Vulnerabilidad Física
- Vulnerabilidad Social.

En este trabajo se construye una aproximación a un índice de vulnerabilidad, sumando los diferentes valores hallados para cada tipo de vulnerabilidad.

1.4.4.1 VULNERABILIDAD AMBIENTAL:

Para la vulnerabilidad Ambiental se identificaron las áreas protegidas de orden nacional, regional y propuestas que existen en la jurisdicción de CORNARE, luego se determinó la cantidad de área protegida para cada uno de los núcleos zonales y posteriormente se realizó un cálculo del porcentaje de área protegida dentro de cada núcleo zonal, el resultado resultante genera una condición vulnerable a la cual se le asignó un valor de la siguiente manera:

PORCENTAJE (%)	VALOR
0-10	1
10-30	2
30-50	3
50-70	4
70-100	5

TABLA 21. VULNERABILIDAD AMBIENTAL

El valor del porcentaje se da debido a que las áreas protegidas son definidas geográficamente y son designadas, reguladas y administradas a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación por lo que su comprensión territorial se califica de mayor vulnerabilidad puesto que se refiere a especies bióticas de alta importancia ambiental que pueden ser afectadas, perturbadas o extinguidas en un momento dado.

Los valores obtenidos de la vulnerabilidad Ambiental se clasificaron así:

1	MUY BAJO
2	BAJO
3	MEDIO
4	ALTO
5	MUY ALTO

TABLA 22. CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL

1.4.4.2 VULNERABILIDAD ECONÓMICA:

Para la vulnerabilidad Económica se utilizó el siguiente esquema de trabajo.

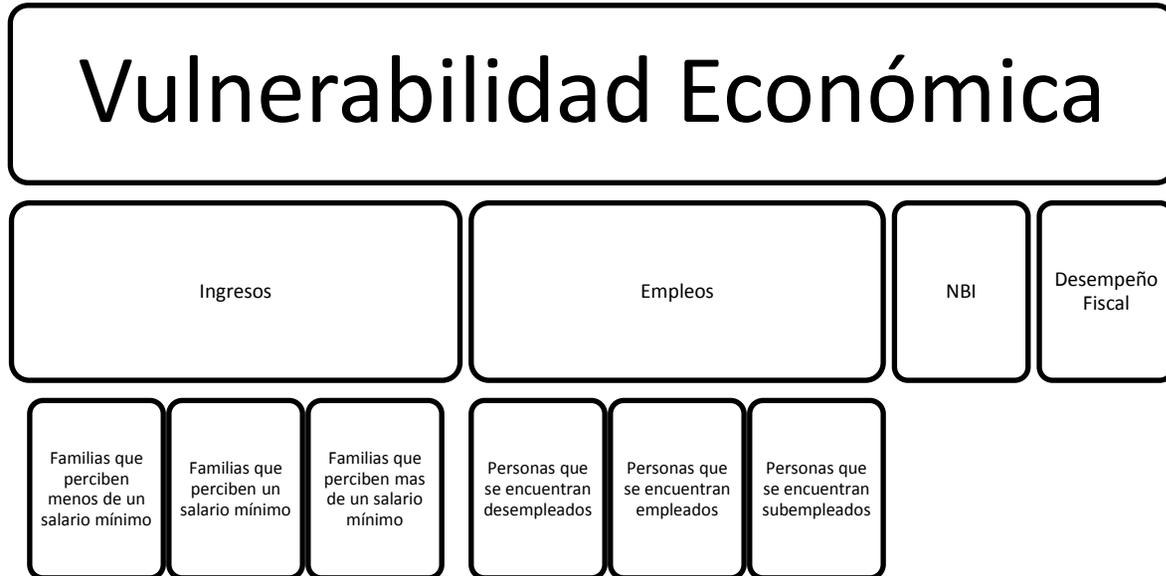


FIGURA 6. ESQUEMA DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Las variables fueron tomadas del sistema de información regional para la paz (SIRPAZ) donde se utilizó información de la versión 2007 y para los municipios donde no se obtuvo esta información se trabajó con las dos otras versiones del 2004 y 2001.

La información fue determinada por los núcleos zonales de cada municipio, donde se estableció el número total de familias y el total de personas, a la vez se tomó la información de cuantas familias percibían menos de un salario mínimo, un salario mínimo, más de un salario mínimo, personas que se encuentran desempleadas, empleadas y subempleadas.

Con la información obtenida se realizó un porcentaje de los ingresos cada ítem dividido por el número total de familias y los ítems de empleos por el número total de personas, con este porcentaje para cada una de las variables se dio un valor de la siguiente manera:

Porcentaje (%)	Valor Familias que perciben menos de un Salario mínimo	Valor Familias que perciben uno o más salarios mínimos	Personas que se encuentran desempleadas	Personas que se encuentran empleadas o subempleadas
0-10	1	5	1	5
10-30	2	4	2	4
30-60	3	3	3	3
60-80	4	2	4	2
80-100	5	1	5	1

TABLA 23. CLASIFICACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE INGRESOS Y EMPLEOS

Una vez obtenidos los valores de cada ítem se sumó para cada una de las variables de ingresos y empleos y se asignó un valor con base en la siguiente clasificación de la sumatoria.

Sumatoria	Valor
0-3	1
3-6	2
6-9	3
9-12	4
12-15	5

TABLA 24. RECLASIFICACIÓN DE LOS VALORES DE INGRESOS Y EMPLEOS

El NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) es una metodología utilizada por el DANE para determinar con ayuda de algunos indicadores simples, si las necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas. Los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado, son clasificados como pobres. Los indicadores simples seleccionados, son: Viviendas inadecuadas, Viviendas con hacinamiento crítico, Viviendas con servicios inadecuados, Viviendas con alta dependencia económica, Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela. Esta metodología arroja un porcentaje el cual se clasificó y se dio valor de la siguiente manera.

Porcentaje (%)	Valor
0-15	1
15-25	2
25-35	3
35-45	4
>45	5

TABLA 25. RECLASIFICACIÓN DEL VALOR DEL NBI

Según el desempeño fiscal de los municipios que realiza el Departamento Nacional de Planeación, donde se dio un valor de 0 a 100 puntos identificando que una entidad cercana a 100 significa: Buen balance en su desempeño fiscal, Suficientes recursos para sostener su funcionamiento, Cumplimiento a los límites de gasto de funcionamiento según la Ley 617/00, Importante nivel de recursos propios (solvencia tributaria) como contrapartida a los recursos de SGP, Altos niveles de inversión, Adecuada capacidad de respaldo de su deuda, Generación de ahorro corriente, necesario para garantizar, su solvencia financiera.

Con base en este puntaje se estableció una calificación para cada municipio de la siguiente manera:

Porcentaje (%)	Valor
0-10	1
10-30	2
30-60	3
60-80	4
80-100	5

TABLA 26. RECLASIFICACIÓN DEL VALOR DEL DESEMPEÑO FISCAL

Obtenidos el valor de las variables de ingresos, empleos, NBI y Desempeño Fiscal se realizó una suma ponderada asignado los siguientes valores:

EMPLEOS	30%
INGRESOS	30%
NBI	20%
DESEMPEÑO FISCAL	20%

TABLA 27. PONDERACIÓN DE VARIABLES DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Los valores obtenidos de la vulnerabilidad Económica se clasificaron así:

1	MUY BAJO
2	BAJO
3	MEDIO
4	ALTO
5	MUY ALTO

TABLA 28. CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA

1.4.4.3 VULNERABILIDAD FÍSICA

Para la vulnerabilidad Física se utilizó el siguiente esquema de trabajo.



FIGURA 7. ESQUEMA DE VULNERABILIDAD FÍSICA

Las variables fueron tomadas del sistema de información regional para la paz (SIRPAZ) donde se utilizó información de la versión 2007 y para los municipios donde no se obtuvo esta información se trabajó con las versiones del 2004 y 2001.

La información fue determinada para cada núcleo zonal de cada municipio donde se estableció el área del núcleo zonal, la longitud de vías en kilómetros por núcleo zonal, el número de viviendas por núcleo zonal, viviendas que requieren mejoras, viviendas que se encuentran en riesgo (el riesgo que aquí se determina está asociada a cualquier tipo de amenaza en el que se encontrara la vivienda al momento de la visita).

Para la densidad de vías se calculó realizando una división entre la longitud de vías y el área del núcleo zonal, el resultado se clasifico de la siguiente manera.

Densidad	Valor
0-0.001	1
0.001-0.0025	2
0.0025-0.0035	3
0.0035-0.005	4
0.005-0.016	5

TABLA 29. RECLASIFICACIÓN DE LA DENSIDAD DE VÍAS

La densidad viviendas se calculó realizando una división entre el número de viviendas y el área del núcleo zonal, el resultado se clasifico y se dio un valor de la siguiente forma.

Densidad	Valor
0-0.05	1
0.05-0.1	2
0.1-0.2	3
0.2-0.3	4
0.3-0.5	5

TABLA 30. RECLASIFICACIÓN DE LA DENSIDAD DE VIVIENDAS

Para la calidad de vivienda se calculó un porcentaje derivado del cruce de cada ítem de viviendas que requieren mejoras y viviendas en zonas de riesgo con el número total de viviendas donde se clasificó y se le dio un valor de la siguiente manera:

Porcentaje (%)	Valor
0-10	1
10-30	2
30-60	3
60-80	4
80-100	5

TABLA 31. RECLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES PARA CALIDAD DE VIVIENDAS

Obtenidos estos valores se realizó una suma ponderada entre los valores de la siguiente manera

VIVIENDAS QUE REQUIEREN MEJORAS	60%
VIVIENDAS EN ZONAS DE RIESGO	40%

TABLA 32. RECLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE VIVIENDAS

Después de obtenidos los valores de densidad de vías, densidad de viviendas y calidad de vivienda se realizó una suma ponderada donde se determinó el valor de vulnerabilidad física, los valores establecidos para la ponderación son los siguientes:

DENSIDAD DE VÍAS	40%
DENSIDAD DE VIVIENDAS	40%
CALIDAD DE VIVIENDAS	20%

TABLA 33. PONDERACIÓN DE LOS VALORES DE VULNERABILIDAD FÍSICA

Los valores obtenidos para la vulnerabilidad física se agruparon de la siguiente forma.

1	MUY BAJO
2	BAJO
3	MEDIO
4	ALTO
5	MUY ALTO

TABLA 34. CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA

1.4.4.4 VULNERABILIDAD SOCIAL

Para la vulnerabilidad social se utilizó el esquema de trabajo que presenta en la figura 8. Las variables fueron tomadas del sistema de información regional para la paz (SIRPAZ) donde se utilizó información de la versión 2007 y para los municipios donde no se obtuvo esta información se trabajó con las versiones del 2004 y 2001.

La información fue determinada por los núcleos zonales de cada municipio, donde se estableció el número total de personas, el número total veredas, personas analfabetas, presencia de organizaciones comunitarias (juntas de acción comunal), participación en la gestión del territorio

(participación en la elaboración de presupuestos municipales) y población con menos capacidad de respuesta (sumatoria de niños entre 0 y 13 años, adulto mayor 50 en adelante, personas discapacitadas, mujeres cabeza de familia y madres gestantes).

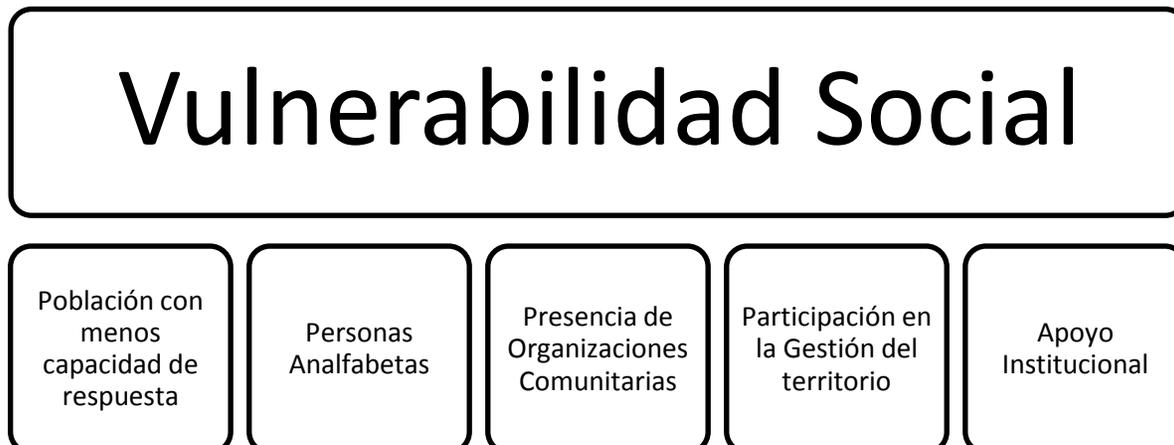


FIGURA 8. ESQUEMA DE VULNERABILIDAD SOCIAL.

Con esta información se calculó un porcentaje de cada variable por el número total de personas o el número total de veredas dependiendo del caso, los porcentajes obtenidos se les asignó un valor de la siguiente manera:

Porcentaje (%)	Personas con menos capacidad de respuesta y personas analfabetas	Presencia de Organizaciones Comunitarias	Participación en la gestión del territorio
0-10	1	1	5
10-30	2	2	4
30-60	3	3	3
60-80	4	4	2
80-100	5	5	1

TABLA 35. Reclasificación de variables de vulnerabilidad social

El apoyo institucional fue determinado con base en las instituciones que se tienen para la atención de emergencias, el grado de fortalecimiento y la capacidad de respuesta ante una emergencia.

Se consultó en cada uno de los municipios si cuentan con organizaciones como: Defensa Civil, Cruz Roja, Bomberos y si cuentan con máquina de bomberos, para éstos ítemes se asignó un valor de cero (0) a los que respondieron SI y un Valor de uno (1) a los que respondieron NO. Para el grado de fortalecimiento del CLOPAD se realizó una sumatoria de los SI y NO con las especificaciones establecidas en la siguiente tabla.

GRADO DE FORTALECIMIENTO
CONFORMACIÓN POR DECRETO CLOPAD
TIENEN CONFORMADAS LAS COMISIONES
TIENEN PLAN OPERATIVO
PLEC
CADENA DE LLAMADAS
INVENTARIO DE RECURSOS
PUESTO DE MANDO UNIFICADO
SITIOS DE ALBERGUE

TABLA 36. VARIABLES DEL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Luego se determinó la capacidad de respuesta teniendo en cuenta el criterio de los equipos interdisciplinarios de profesionales que visitaron los municipios, en una calificación de uno (1) a cinco (5). Por último cada uno de estos ítems fueron sumados y el resultado fue clasificado de la siguiente manera:

SUMATORIA	VALOR
1-3	1
3-6	2
6-9	3
9-12	4
12-17	5

TABLA 37. RECLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD DE RESPUESTA

Obtenidos estos valores se realizó una suma ponderada de las variables para obtener la vulnerabilidad social, los valores de la ponderación son los siguientes:

POBLACIÓN CON MENOS CAPACIDAD DE RESPUESTA	20%
PERSONAS ANALFABETAS	20%
ORGANIZACIONES COMUNITARIAS	15%
PARTICIPACIÓN EN ORGANIZACIÓN DEL TERRITORIO	25%
APOYO INSTITUCIONAL	20%

TABLA 38. PONDERACIÓN DE LAS VARIABLES DE VULNERABILIDAD SOCIAL

Los valores obtenidos de la vulnerabilidad Social se clasificaron así:

1	MUY BAJO
2	BAJO
3	MEDIO
4	ALTO
5	MUY ALTO

TABLA 39. CLASIFICACIÓN VULNERABILIDAD SOCIAL.

Una vez obtenidos los valores de calificación para cada una de las vulnerabilidades por núcleo zonal, se realiza una suma ponderada de las vulnerabilidades de la siguiente manera.

VULNERABILIDAD AMBIENTAL	15%
VULNERABILIDAD ECONÓMICA	30%
VULNERABILIDAD FÍSICA	25%
VULNERABILIDAD SOCIAL	30%
VULNERABILIDAD TOTAL	100%

TABLA 40. FACTOR DE PONDERACIÓN DE VULNERABILIDADES SECTORIALES

Obtenidos los valores de la vulnerabilidad total estos son clasificados de la siguiente manera.

VALOR	CALIFICACIÓN	
0-2.2	1	MUY BAJO
2.2-2.5	2	BAJO
2.5-3.0	3	MEDIO
3.0-3.3	4	ALTO
3.3-5	5	MUY ALTO

TABLA 41. ASIGNACIÓN DE ÍNDICE A LA VULNERABILIDAD TOTAL

1.4.5 ANALISIS DE RIESGO

La zonificación de amenazas por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa se cruza con los niveles de vulnerabilidad identificados para determinar el nivel de riesgo que presenta la población, la infraestructura y el ambiente. El siguiente es el criterio de ponderación.

Factor	Peso Factor (%)
Amenaza	70
Vulnerabilidad	30

TABLA 42. PONDERACIÓN DE FACTORES DE RIESGO.

El valor de ponderación asignado a la vulnerabilidad se decide por el origen de la información que da lugar a la misma, esta información proviene de censos encuestas de años atrás que han sido realizadas por otras instituciones con finalidades diferentes a este estudio.

Realizada la ponderación de cada uno de los mapas de amenaza por movimiento en masa, inundación y avenida torrencial con el de vulnerabilidad de obtuvieron unos los valores de riesgo para cada caso. Para el análisis de riesgo por movimiento en masa se clasificaron en cinco valores de la siguiente manera.

INTERVALO	1,82-3,2	3,2-3,9	3,9-4,8	4,8-5,4	5,4-6,369
CALIFICACION	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO

TABLA 43. ASIGNACIÓN DE ÍNDICE DE RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA

Los niveles de Riesgo por Inundación se clasifican en los siguientes intervalos:

INTERVALO	1,28-1,91	1,91-2,61	2,61-3,24	3,24-4,01	4,01-4,76
CALIFICACIÓN	MUY BAJO	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

TABLA 44. ASIGNACIÓN DE ÍNDICE DE RIESGO POR INUNDACIÓN

Los mapas de zonas de control y el mapa de riesgo por inundación son complementarios pues el primero define donde tiene origen un evento de inundación en una cuenca y el segundo donde ocurren los afectos de la ocurrencia del evento; así mismo se puede deducir

de esta relación de causa-efecto que, en primer lugar, para controlar la ocurrencia de los eventos de inundación, se debe incidir sobre las zonas de control.

La calificación de las cuencas según su nivel de comportamiento torrencial se cruzó con los valores del mapa de vulnerabilidad total disponible para obtener el riesgo de la cuenca por avenida torrencial, los diferentes valores del índice hallado se agruparon en intervalos para calificar el nivel de riesgo según la siguiente tabla.

INTERVALO	4.19-5.558	5.558-7.162	7.162-8.445	8.445-9.969	9.969-11.44
CALIFICACIÓN	MUY BAJO	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA

TABLA 45. ASIGNACIÓN DE ÍNDICE DE RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL

1.4.6 MAPAS DE RIESGO PARA CADA MUNICIPIO

Para la elaboración de los mapas de riesgo por movimiento en masa, inundación o avenida torrencial para cada municipio, los profesionales asignados acudieron al siguiente procedimiento:

- Evaluación y análisis de los mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo escala 1:25000 para la región
- Análisis de imágenes del municipio en cuestión
- Evaluación y análisis de los recorridos de campo realizados según perfiles característicos trazados por los profesionales y visitas realizadas a los procesos erosivos detectados a través de la interpretación de imágenes o de encuestas y reportes presentados por líderes de la comunidad y por las administraciones municipales.



**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS
EROSIVOS EN LOS 26 MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.
CONVENIO CORNARE-GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA N° 2011-CF-12-0051 Y 217-2011
MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL**



- Análisis específico de las características y comportamiento propio de cada municipio recorrido en relación con los resultados de la cartografía regional y a partir de allí validación y ajuste de los mapas locales.
- Para las áreas urbanas, dadas las exigencias de un análisis de vulnerabilidad específico, el cual desborda los presupuestos metodológicos, económicos y en tiempo de este trabajo, se efectuó la revisión y validación-actualización de las zonificaciones de amenaza existentes desde 1994, los cuales fueron financiados por FOPREVE y CORNARE y que comprendían escalas de trabajo entre 1:2000 y 1:5000, para cabeceras de municipios y centros poblados. Así mismo se tuvieron en cuenta todos los trabajos de actualización que se han efectuado por parte de los municipios o de CORNARE, principalmente en el caso de evaluación de riesgos en el área urbana del municipio de Rionegro y los trabajos realizados por CORNARE en alianza con los municipios acerca de estudios hidrológicos e hidráulicos en las principales corrientes hídricas de las cabeceras municipales.

2 CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se describen los mapas obtenidos en el análisis de riesgo, discriminando los diferentes niveles de riesgo que presenta el municipio en su territorio, con relación a los eventos considerados.

La distribución de riesgos que da lugar a la zonificación se describe con relación a las veredas como unidad administrativa.

2.1 DESCRIPCIÓN DE MAPAS TEMATICOS

2.1.1 PENDIENTES

La descripción se basa en el Mapa de pendientes del municipio, escala 1: 25.000 de la cartografía SIAR-CORNARE (2.011), que agrupa las pendientes en 5 clases, desde 0% hasta de más del 75%, lo general es que la inclinación de las laderas aumenta con la elevación sobre el nivel del mar, por lo que buena parte de las áreas con pendientes mayores del 75% se encuentran en las cotas superiores, la figura 3 contiene el mapa de pendientes, con los valores de las cinco categorías, las que a continuación se describen dentro del contexto del territorio.

Rango 0% y 12%

Las tierras de menor inclinación en El Carmen se encuentran concentradas en el área del Altiplano al norte del municipio, en la cuenca de la quebrada La Cimarrona y al occidente en la cuenca de la quebrada La Pereira, también hay áreas de poca extensión en las partes bajas de las vertientes en una franja de tierras paralela a los cauces de los ríos Santo Domingo y Melcocho, en las veredas Santo Domingo, Santa Rita, La Represa, Santa Inés, El Brasil y Quebradona

Rango 12%- 35%

La mayor parte del área del municipio se encuentra en tierras con pendientes entre el 12% y el 35%, pero muy mezcladas con pendientes entre el 35% en forma homogénea en el centro hacia el occidente y el sur y en el sector noroccidental. (Quirama, Aguas Claras, Guamito, El Salado)

Rango 35% - >75%

Este rango de pendiente predomina en las tierras del sur del municipio, parte del centro oriente y nororiente y en el centro occidente en sectores de las partes altas de las veredas San Vicente, La Esperanza, La Hundica, Viboral, La Chapa, La Milagrosa, El Cerro y Campoalegre.

En la figura 9 se puede observar el mapa de pendientes del municipio de El Carmen de Viboral.

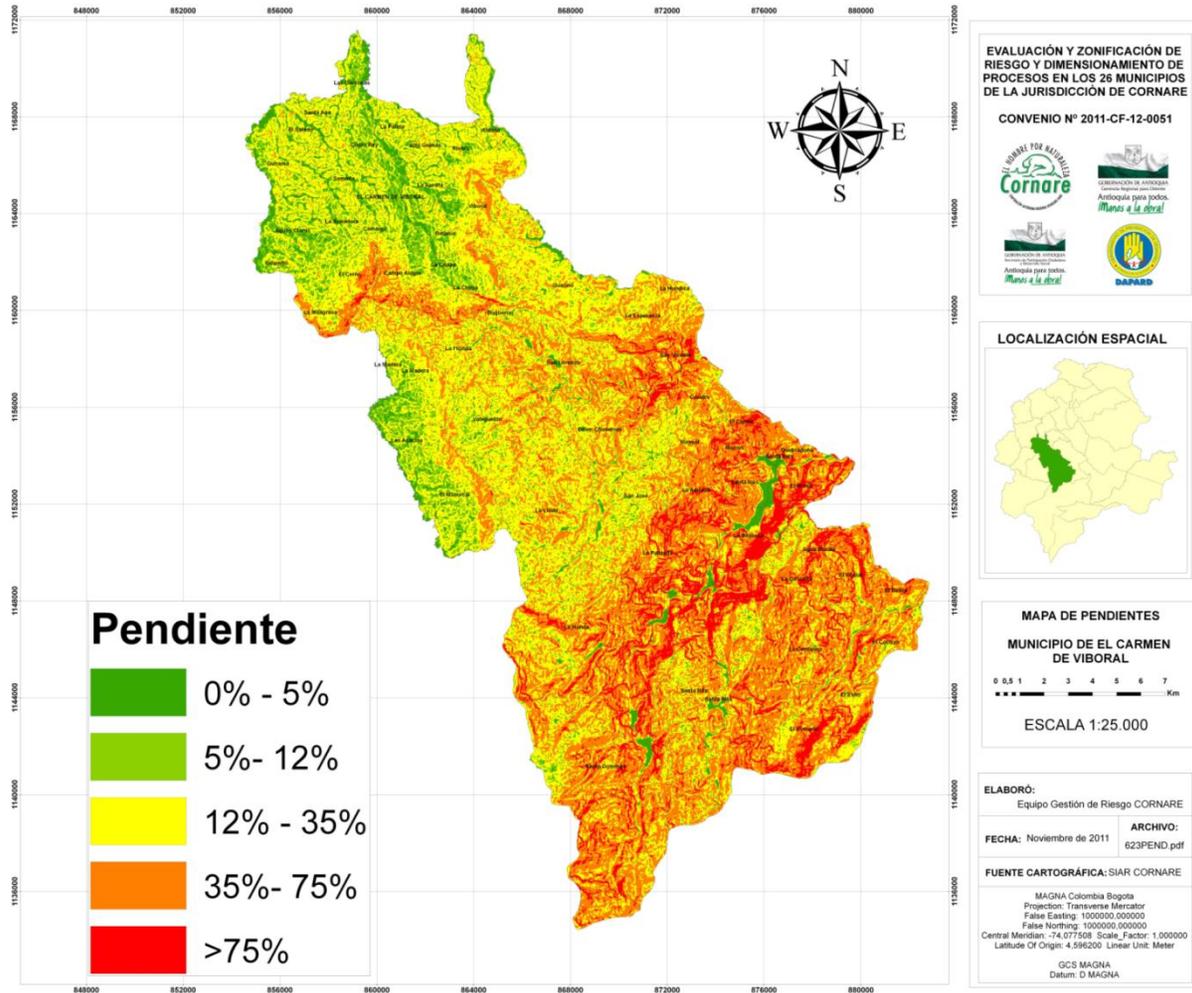


FIGURA 9. MAPA DE PENDIENTES MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

2.1.2 MATERIALES SUPERFICIALES

La distribución de los materiales, muestra cinco zonas diferenciadas en la extensión del territorio.

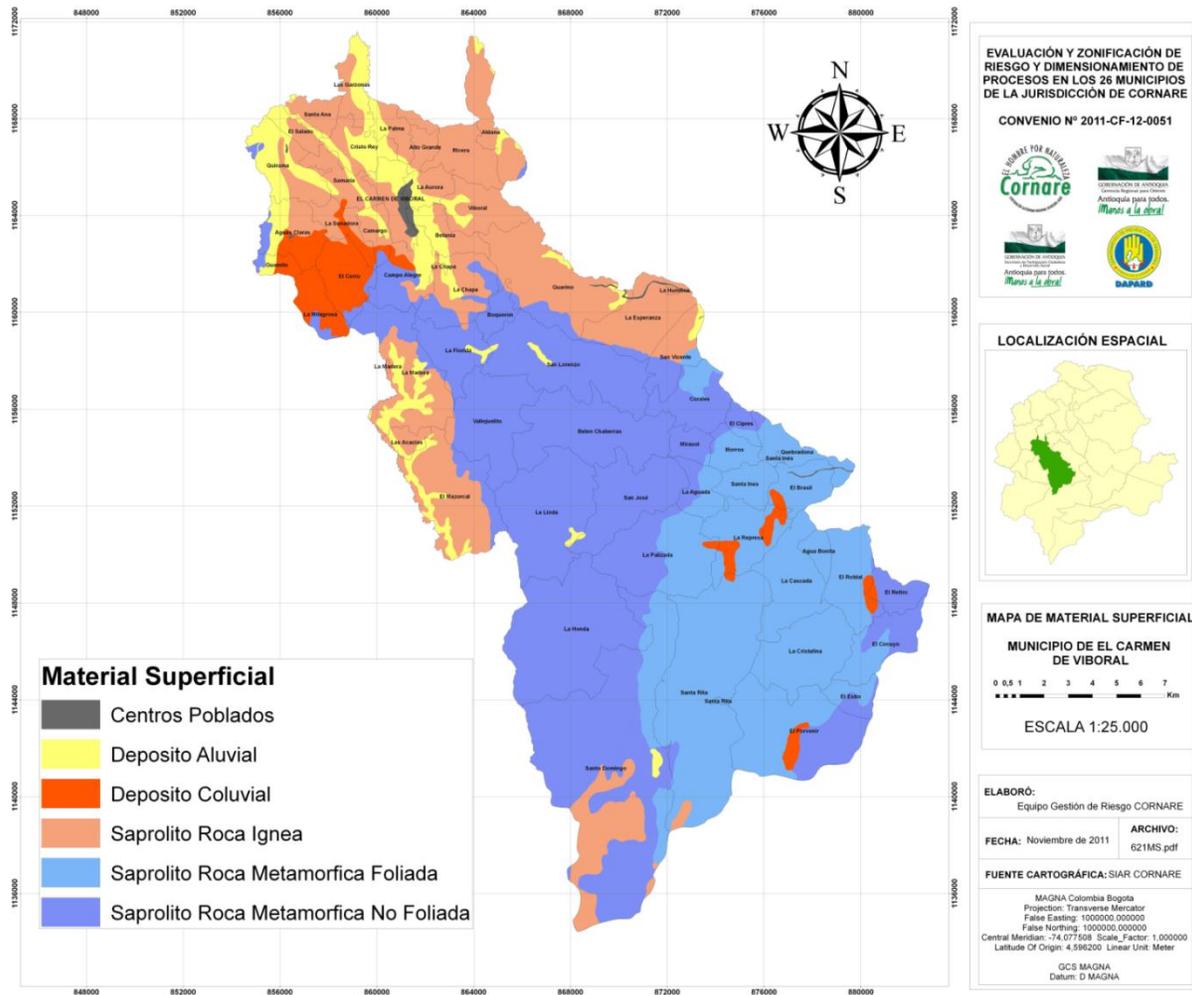


FIGURA 10. MAPA DE MATERIAL SUPERFICIAL DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

Zona uno. Sapolito roca metamórfica, reúne los materiales generados a partir de rocas metamórficas foliadas y no foliadas; esta zona es la de mayor extensión en el municipio y cubre casi el 55% del municipio. Este material se extiende de forma continua desde el centro del municipio, hasta el extremo sur, pueden verse unas áreas pequeñas con este material, ubicadas hacia el costado occidental. El sapolito se deriva de los diferentes tipos de rocas que se encuentran en la zona: anfibolitas, neises y esquistos, que en muchos sitios pueden diferenciarse y en algunos se presentan intercalados entre sí y con otros materiales especialmente la roca ígnea intrusiva. Estos suelos, principalmente los derivados de neises y esquistos, son de textura finas, presentan con frecuencia estructuras laminares heredadas de la estructura de la roca parental y su estabilidad es pobre. Esta unidad de sapolito modela las vertientes de los ríos que delimitan el municipio por los costados occidental, norte y sur y también en la parte centro occidental, donde los procesos erosivos han sido menores y aún no ha sido descubierto las rocas que subyacen del cuerpo intrusivo.

La unidad de saprolito de roca metamórfica, muestra dos sectores, uno corresponde al originado a partir de la roca no foliada, localizado en el centro, este material conforma un terreno con pendiente predominante de 12% a 35%, con presencia también de terrenos con pendiente de 35% a 75% en proporción menor y también de áreas pequeñas con pendiente mayor de 75% hacia el costado centro oriental. En estas áreas predomina la cobertura vegetal de bosque, con zonas dispersas de pasto de menor extensión. El segundo sector corresponde a los materiales derivados de las rocas metamórficas foliadas, se localizan hacia el extremo sur de municipio, en este material predominan pendientes de 35% a 75% y también se presentan zonas con pendiente mayor de 75%, en menor proporción se ven áreas poco extensas con pendiente entre 12% y 35%.

Zona dos. Saprolito ígneo, es un material muy localizado hacia el extremo norte, los costados centro occidente y centro oriente y también una zona aislada que se observa en el extremo sur; la cobertura de este material es aproximadamente 30% de la superficie. Estos materiales se derivan de las rocas intrusivas que constituyen el Batolito de Sonsón, las cuales son, en mayor proporción dioritas y cuarzo dioritas y en menor proporción se pueden encontrar otros materiales ígneos plutónicos. Los suelos presentes son de textura generalmente areno limosa, y en muchos sitios estos suelos contienen fragmentos de roca de forma sub redondeada y redondeada, que provienen de la meteorización esferoidal, propia de esta roca. El comportamiento de estos materiales, en relación con la estabilidad mecánica, es bueno, pues, en condiciones naturales, tienen elevada capacidad portante, elevado coeficiente de fricción y ángulo de reposo, sin embargo este buen comportamiento mecánico se reduce de forma significativa por la presencia y acción del agua que esta zona es abundante y que puede favorecer, en estos materiales, la ocurrencia de procesos erosivos intensos, que unidos a la acción de la gravedad sobre los bloques inmersos en la matriz areno limosa, llegan a desestabilizar grandes extensiones de terreno.

La unidad de saprolito de roca ígnea está en gran mayoría con una cobertura en superficie de cultivo transitorio y en algunos sectores hay zonas con bosque y también áreas pequeñas con pastos. La pendiente que predomina en el terreno es de 12% a 35%, intercalada con pendiente de 5% a 12%, siendo más abundante el primer rango.

Zona tres. Depósitos aluviales, este material se presenta en terrenos que forman franjas alargadas, casi todas concentradas en el sector norte, también se ve una franja en el costado centro occidente y unas pequeñas y cortas dispersas en la parte central, cubren una extensión cercana al 12%. Estos materiales son variados en su textura y en su estructura, son acumulaciones de materiales que tienen origen en el material que transportan las corrientes; por su origen, son generalmente materiales sueltos, y granulares, lo que los hace frágiles y deleznable, también con alta porosidad y permeabilidad lo que facilita la presencia y conducción de agua, estas condiciones confiere a los materiales un comportamiento mecánico inestable. Los terrenos de estos materiales generalmente presentan pendiente suave entre 0% y 12%, predominando los valores de 0% a 5%. La cobertura superficial de esas zonas es variable y similar a la de los terrenos circundantes, generalmente cultivos transitorios o de pastos o también bosques.

Zona cuatro. Depósito Coluvial, este material cubre cerca del 8%, se distribuyen en dos sectores uno de mayor tamaño en el costado noroccidental y otros pequeños sectores en el extremo sur oriental. Estos materiales surgen de la acumulación de materiales desprendidos de las vertientes; son también materiales generalmente sueltos y granulares heterogéneos, lo que los hace frágiles y deleznable, estas condiciones los confiere un comportamiento mecánico inestable. Los terrenos de estos materiales generalmente presentan pendiente moderada entre 5% y 35%, predominando los valores de 12% a 35%; también pueden verse terrenos con pendiente entre 35% y 75%. La cobertura superficial de esas zonas es variable y similar a la de los terrenos circundantes, generalmente cultivos transitorios o de pastos o también bosques.

2.1.3 PRECIPITACION

Se describe la variación espacial de la precipitación través de la geografía del territorio municipal con base en el mapa de precipitación escala 1: 25.000 de-SIAR-CORNARE 2.011 que presenta como límites de precipitación 2.142 mm y 3122 mm diferencia que se divide en 5 rangos representados en igual número de franja del territorio con esa cantidad de lluvia, estos límites se aprecian en la Figura 5. Estas magnitudes son inferiores a los reportes de las estaciones climatológicas, no obstante su utilidad está en mostrar como oscila espacialmente la cantidad de precipitación y la identificación de áreas donde cae igual cantidad de lluvia.

La variación geográfica de la precipitación se manifiesta en forma de incremento en dos direcciones, de norte a sur y de occidente a oriente, está distribuida en cinco franjas de tierras de forma alargada en el sentido norte-sur, los límites de precipitación o el rango de lluvia en cada franja y las veredas donde ocurren se presentan en el mapa de la Figura 11

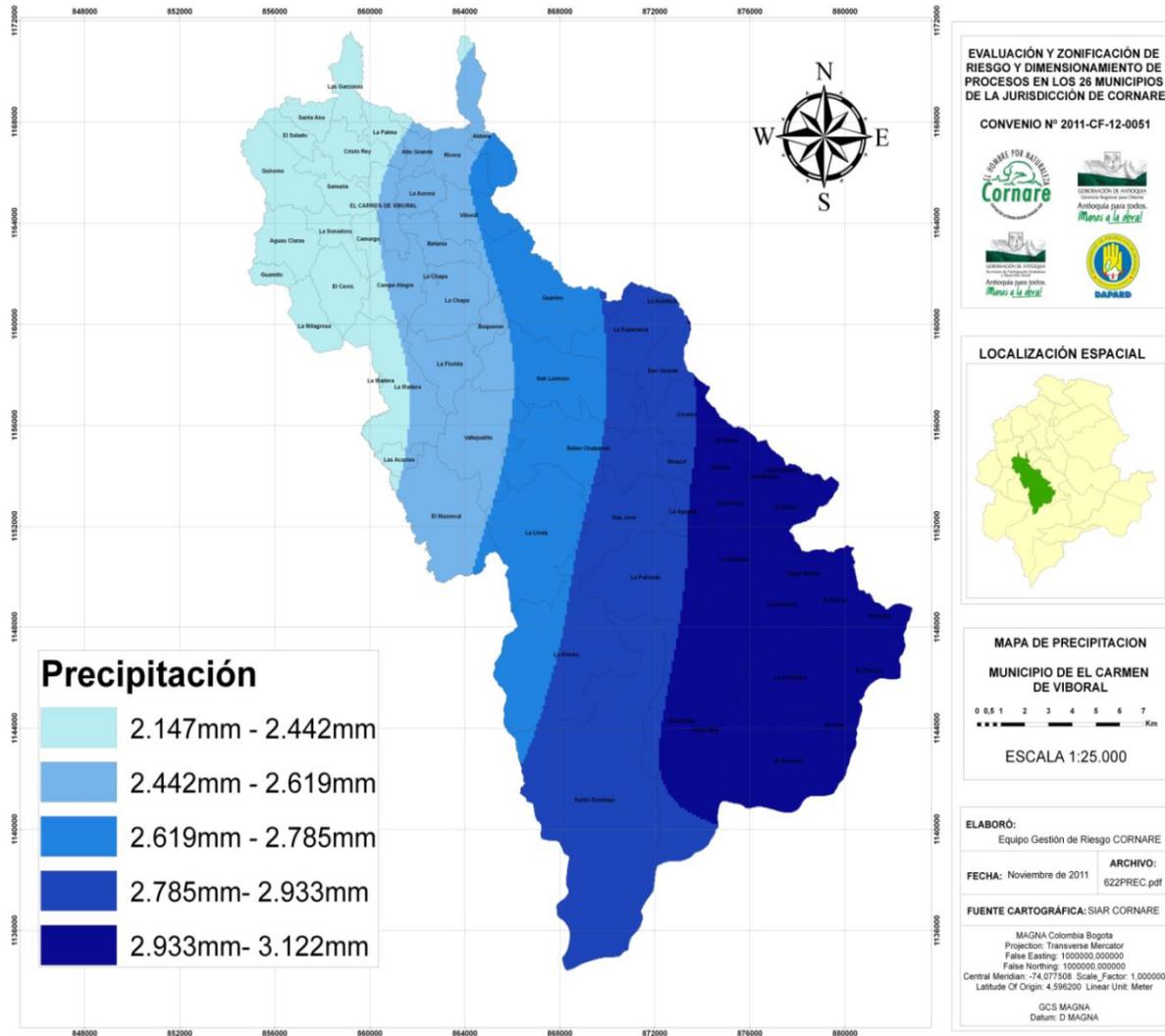


FIGURA 11. MAPA DE PRECIPITACION DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

En algunas veredas por la forma y amplitud del territorio se dan tres rangos de precipitación en la Tabla 46 (abajo) se muestran las veredas y las proporciones aproximadas de la extensión de su territorio en cada uno de los rangos de precipitación

NO	NOMBRE	NO 1	NO 2	NO 3	NO 4	NO 5	NO RANGOS
1	Agua Bonita					100	1
2	Aguas Claras	100					1
3	Aldana	10	50	40			3
4	Alto Grande	5	95				2
5	Belén Chaverras		1	65	34		3
6	Betania		100				1
7	Boquerón		99	1			2
8	Camargo	90	10				2
9	Campo Alegre	35	65				2
10	Corales				67	33	2
11	Cristo Rey	100					1
12	El Brasil					100	1
13	El Cerro	100					1
14	El Ciprés					100	1
15	El Cocuyo					100	1
16	El Estío					100	1
17	El Mazorcal	3	90	7			3
18	El Porvenir					100	1
19	El Retiro					100	1
20	El Roblal					100	1
21	El Salado	100					1
22	Guamito	100					1
23	Guarino		10	85	5		3
24	La Aguada				50	50	2
25	La Aurora		100				1
26	La Cascada					100	1
27	La Chapa		100				1
28	La Cristalina					100	1
29	La Esperanza			25	75		2
30	La Florida		100				1
31	La Honda			50	50		2
32	La Hundica				100		1
33	La Linda		2	96	2		3
34	La Madera	67	33				2
35	La Milagrosa	100					1
36	La Palizada				85	15	2
37	La Palma	80	20				2
38	La Represa					100	1
39	La Sonadora	100					1

NO	NOMBRE	NO 1	NO 2	NO 3	NO 4	NO 5	NO RANGOS
40	Las Acacias	65	35				2
41	Las Garzonas	100					1
42	Mirasol				85	15	2
43	Morros					100	1
44	Quebradona					100	1
45	Quirama	100					1
46	Rivera		75	25			2
47	Samaria	100					1
48	San José			3	97		2
49	San Lorenzo		15	70	15		3
50	San Vicente				100		1
51	Santa Ana	100					1
52	Santa Ines					100	1
53	Santa Rita				25	75	2
54	Santa Rosa					100	1
55	Santo Domingo			3	97		2
56	Vallejuelito		90	10			2
57	Viboral		60	40			2
58	Zona Urbana	20	80				2

TABLA 46 PORCENTAJE DE ÁREA EN LOS RANGOS DE PRECIPITACIÓN POR VEREDA

2.1.4 COBERTURAS

Bosque Natural

Es la cobertura con mayor extensión en el municipio, se encuentra concentrada desde el centro hacia el sur del territorio, la mayor parte de la superficie se encuentra en el centro-oriente y sur-occidente, donde es la cobertura predominante en el paisaje, no obstante ser la cobertura dominante esta está fragmentada, en el sur principalmente por franjas en pastos, en tierras de la parte alta de la cuenca del río Santo Domingo, veredas Santa Rita, Santo Domingo, La Honda, El Porvenir, en el centro si bien es la cobertura dominante, está fragmentada por áreas en pasto y otras de menor extensión bajo cobertura de rastrojo y algunos fragmentos de cultivos transitorios, en las veredas La Palizada, La Represa, La Linda, Belén Chaverras, San José, La Esperanza, Guarinó y Corales.

La cobertura o ecosistema de bosque natural, dominante en la cuenca del río Samaná Norte, donde el municipio tiene parte de su jurisdicción, le confiere al territorio características como una “zona ecológicamente frágil que hace parte de la zona de endemismo del Nechí con numerosas especies animales y vegetales exclusivas, cuya conservación se justifica por la urgencia de desacelerar otros procesos de profundo impacto dentro y fuera de la región, tales como el agotamiento y sedimentación de fuentes de agua, la erosión acelerada, la disminución de la fauna silvestre y el empobrecimiento de sus habitantes” (CORNARE 2007).

Cultivos Transitorios

La mayor parte del área con uso agrícola del municipio se dedica a los cultivos transitorios y es la segunda cobertura en extensión después del Bosque natural, el sector con la mayor superficie está ubicado en la parte norte, donde es la cobertura predominante y casi exclusiva en el paisaje, establecida en tierras con pendientes que varían entre 0% y 35% de las veredas Santa Ana, Las Garzonas, El Salado, Quirama, La Sonadora, Aguas Claras, Camargo, Betania, Alto Grande, El Cerro, Aldana, Guamito, Rivera, La Chapa, Viboral, Alto Grande, La Palma. Otro sector, el segundo en extensión, se localiza en el centro-occidente en límites con el municipio de La Unión, donde también predomina, sobre tierras con pendientes que fluctúan entre 12% y 35% en las veredas La Madera, Las Acacias, El Mazorcal, Vallejuelito y La Florida. Un tercer sector, en orden de mayor a menor extensión, se encuentra en una franja de tierras al sur oriente, en límites con Cocorná y Sonsón, en las veredas El Retiro y El Cocuyo donde constituye la cobertura predominante, y un poco más al occidente de estas veredas, en El Roble, La Cristalina y el Estío abarca entre el 40% y 50% del área total, distribuida en terrenos más o menos extensos y en numerosos fragmentos de menor superficie, muchos de estos conectados entre sí, la pendientes predominantes fluctúan entre el 35% y 75%. (Véase la Figura 12).

También hay fragmentos notorios por su extensión, en el centro occidente límites con Cocorná, donde un fragmento cubre territorio de las veredas La Esperanza, San Vicente y La Hundica, sobre pendientes entre el 12% y 75% en una zona de alta pluviosidad, también otros fragmentos y áreas de menor extensión, en la vereda San Lorenzo al centro, y en las veredas La Linda, La Honda y Santa Rita al sur occidente.

Los principales cultivos transitorios en el municipio son frijol, maíz, papa, arracacha, habichuela y hortalizas. (IDEA-UN 2006) El uso agrícola especialmente en los cultivos transitorios incluye entre sus prácticas el empleo indiscriminado de agroquímicos. El transporte de estas sustancias constituye en una amenaza importante en el municipio (Informe CLOPAD 2011).

Pastos

Esta cobertura se encuentra a través de municipio, la mayor parte del área y las tierras con mayor extensión bajo pastos se concentran al sur, en terrenos con pendientes son mayores del 35%, sobresale la magnitud que alcanza en la vereda Santa Rita, seguida por La Honda, Santo Domingo y El Porvenir. Un poco más hacia el norte en tierras con pendientes entre el 12% y 75%, hay fragmentos de tamaño medio y de forma alargada que cubren tierras de las veredas La Palizada, Santa Inés y La Aguada. En el centro-occidente, hay fragmentos más o menos extensos, algunos de forma alargada, en terreno de las veredas La Linda, Vallejuelitos, Belén Chaberras, el sur del Mazorcal y hacia el norte se conectan con los fragmentos de la vereda San Lorenzo.

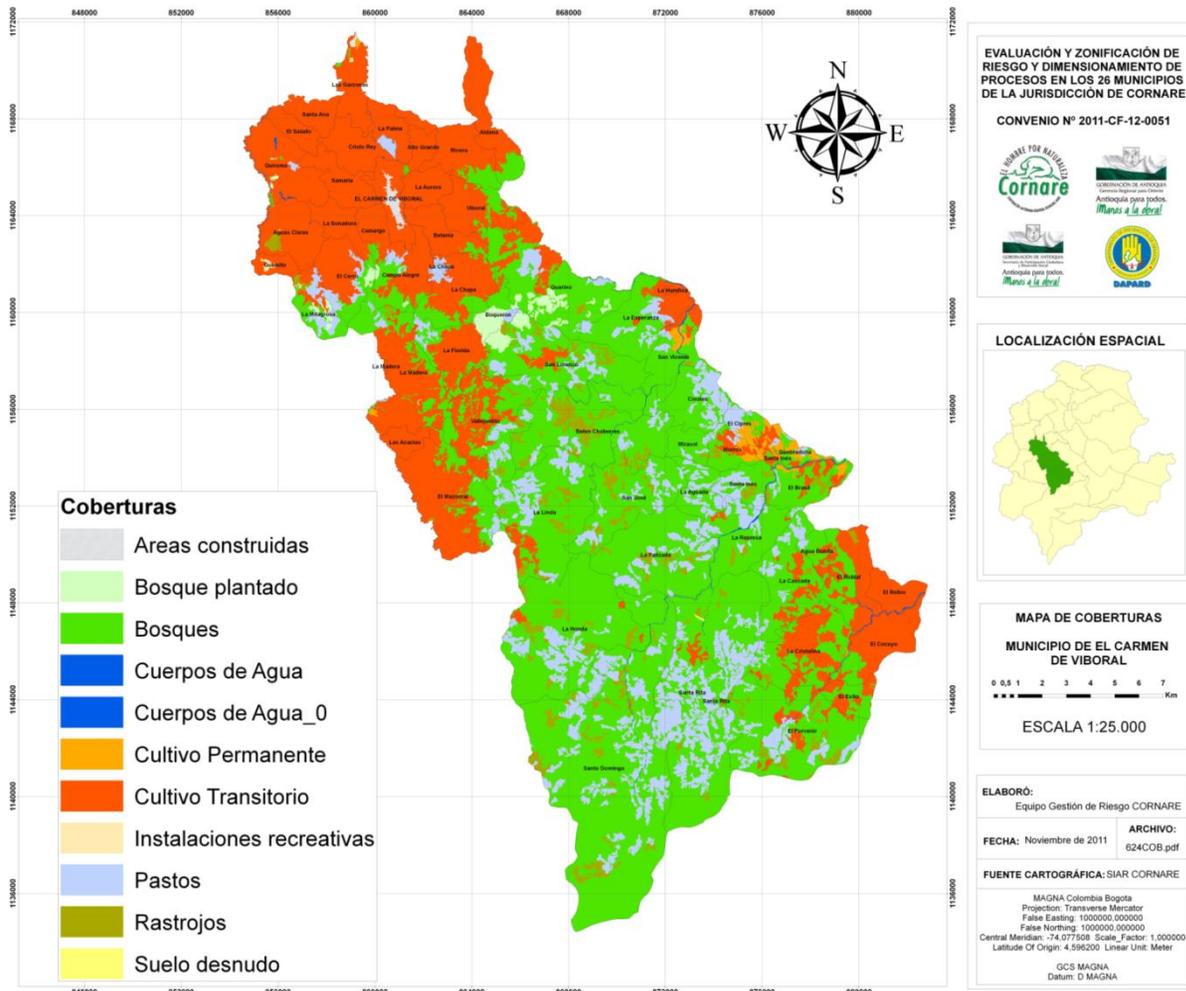


FIGURA 12. MAPA DE COBERTURAS SUPERFICIALES DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

En el occidente del municipio, límites con La Ceja y La Unión, en las veredas La Milagrosa y el Cerro hay una franja de tierras bajo pastos, que limita por el norte con grandes extensiones bajo cultivos transitorios y por el sur también con áreas extensas bajo bosque natural. Hay fragmentos de forma alargada en las veredas La Milagrosa, El Cerro y Campoalegre, en medio de grandes extensiones bajo coberturas de cultivos transitorios y bosque. En el oriente las tierras en pastos están entre las veredas Corales y El Ciprés y en La Esperanza y Guarinó. En la parte norte del municipio, donde los cultivos transitorios son la cobertura dominante en el paisaje, se destacan dos fragmentos de tamaño medio a grande en las veredas La Palma y La Chapa. (Véase Figura 12)

En la parte noroccidental de la cuenca de la quebrada La Cimarrona, predominan los pastos manejados para el mantenimiento de ganado de leche y la producción de equinos de paso, con un área de 1.298 Ha, equivalentes al 32.73% del área de la cuenca, donde el uso pecuario se ha extendido utilizando pastos naturales con baja tecnificación, en detrimento del uso agrícola (IDEA-UN 2.006).

Cultivos Permanentes

Es la cobertura con menor superficie, se encuentran concentrada en las veredas El Ciprés, Morros, San Vicente, Quebradona, Santa Inés y El Brasil, sobre tierras con pendientes mayores del 35%, sin embargo también se encuentra en las veredas de la cuenca de la quebrada Cimarronas donde hay pequeñas áreas en cultivos de mora, fresa, aguacate y tomate de árbol, entre otros. (Véase Figura 12)

Bosque Plantado

Los rodales más extensos se encuentran en el nororiente ocupando territorios de las veredas Boquerón y San Lorenzo donde también hay fragmentos de tamaño medio, un poco más al oriente, colindando con estas veredas, en Guarino, hay un fragmento de tamaño medio y seis de menor extensión. Fragmentos de menor extensión se encuentran entre las veredas El Cerro y Campolegre y en la vereda Milagrosa, todos sobre tierras con pendientes entre el 12% y el 75% (Véase Figura 12)

Rastrojos

Esta cobertura se encuentra del centro al sur del territorio, la mayor extensión acumulada y fragmentos de mayor superficie en rastrojo, se encuentran en el centro del municipio, en la vereda Chaberras, donde están los dos fragmentos más grandes y otros diez fragmentos de tamaño menor. Al sur, colindando con esta vereda le siguen en extensión los fragmentos de las veredas San José y La Linda, otras veredas donde hay fragmentos medios y pequeños hacia el sur que tienen superficies que le sigue en magnitud a los anteriores, en las veredas La Honda, Santo Domingo y El Porvenir y San Lorenzo. En la parte nor occidental, sector del municipio donde predominan los cultivos transitorios en la vereda Aguas Claras hay un fragmento grande de rastrojo y en el centro en la vereda San Lorenzo hay nueve fragmentos de forma alargada.

Se destaca que la dinámica de los rastrojos bajos en muchos casos hace parte de la rotación de cultivos y pastos, donde hay períodos de descanso de los terrenos cuya duración varía según la situación socio económica (CORNARE 2007) (Véase Figura 12)

Suelo desnudo

Hay un pequeño fragmento de forma alargada y muy estrecha en suelo desnudo, ubicado en el sur del municipio, en la vereda Santa Rita. Dos fuentes diferentes reportan la existencia de pequeñas áreas bajo esta categoría, el Anuario Estadístico de Antioquia informa de 3,27 Ha de "suelo desnudo, sin especificar la ubicación (Gobernación de Antioquia 2.009) y el Plan de Ordenamiento de la cuenca de la quebrada La Cimarrona reporta dentro del uso actual de la tierra la presencia de 3,8 Ha bajo cobertura de suelos desnudo o "tierras eriales" (Véase Figura 12)

Cuerpos de Agua

Se encuentran tres pequeños cuerpos en la vereda Quirama (Véase Figura 12).

2.1.5 GEOMORFOLOGÍA

Se identifican en el municipio cuatro unidades morfológicas, estas son:

Frente erosivo del magdalena, esta unidad está localizada al sur y al centro oriente del municipio, se extiende en 40% del territorio; la superficie de erosión está ubicada desde el cero hasta el extremo norte, cubre cerca del 40% del municipio.

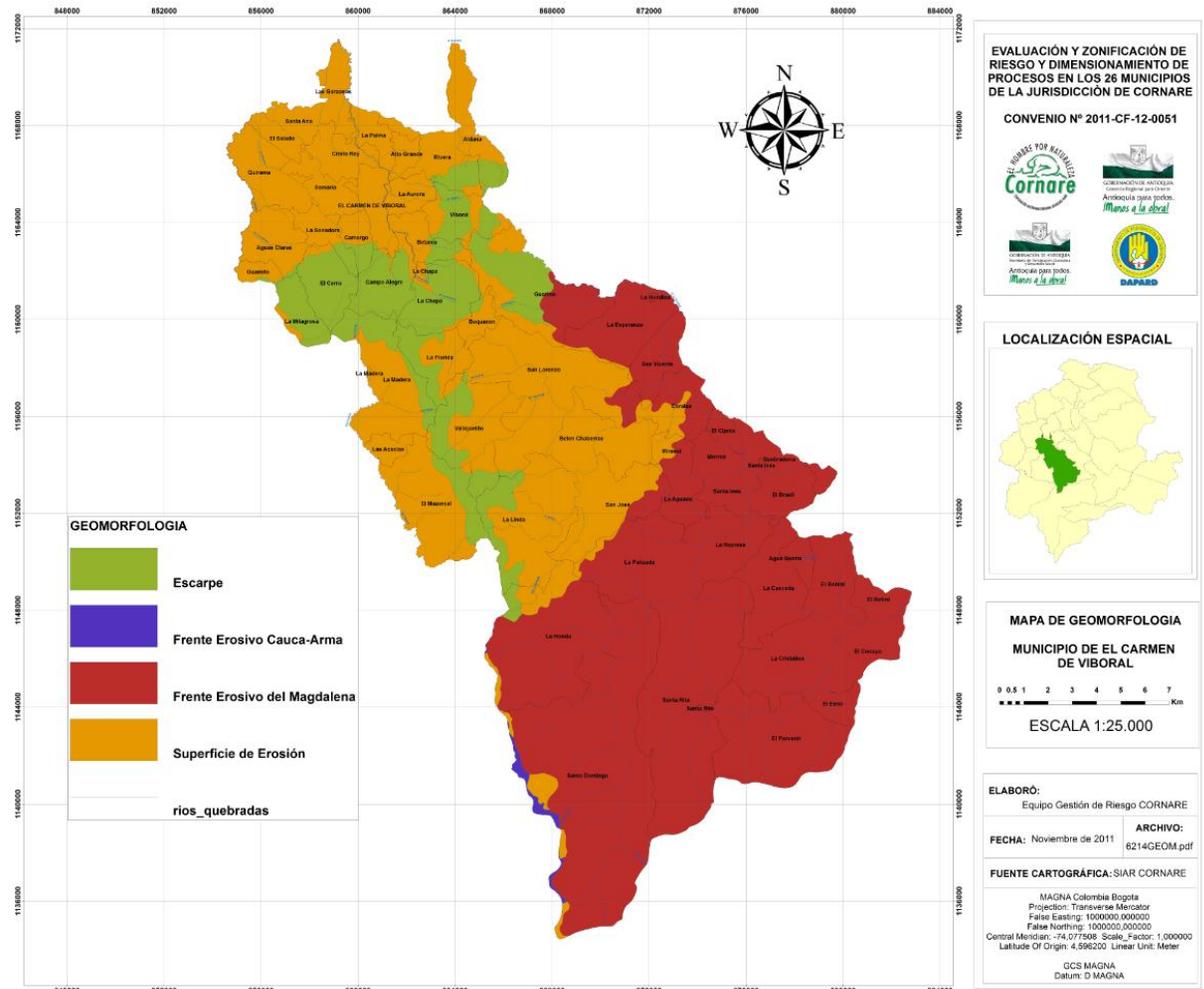


FIGURA 13. MAPA DE GEOMORFOLOGÍA DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

El escarpe, es una franja alargada de dirección irregular se localiza hacia el centro cubre cerca del 19%.

Frente erosivo del Cauca Arma, por último, son terrenos de poca extensión que cubren cerca del 1% de la superficie y se localizan hacia la parte occidental del municipio

2.2 DESCRIPCIÓN DE MAPAS DE AMENAZAS

Como resultado del análisis de los mapas temáticos descritos, utilizando los criterios descritos en la metodología, se obtuvieron los siguientes mapas de amenaza, identificados para los tres eventos considerados.

2.2.1 Amenaza por Movimiento en Masa

El mapa de amenazas (Figura 14) muestra la distribución de las zonas que pueden ser afectadas por movimiento de masa, en él se aprecian los niveles de amenaza agrupados en cinco niveles que se distribuyen en todo el municipio. Las zonas con nivel medio presentan mayor cobertura siendo más su presencia en la parte inferior del municipio, desde el centro hasta el extremo sur; en la parte superior, hacia el norte, también se aprecian terrenos con esta amenaza están intercalados con otros de niveles más bajos. Conjuntamente con este nivel de amenaza, en la parte inferior del municipio se tienen niveles de amenaza alto y muy alto, siendo más frecuente el nivel alto. En la parte superior del municipio pueden verse niveles bajo y muy bajo, siendo mayor la presencia del nivel bajo

Los niveles altos de amenaza por movimientos de masas, amenaza alta y muy alta, presentes en el centro y sur, afectan 21 veredas formando una zona continua que presenta al interior zonas delgadas y alargadas, continuas en algunos sectores y en otros no continuas, que corresponden a las llanura aluviales de corrientes, que en esta zona escurren de occidente a oriente.

Este sector centro y sur son los terrenos más elevados del municipio, corresponden a las estribaciones de la zona sur; son terrenos con relieve irregular, que presentan dos depresiones profundas asociadas a procesos erosivos para la conformación de drenajes en el sector, formando vertientes largas conformadas en roca metamórfica foliada, las cuales tienen superficie de inclinación fuerte, rango de pendiente 35 a 75 % a muy fuerte rango pendiente > 75%.; estos terrenos generalmente tienen una cobertura en superficie de bosque y en su interior pequeñas áreas dispersas con sembrado de pasto y destinación al pastoreo. En esta zona la precipitación es de las mayores presentes en el municipio, generalmente en rango alto 2785 a 2933 mm a muy alto 2933 a 3122 mm. Esta zona elevada, de relieve irregular, hace parte del frente erosivo del Magdalena.

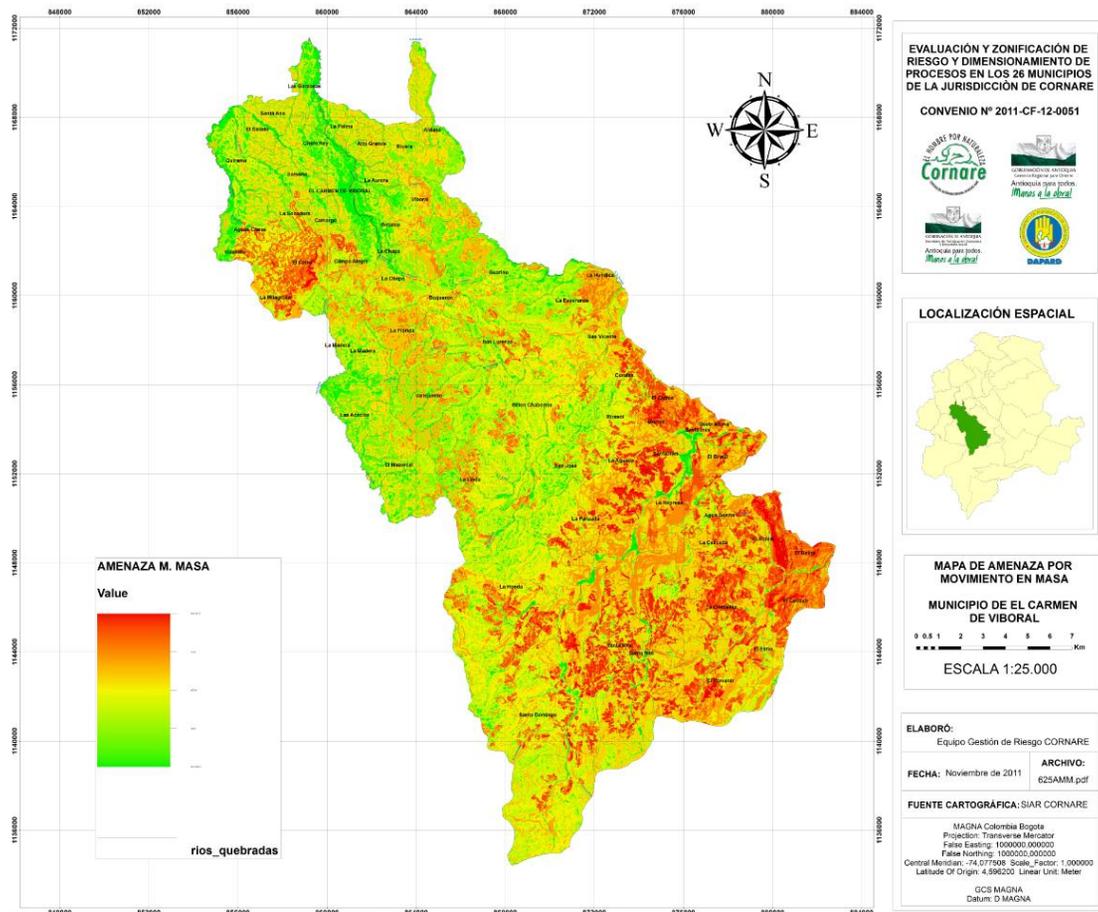


FIGURA 14. MAPA DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

En este sector los niveles de amenaza altos, surgen principalmente la ocurrencia de factores físicos, tales los materiales frágiles del terreno, la inclinación fuerte del mismo, y los altos niveles de precipitación del sector, que son los mayores en el municipio; también influye en menor medida los usos de sembrado de pasto y el pastoreo, que causan daño en el terreno y facilitan la ocurrencia de procesos erosivos profundos y extensos

Con estos mismos niveles de riesgo hay un sector hacia el centro oriente, y centro occidente, es una franja alargada en la que predomina el nivel de amenaza alta con pequeñas franjas de terreno con amenaza muy alta. Este sitio es la estribación norte y occidental de una serranía que coincide con el escarpe; en la parte baja, donde se suaviza la pendiente, predomina la amenaza alta, y en la parte superior, zona de remoción, se presentan los sitios de amenaza muy alta.

En este lugar hay terrenos al norte con inclinación variable, la pendiente es de rango bajo 5 a 12% y muy bajo -5%, y también más al oriente en la una franja alargada, en la parte baja, la pendiente es alta 35 a 75 % y en el escarpe al oriente muy alta >75%, esta última coincide con las áreas de amenaza muy alta. Los materiales que conforman estos terrenos son depósitos coluviales al occidente y hacia el centro saprolito de roca ígnea, los primeros provienen del desgaste de la antigua superficie de erosión existente en la parta alta. La precipitación el sector

oriental es de rango muy bajo 2147 a 2442, y hacia el centro en mayor 2442 a 2619 mm, siendo los más bajos el municipio. Los usos en superficie en el sector son generalmente cultivos transitorios, en la superficie del escarpe se tiene cobertura boscosa y en el costado oriental pastos, este último coincide con la zona de amenaza muy alta.

Como factores para la ocurrencia de los niveles de amenaza alta se tienen en el sector, en menor proporción los materiales coluvión, que por su origen presentan un comportamiento inestable que favorece los procesos que ocurren en el sitio, sin embargo este factor se incrementa por los usos y la pendiente; es de mayor impacto el alto rango de pendiente que tienen las superficies localizadas en la parte oriental, que corresponde al escarpe; otro factor importante en este lugar es el uso en superficie, que descubren el terreno y lo exponen a los agentes erosivos, siendo de mayor impacto el sembrado de pasto y el pastoreo, que contribuye al deterioro del terreno de forma significativa.

El nivel medio se distribuye de manera generalizada en el municipio, generalmente se aprecia intercalado con los otros niveles de riesgo, superiores e inferiores. Puede verse intercalado con los niveles altos de amenaza hacia el sur, y en la zona central, al sur en el sector conformado por el terreno con relieve irregular, que conforma en la parte irregular que conforma el frente erosivo del Magdalena; hacia el centro en terrenos de la superficie que conforman el escarpe que delimita la antigua superficie de erosión de la superficie de erosión baja actual, en estos dos sitios se presenta este nivel de amenaza en áreas dispersas con pendiente media 12 a 35%, y generalmente con cobertura boscosa.

De otro lado, este nivel de amenaza media, se presenta intercalado con los niveles de amenaza bajos, esto ocurre hacia el centro del municipio y hacia el extremo norte; hacia el centro la amenaza media se presenta sobre la superficie de erosión, conformada en saprolito de roca metamórfica no foliada en áreas de pendiente moderada, 12 a 35% y generalmente con cobertura de pasto. También hacia el sector norte, este nivel de riesgo se presenta sobre la superficie de erosión actual, conformada sobre saprolito de roca ígnea, en áreas de pendiente moderada 12 a 35%, con uso general de cultivo transitorio. La precipitación en estos sectores que presentan amenaza media es de rango medio 2619 a 2785 mm a rango bajo 2442 a 2619 mm.

Las características que determinan la ocurrencia del nivel medio, son principalmente los niveles de inclinación del terreno, 12 a 35%, y los usos en superficie, principalmente los que favorecen la infiltración cultivos transitorios y el pasto con uso en pastoreo que deterioran la estructura del suelo y facilitan la infiltración, contribuyendo al incremento de pérdida de cualidades físicas del suelo y facilitando la inestabilidad del terreno.

Los niveles de amenaza bajos que reúnen la amenaza baja y muy baja se presentan conjuntamente con la amenaza media y se observan principalmente en el sector central y norte; estas dos áreas corresponden a las superficies de erosión. Los niveles de amenaza bajos, hacia el norte se relacionan con terrenos conformados en saprolito de roca ígnea, con pendientes baja 5 a 12 % y muy baja <5%, los usos en superficie en este sector son cultivos transitorios, la precipitación es generalmente baja 2442 a 1619 mm a muy baja 2147 a 2442 mm. Hacia el centro se relacionan con terrenos conformados en saprolito de roca ígnea, que

presentan pendientes baja 5 a 12 % y muy baja <5%, los usos en superficie en este sector son cultivos transitorios y la precipitación es generalmente baja 2442 a 1619 mm a muy baja 2147 a 2442 mm.

En general los determinantes para este nivel de amenaza, son la estabilidad de los materiales del terreno junto los valores bajos en la pendiente. Este último factor se modifica por cambios en el relieve generados en los procesos de urbanismo; también la precipitación media a baja, llegando a ser muy baja favorece la ocurrencia de amenaza en valores bajos

2.2.2 Amenaza por Inundación

Se aprecia en el mapa de la Figura 15, la ubicación de las áreas afectadas por amenaza de inundación, estas se clasifican en cinco rangos los cuales se distribuyen en el territorio. Se observa que la amenaza por inundación se concentra en el sector norte y costado occidental del municipio; en estos sectores, los terrenos tienen pendiente baja 5 a 12% y muy baja <5% y localmente presentan pendiente media 12 a 35%; aquí, las áreas marginales a las corrientes con menor pendiente son las que presentan niveles de amenaza mayor, y las de mayor pendiente presentan niveles de amenaza menor. Las zonas de riesgo por su localización forman un corredor que bordea las corrientes que, aquí, corren por cauces formados sobre terreno que son depósitos aluviales; esta zona del municipio, está sobre la superficie de erosión actual y a ella drenan las aguas que provienen de la zona central donde se encuentra el escarpe que delimita la superficie de erosión y en el cual se encuentran las partes de las microcuencas de los drenajes. En gran medida las áreas sobre el escarpe tienen cobertura en bosque ocurriendo también áreas con pasto, en el resto de zona se tienen cultivos transitorios, estos usos, tanto el cultivo de pasto como el cultivo transitorio, favorecen el escurrimiento rápido del agua y con ello la formación de crecientes que produce la inundación en la parte baja.

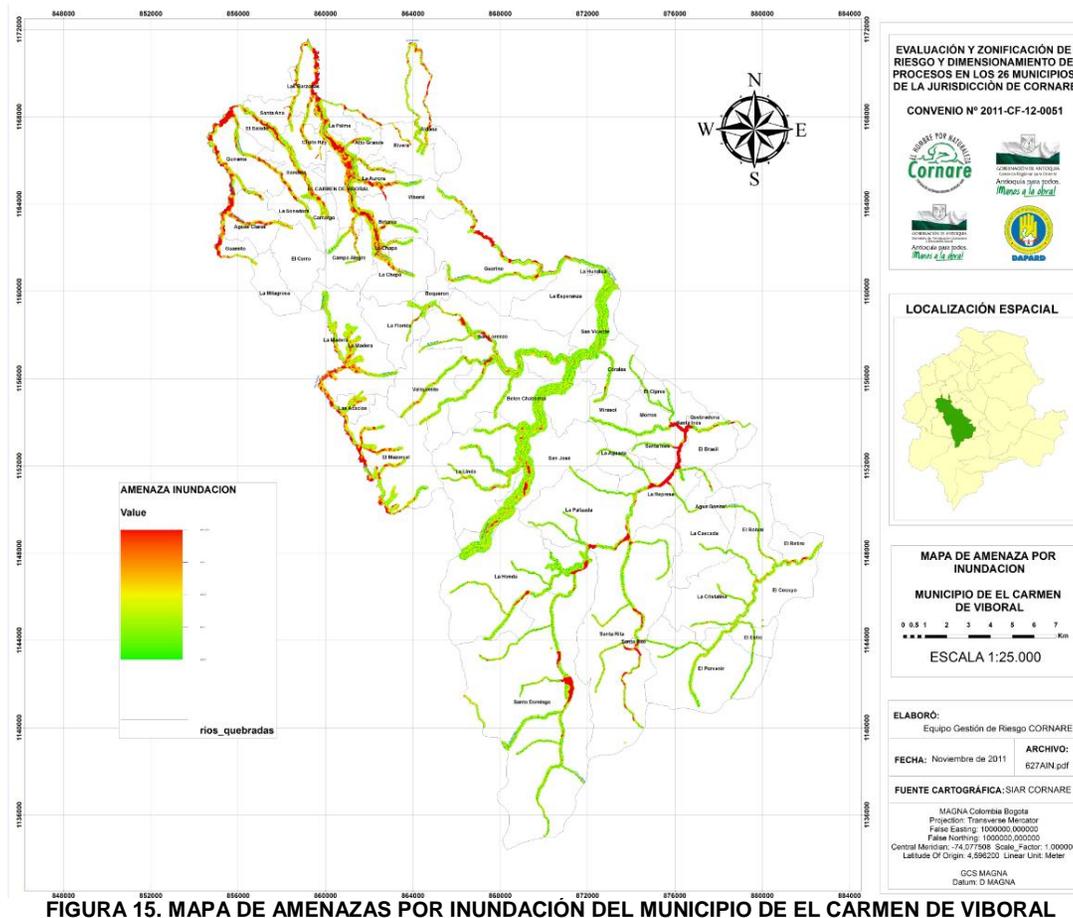


FIGURA 15. MAPA DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

En la parte central, el municipio presenta una zona de relieve relativamente plano con irregularidades de poca profundidad, esta superficie es la superficie de erosión antigua, localizada en un nivel superior a la reciente descrita en el párrafo anterior; Las corrientes de esta superficie, aunque son largas tienen poca profundidad y la cobertura es de bosque, con manchas de pasto pequeñas y distribuidas; la poca incisión de los drenajes significa que hay menor extensión y a veces menor pendiente en las vertientes, esto junto con la cobertura boscosa, hacen que el escurrimiento sea más lento, haciendo mayor el tiempo necesario para que el agua llegue al cauce, con esto es más improbable se formen crecientes y ocurra inundación, por eso en este sector la amenaza por inundación es generalmente baja a muy baja. No obstante se pueden ver algunos sitios de poca extensión, en los que se presenta amenaza alta.

En la zona sur se presenta una superficie irregular con depresiones profundas delimitadas por vertientes largas muy inclinadas y en el fondo se tienen valles aluviales estrechos por donde transitan las corrientes, que van en sentido occidente a oriente. Este terreno conforma el frente erosivo del Magdalena. En la parte baja contigua a los cauces se identifican áreas con niveles de riesgo altos, los cuales surgen por el escurrimiento rápido que permiten las vertientes de estas cuencas, que tienen pendiente fuerte 35 a 75% a muy fuerte >75%, tiene cobertura de bosque y con áreas dispersas, en algunos casos extensas dedicadas al sembrado de pasto y al

pastoreo; la precipitación en este sector varía de fuerte 2785 a 2933 mm a muy fuerte 2933 a 3122 mm.

Los factores importantes para que en esta zona surjan áreas con amenaza alta y muy alta de inundación, son principalmente: la precipitación en cantidad, las pendientes fuertes en la vertientes que escurren el agua hacia los drenajes y la creciente implementación de cobertura de pasto, que surge como resultado de la ampliación de la frontera agrícola; en conjunto estos factores contribuyen al escurrimiento rápido del agua en superficie, posibilitando la formación de crecientes que en las zonas bajas planas, inunda los terrenos contiguos al cauce.

2.2.3 Amenaza por Avenida Torrencial.

El mapa de amenaza por avenida torrencial (Figura 16), muestra las principales cuencas que drenan el municipio, jerarquizadas en virtud de la posibilidad de ocurrencia de una avenida torrencial a partir de sus características biofísicas.

Se discriminan las cuencas según el nivel de amenaza, encontrándose cinco niveles de amenaza. El nivel muy alto se encuentra en cuencas localizadas hacia el extremo sur; y en el costado oriental; el nivel alto, se encuentra en terrenos al centro oriente del municipio; el nivel medio puede verse en una área al centro occidente; el nivel bajo, se ve en cuencas de centro y nivel muy bajo se aprecia hacia el centro y en el extremo noroccidente. En conjunto los niveles bajos hacen mayor presencia en la parte norte del municipio y los niveles altos en la parte sur.

El nivel muy alto se localiza en el sector sur, asentadas sobre la superficie de erosión del Magdalena, las cuencas localizadas aquí surgen por el proceso de incisión de los drenajes, dando lugar a cuencas alargadas de occidente a oriente, tienen vertientes alargadas con pendiente fuertes modeladas en saprolito de roca metamórfica foliada, sobre las cuales hay una creciente implementación de cobertura de pasto, como resultado de la ampliación de la frontera agrícola; en conjunto estas características dan lugar, como se dijo al describir la inundación, a la ocurrencia de cuencas con alta capacidad de concentración, en las que por la lluvia en cantidad, ocurre fácilmente crecientes que pueden transportar materiales, los cuales están disponibles con facilidad por los materiales del terreno, para producir avenidas torrenciales. La morfología del terreno, con drenajes profundos, vertientes largas junto con la ocurrencia de amenaza alta y muy alta por movimiento de masa en este sector, facilita la ocurrencia de remociones en masas que obstruyen las corrientes produciendo inundación que luego se transforman en avenidas torrenciales.

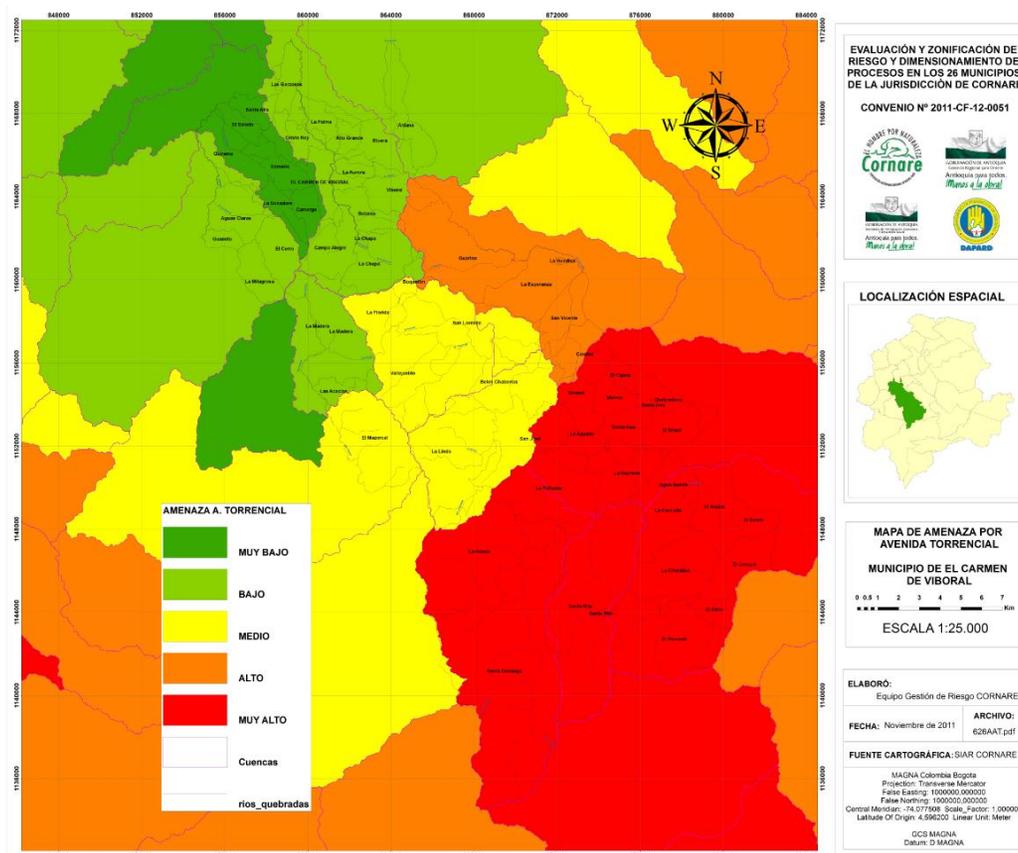


FIGURA 16. MAPA DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

La amenaza de nivel alto, se localiza en el costado oriental, en límites con Cocorná, en este sitio se encuentra la parte alta de la cuenca que drena desde la superficie de erosión elevada hacia el municipio de Cocorná. los terrenos de esta cuenca están modelados en saprolito de roca ígnea, predominan en ellos las pendientes medias 12 a 35%, aunque pueden verse pequeñas áreas dispersas con pendiente alta 35 a 75%, los usos del suelo son bosques, con intercalaciones de pastos y cultivo transitorio hacia el norte. Las cuencas de este sector, tiene vertientes más escarpadas en la parte alta y hacia la parte media y baja la vertiente es más la tendida por la acumulación de materiales coluviales

Amenaza de nivel medio, se encuentra en las cuendas de la parte centro occidente del municipio, este terreno corresponde a la superficie de erosión o altiplano superior, las características de estos terrenos, son: relieve relativamente plano con irregularidades de poca profundidad, las corrientes de este lugar aunque son largas tienen poca profundidad y la cobertura es de bosque, con manchas de pasto pequeñas y distribuidas; la precipitación es media 2619 a 2785 mm a alta 2785 a 2933 mm, la poca incisión de los drenajes significa que hay menor extensión y a veces menor pendiente en las vertientes esto junto con la cobertura boscosa, significa un mayor tiempo de concentración en las cuencas, con lo que la posibilidad de una venida torrencial es más baja. Los materiales en superficie, saprolitos de roca metamórfica no foliada, no crean excesiva disponibilidad de materiales que puedan ser arrastrados por las corrientes.

Amenaza de nivel bajo, afecta terrenos en la zona centro y desde aquí hacia el norte y en el costado occidental; en la zona norte son terrenos bajos que constituyen la superficie de erosión que es el altiplano actual, las cuencas de esta zona están formadas en la parte alta, zona del escarpe, en saprolitos de roca metamórfica no foliada, en la zona media y media en saprolitos de roca ígnea y localmente en coluviones que provienen de la zona alta y en la parte baja, donde transitan las corrientes hay acumulaciones de material aluvial. Estas cuencas son amplias, superficiales y las vertientes son relativamente planas, los usos del suelo que predominan, hacia las cabeceras bosques con zonas de pasto, y hacia las partes media y bajas cultivos transitorios; la precipitación en este sector es muy baja 2147 a 2442 mm a baja 2442 a 2619 mm. En este sector, aunque la cobertura en superficie, facilita el escurrimiento, la pendiente del terreno y la poca precipitación no facilita la acumulación de caudales con alta capacidad de arrastre, de otro lado, en el escarpe, aunque la precipitación es mayor y la cobertura en pasto si contribuyen a la acumulación rápida y a la acumulación de caudales, la disponibilidad de materiales en la parte media y baja, no da lugar a la ocurrencia de eventos de avenida torrencial

También en el costado occidental hay una microcuenca, en la zona límite del municipio con el municipio de Unión; esta microcuenca drena desde una elevación, localizada en este sector, que es el borde superior del escarpe, hacia el sur donde se encuentra la superficie de erosión, que es el antiguo altiplano, esta es una cuenca amplia, con características similares a las descritas en el extremo norte.

Amenaza de nivel muy bajo, esta cuenca está ubicada al norte, es una cuenca modelada sobre la superficie de erosión actual, los materiales en los que se ha formado esta cuenca son en gran parte saprolito de roca ígnea, aunque en la parte baja cerca a las corrientes son depósitos aluviales; la inclinación del terreno es baja a muy baja y los usos en superficie que predomina son cultivos transitorios, la precipitación en esta zona es más baja del municipio.

2.3 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

El análisis de vulnerabilidad realizado, da como resultado el mapa siguiente, en el se aprecian dos niveles de vulnerabilidad de la comunidad: Medio y Bajo, los cuales se distribuyen en dos zonas que muestran dichos niveles.

Nivel de vulnerabilidad media, es una condición que presenta la población distribuida en un 85% de la superficie del territorio. Este nivel en la condición de vulnerabilidad se distribuye en los sectores norte, centro y sur, conformando una franja de terreno que cubre casi la totalidad del municipio, las características de vulnerabilidades sectoriales que dan lugar a este valor de vulnerabilidad son:

VULNERABILIDAD TOTAL	MEDIA
Vulnerabilidad Física	Media
Vulnerabilidad Económica	Media
Vulnerabilidad Social	Baja
Vulnerabilidad Ambiental	Media

TABLA 47 VULNERABILIDADES SECTORIALES QUE CONFIGURAN LA VULNERABILIDAD MEDIA

Este nivel de vulnerabilidad indica que los habitantes de estos sectores del municipio estar asentados en unas áreas que pueden presentar características ambientales que determinan



una condición de vulnerabilidad ambiental media, de otro lado las características de los componentes de la infraestructura generan condición de vulnerabilidad media baja; junto con lo anterior las condiciones de vulnerabilidad socioeconómica son medias a bajas; en este panorama un evento de desastre no llega a causar afectación de gran magnitud debido a la situación vulnerabilidad ambiental, pero la comunidad, aunque presenta capacidad de respuesta, puede sufrir daño significativo por eso se configura una vulnerabilidad media.

Nivel de vulnerabilidad baja, es una condición que presenta la población distribuida en un 15% de la superficie del territorio. Este nivel en la condición de vulnerabilidad se distribuye en dos sectores el costado occidental y su oriental y también una pequeña zona que corresponde a la zona urbana en el centro, las características de vulnerabilidades sectoriales que dan lugar a este valor de vulnerabilidad son:

VULNERABILIDAD TOTAL	BAJA
Vulnerabilidad Física	Baja
Vulnerabilidad Económica	Media
Vulnerabilidad Social	Baja
Vulnerabilidad Ambiental	Muy baja

TABLA 48 VULNERABILIDADES SECTORIALES QUE CONFIGURAN LA VULNERABILIDAD BAJA

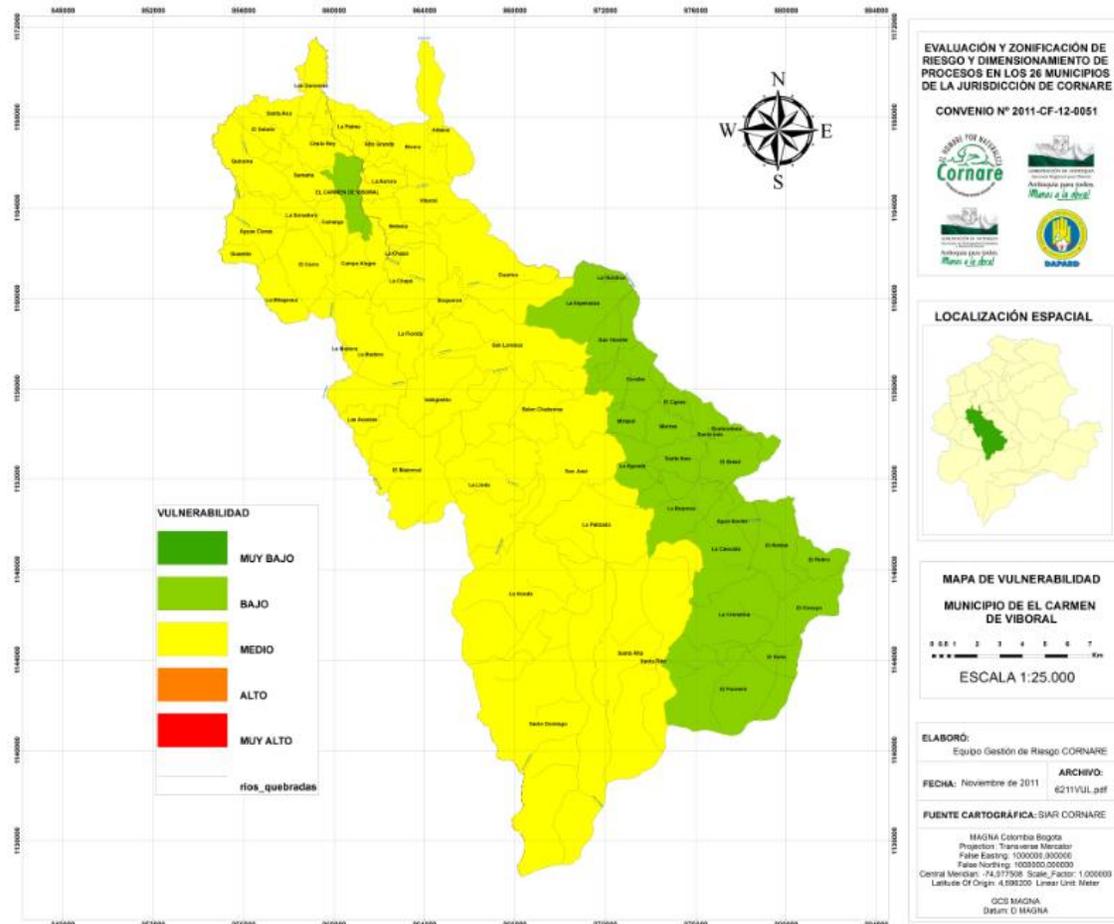


FIGURA 17. MAPA DE VULNERABILIDAD TOTAL DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

Este nivel de vulnerabilidad indica que los habitantes de estos sectores del municipio estar asentados en unas áreas que pueden presentar características ambientales que determinan una condición de vulnerabilidad ambiental muy baja, de otro lado las características de los componentes de la infraestructura generan condición de vulnerabilidad baja; junto con lo anterior las condiciones de vulnerabilidad socioeconómica son medias en este panorama un evento de no llegar a causar afectación muy grave debido a la situación de vulnerabilidad ambiental y ante esto, aunque la comunidad se encuentra en situación de vulnerabilidad baja y muy baja que presenta con relación a las condiciones sociales y económicas logrando atender la situación que se presenta.

2.4 DESCRIPCIÓN DE MAPAS DE RIESGO

2.4.1 Riesgo por Movimiento en Masa

El nivel de riesgo por movimiento de masa se presenta distribuido en el municipio, pueden identificarse cinco intervalos que agrupan los diferentes niveles presentes.

Riesgo muy alto. Este nivel de riesgo se presenta disperso en todo el territorio, se puede ver concentrado en dos sectores, uno desde el centro hasta el extremo sur y otro en el extremo noroccidente, límite del municipio, en la veredas Quirama, Aguas Claras y Guamito; al norte sobre un corredor que coincide con la vía Rionegro - El Carmen, en las veredas La Garzona, Cristo Rey, La Zona Urbana, Betania y La Chapa; hay otro sector al centro oriente, en las veredas Guarinó y la Esperanza; otro al centro occidente, en la vereda La Madera. En general las zonas que presentan este nivel de riesgo son superficies con pendiente moderada a fuerte. En total la cobertura de los terrenos con este nivel de riesgo es de 7% del territorio.

Riesgo alto. Se presenta este nivel de riesgo en zonas dispersas en los mismos lugares que el nivel de riesgo muy alto, por eso aparece también en el centro y desde aquí se extiende hacia el sur; se ven agrupadas formando un núcleo con pequeñas áreas dispersas alrededor, que se extiende de occidente a oriente; otro sector está al sur, con áreas de mayor extensión en total la cobertura de los terrenos con este nivel de riesgo es de 14% del territorio.

También este nivel de riesgo, se localiza en el sector centro oriente, que son la parte baja de depósitos coluviales, con pendiente moderada a fuerte; la cobertura en superficie que predomina es de cultivo transitorio y de bosque con zonas de pastos, hacia el sur donde la pendiente es mayor.

Este mismo nivel de riesgo, se localiza en el sector sur oriente, donde predomina la presencia saprolito de roca metamórfica como materiales en superficie, los cuales conforman un relieve de vertientes, en los que predominan las pendientes moderadas (12% a 35%) a fuertes (35% a 75%) y localmente muy fuertes (> 75%); los usos del suelo en este sector, en predominio son bosque con zonas de pastos, y hacia el oriente en pequeñas áreas con cultivos permanente y hacia el sur cultivos transitorios con bosques, donde se intercala con niveles de riesgo muy alto.

Riesgo medio. Este nivel de riesgo es el más distribuido, se presenta en todo el municipio, cubriendo un 37% de la superficie, pueden diferenciarse dos sectores, uno del centro hacia el sur, en el cual este nivel se mezcla con niveles de riesgo altos y pueden verse también en este sector, zonas dispersas con pendiente de rango bajo a muy bajo; un segundo sector se observa del centro hacia el norte, en éste la presencia de terrenos con riesgo medio es mayor y se observa intercalada con terrenos de pendiente más moderada, siendo estas últimas las que predominan.

Este nivel de riesgo se observa presente en todo el territorio, prevalece en el sector central, en las veredas: la Esperanza, San Vicente, Corales, Mirasol, San José, Belén Chaverreras, la Linda, la Holanda, la Palizada, Santa Rita y Santo Domingo, en estas veredas se mezcla con terrenos que tienen riesgo alto y también riesgo bajo.

Este nivel de riesgo, se localiza de forma prevalente en el sector central, surge de la presencia de saprolito de roca metamórfica no foliada como materiales en superficie, los cuales conforman un relieve de vertientes rectas, en los que predominan las pendientes moderadas (12% a 35%) con presencia de sectores que tienen pendiente fuertes (35% a 75%) y localmente muy fuertes (> 75%); los usos del suelo en este sector, en predominio son bosque con zonas de pastos, con presencia al oriente de franjas con cultivos permanente; la precipitación en este sector varía del intervalo 2619 mm – 2785 mm, al noroccidente, hasta 2785 mm – 2933 mm, al suroriente.

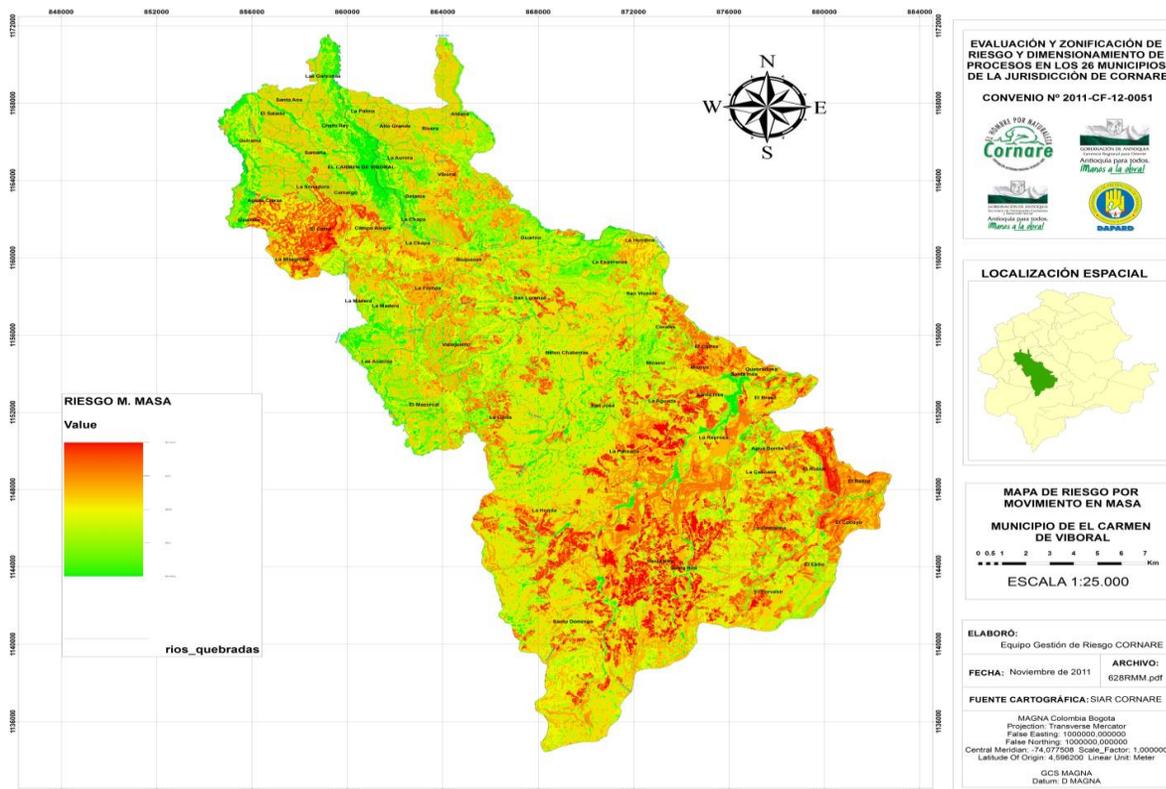


FIGURA 18. MAPA DE RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

Riesgo Bajo y Muy Bajo. Estos niveles de riesgo se presentan de forma conjunta y cubren un 42% del territorio, se encuentra concentrado en un sector que va del centro al extremo norte, también se pueden ver dispersas áreas con este riesgo hacia el sur. Hacia la zona norte se intercala con terrenos que presentan riesgo medio, prevaleciendo los primeros sobre los segundos; hacia el sur se intercala más con zonas de riesgos altos.

Estos niveles de riesgo, en la parte centro norte afectan las veredas: las Garzonas, Santa Ana, el Salado, Cristo Rey, La Palma, Alto Grande, Rivera, Aldana, Samaria, Quirama, la Aurora, Viboral, Agua Claras, la Sonadora, Camargo, Betania, la Chapa, Guarinó, Boquerón, la Florida, la Madera, las Acacias, Vallejuelito, el Mazorcal y una parte de San Lorenzo, Belén Chaverras, la Linda, San José y la Honda.

Este nivel de riesgo, en la parte centro norte, surge de la presencia de saprolito de roca ígnea y localmente franjas con depósitos aluviales, como materiales en superficie, los primeros conforman un relieve de vertientes ondulada y los segundos se presentan como terrenos planos; en el saprolito de roca ígnea se tiene pendientes moderadas (12% a 35%) con presencia de sectores que tienen pendiente fuertes (35% a 75%); los depósitos aluviales tiene pendientes entre 0% y 12%. Los usos del suelo en este sector, en predominio son cultivo transitorio; la precipitación en este sector es el nivel más bajo de municipio, entre 2147 mm – 2619mm.

2.4.2 Riesgo por Inundación

Las áreas que presentan algún nivel de riesgo por inundación están localizadas principalmente en el extremo norte del municipio y en el sector centro occidental; en el primero se presenta como superficies alargadas, en sentido norte sur, que indican las áreas planas contiguas a las corrientes, en el costado occidental y en el centro las zonas planas se extienden presentando mayor amplitud. En el segundo sector, se presenta como una franja alargada que bordea al municipio y coincide con el cauce de una quebrada; también se presentan zonas de tamaño pequeño distribuidas en al occidente desde el centro hasta el sur; son áreas rectangulares y en general estrechas, circunscritas a las llanuras aluviales de corrientes, en conjunto los terrenos que presentan niveles de riesgo por inundación, corresponden al 30% del territorio.

Las áreas con riesgo por inundación se distribuyen en tres zonas que contienen los 5 rangos que siempre se ven intercalados; las características de cada zona son:

Zona uno. Es el costado norte del municipio, que se encuentran las cuencas de las quebradas La Pereira y La Cimarrona, ambas afluentes del río Negro; En estas corrientes predominan los niveles de riesgo altos, siendo más visible el nivel de riesgo muy alto y también hay nivel de riesgo alto y medio presente en la zona. Esto coincide con la ocurrencia de llanuras aluviales amplias que facilitan las inundaciones.

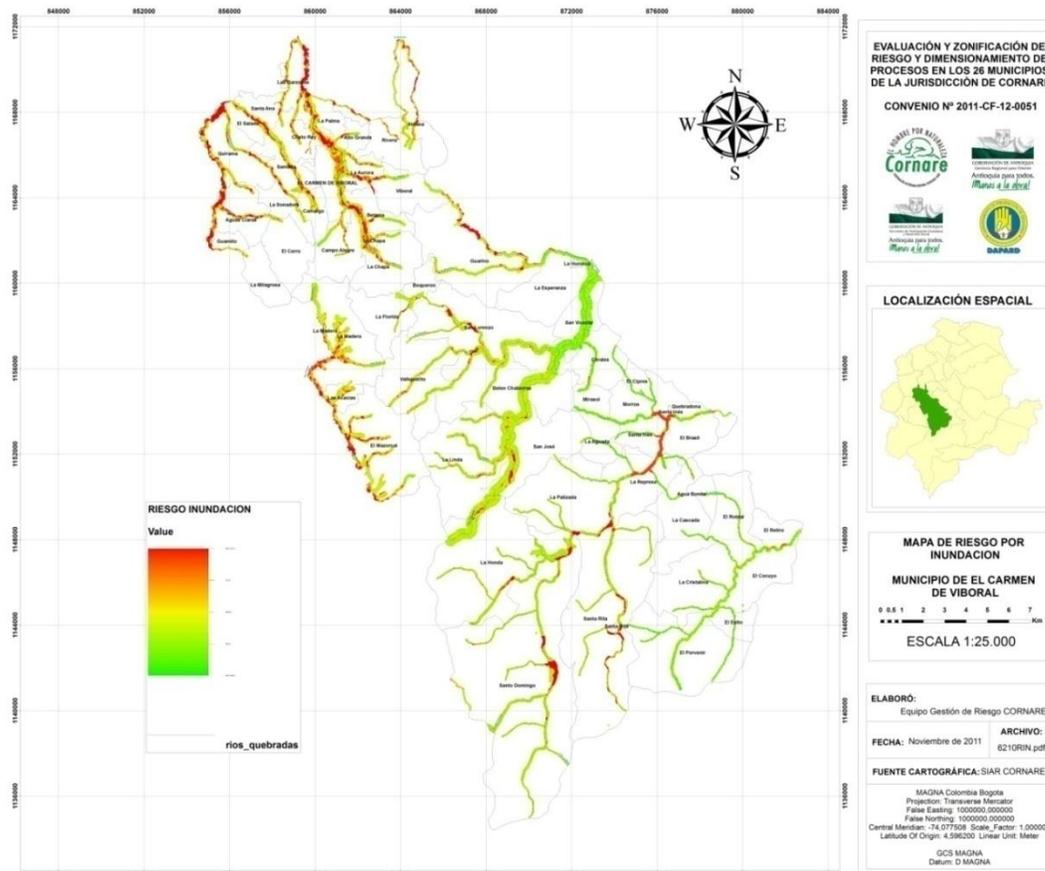


FIGURA 19. MAPA DE RIESGO POR INUNDACIÓN DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

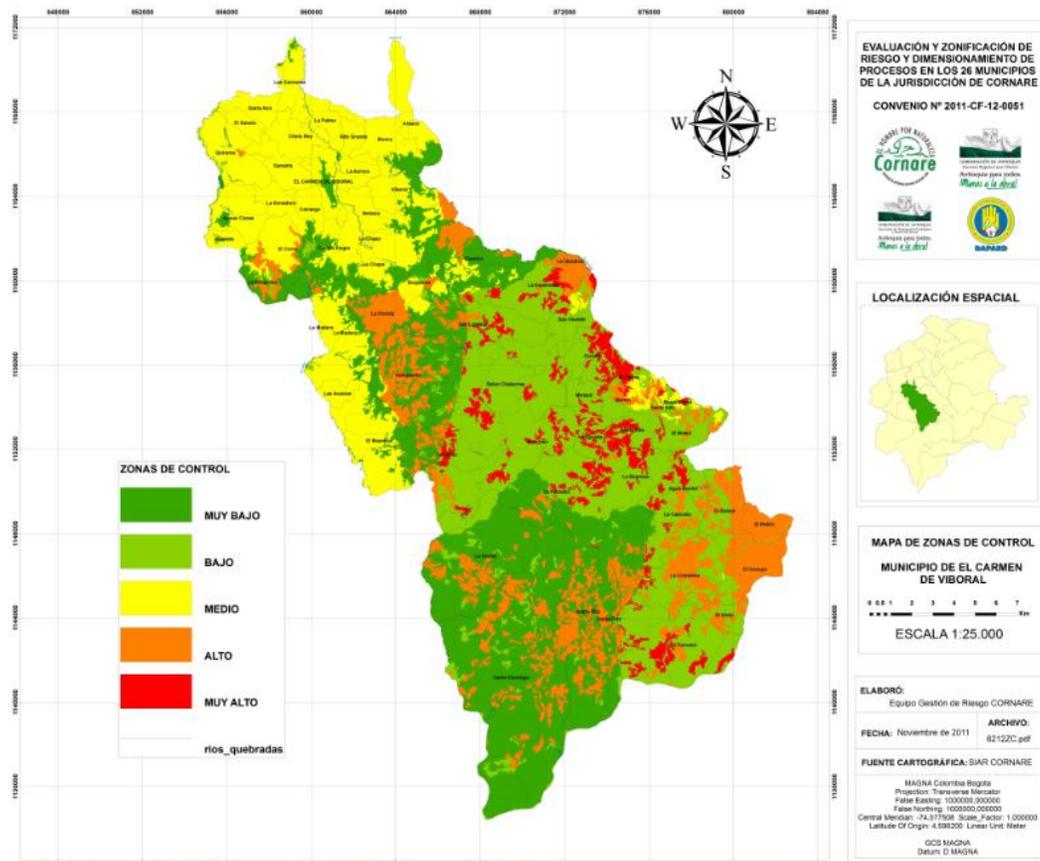
Zona dos. Es el costado centro occidental del municipio, en este sector está presente el río Piedras. En esta corriente predominan también los niveles de riesgo altos, y al igual que en la zona uno es mayor la presencia de áreas con nivel de riesgo muy alto, y también hay nivel de riesgo alto y medio presente en la zona.

Zona tres. Es el centro y el sur del municipio, en este sector predomina los niveles de riesgo bajos, aunque también aparecen niveles de riesgo medio; se logran diferenciar dos sectores; el primero son los terrenos de del río Cocorná, en ellos la zona inundable es mucho más amplia, que en cualquier otra corriente del municipio, en la parte baja de este río predomina el nivel de riesgo bajo, en la parte media y alta, el nivel de riesgo que tienen áreas inundable largas y estrechas, el tránsito de las mismas de oeste a este y algunas corrientes se pueden ver zonas inundables con riesgo alto y muy alto.

En resumen los niveles de riesgo por inundación, que presenta el municipio, son:

Niveles altos, se localiza principalmente en el extremo norte (zona uno), el costado occidental (zona 2) y en algunos tramos de las corrientes del extremo sur (zona tres). Estos niveles afectan cerca del 12% del territorio municipal.

Nivel medio, se localiza distribuido en todo el territorio, se presenta conjuntamente, como pequeñas áreas, junto con los otros niveles de riesgo, sin embargo es más visible en la zona central y sur (sector tres). Este nivel se extiende en un 8% de la superficie total del municipio.
 Niveles bajos, se localiza distribuido en la parte centro y sur del territorio, (zona tres), se presenta conjuntamente, con niveles de riesgo medio. Este nivel se extiende en un 10% de la superficie total del municipio



Las zonas de Control, que son los terrenos de las cuencas calificados a partir de la contribución que hacen al riesgo por inundación, estos terrenos aparecen en el mapa calificados según la influencia, desde muy alta a muy baja, que presentan para que ocurra un evento de inundación; los terrenos se califican en cinco intervalos: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, según favorecen o no la ocurrencia de inundación en la corriente principal de la cuenca a la cual drenan.

En las zonas de control parecen incidir más los dos últimos factores considerados, la precipitación y la cobertura, por cuanto contribuyen a la regulación del escurrimiento del agua en superficie, determinando la velocidad de concentración, la acumulación de agua en el canal y el crecimiento de la lámina de agua.

La utilidad de estas zonas de control es que muestran en cada cuenca y con relación los sectores que presentan niveles de riesgo por inundación, cuales son las áreas que favorecen la ocurrencia de inundación sobre las cuales se debe actuar para controlar los eventos que generan el nivel de riesgo identificado.

2.4.3 Riesgo por Avenida Torrencial

El Riesgo por Avenida Torrencial, califica el territorio de la cuenca a partir de la incidencia que presentan sus características, para facilitar o evitar la ocurrencia de una Avenida Torrencial, en este municipio los valores del riesgo se agrupan en cinco niveles; la distribución de las áreas con riesgo por avenida torrencial en el municipio, da lugar a la conformación de cuatro sectores, cada uno caracterizado por la presencia en mayor proporción de un nivel de riesgo.

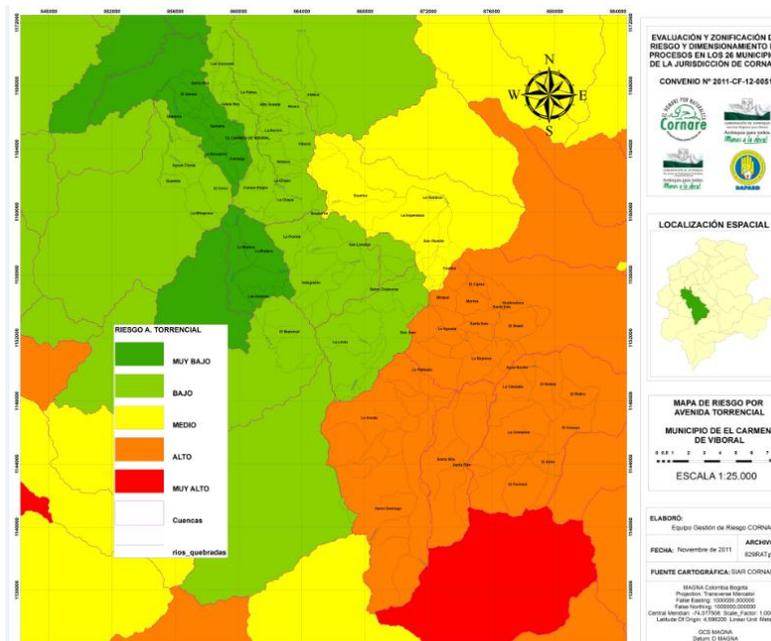


FIGURA 21. MAPA DE RIESGOS POR AVENIDA TORRENCIAL DEL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

Sector uno (1). Es el de mayor extensión, predomina el riesgo alto; cubre cerca del 50% del territorio, se localiza en el extremo sur del municipio y se extiende desde el occidente hasta el costado oriental, en el costado oriental.

Presentan riesgo alto cinco (4) sub-cuencas que tienen terreno en este municipio; en territorio de estos drenajes se localizan las siguientes veredas ubicadas en el sector centro sur del municipio: Corales, El Ciprés, Mirasol, Morros, Quebradona, Santa Inés, El Brasil, La Aguada, San José, La Palizada, La Represa, Agua Bonita, La Cascada, El Roblal, El Retiro, Morros, Mirasol, El Cocuyo, La Cristalina, Santa Rita, El Estío, El Porvenir, La Honda, Santo Domingo.

Sector dos (2). Es el segundo en extensión, predomina el riesgo bajo; cubre cerca del 25% del territorio, se localiza en el centro y cubre desde el centro hasta el norte y un pequeño sector al occidente.

Presentan riesgo bajo siete (7) sub-cuencas, de las cuales cuatro (4) localizadas al centro oriente, drenan al río Samaná Norte; una (1) localizadas al centro occidente drena al río Buey; y dos (2) localizadas al norte, descargan al Río Negro; en territorio de estos drenajes se localizan las siguientes veredas, al oriente: Aldana, Rivera, Alto Grande, Viboral; al centro Las Garzonas, La Palma, Cristo Rey, La Aurora, Betania, La Chapa, Campo Alegre, , San José, Zona Urbana; al occidente: Aguas Claras, Guamito, La Milagrosa, El Cerro; y al centro sur. La Florida, San Lorenzo, La Linda, Belén Chaverras, Vallejuelito, El Mazorcal, Boquerón.

Sector tres (3). Es uno de los dos más pequeños en extensión, predomina el riesgo muy bajo; cubre cerca del 10% del territorio, se localiza en el centro y cubre el constado occidental al centro y al norte.

Presentan riesgo muy bajo dos (2) sub-cuencas, de las cuales una (1) localizadas al occidente drena al río Buey y otra localizadas al norte, descarga al Río Negro; en territorio de estos drenajes se localizan las siguientes veredas, al norte: Santa Ana, El Salado, Samaria, Quirama, La Sonadora, Camargo; y al occidente La Madera y Las Acacias.

Sector cuatro (4). Es el otro más pequeño en extensión, predomina el riesgo medio; cubre cerca del 15% del territorio, se localiza en el centro oriente.

Presentan riesgo medio una (1) sub-cuencas localizadas en este costado; en territorio de este drenajes se localizan las siguientes veredas: Guarinó, la Esperanza, La Hundica., San Vicente y Corales.

3 ATENCIÓN DE AÉREAS AFECTADAS POR EVENTOS DESASTROSOS

Se realizaron recorridos de campo conjuntamente con funcionarios del municipio de el Carmen de Viboral, en ellos se visitaron y se evaluaron un total de treinta y cinco (35) sitios, en cada uno se levantó información suficiente para identificar la problemática presentada, reconocer las causas de la misma y plantear recomendaciones de manejo orientadas a controlar, mitigar y recuperar las afectaciones encontradas por el evento desastroso, El producto de los recorridos de campo se entrega en el anexo 1, el cual contiene los 35 informes técnicos elaborados, cada informe contiene las fotos del sitio, los esquemas, los diseños de las obras propuestas y el costo (APU) de las mismas.

En los recorridos de campo se visitó la zona urbana y la zona rural del municipio en ellas los puntos visitados se distribuyen como muestra la figura 22

DISTRIBUCION DE PUNTOS VISITADOS

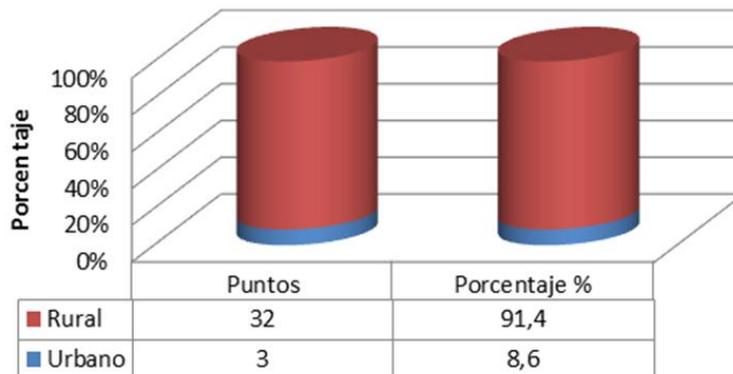


FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS VISITADOS EN EL MUNICIPIO

Del total de puntos visitados tres (3) están localizados en la zona urbana en igual número de sectores, y treinta y dos (32) en la zona rural.

En las visitas de campo se identificaron puntos afectados por diferentes eventos, que fueron generados por causas diversas, estas se muestran en la figura 23.

TIPO DE EVENTO

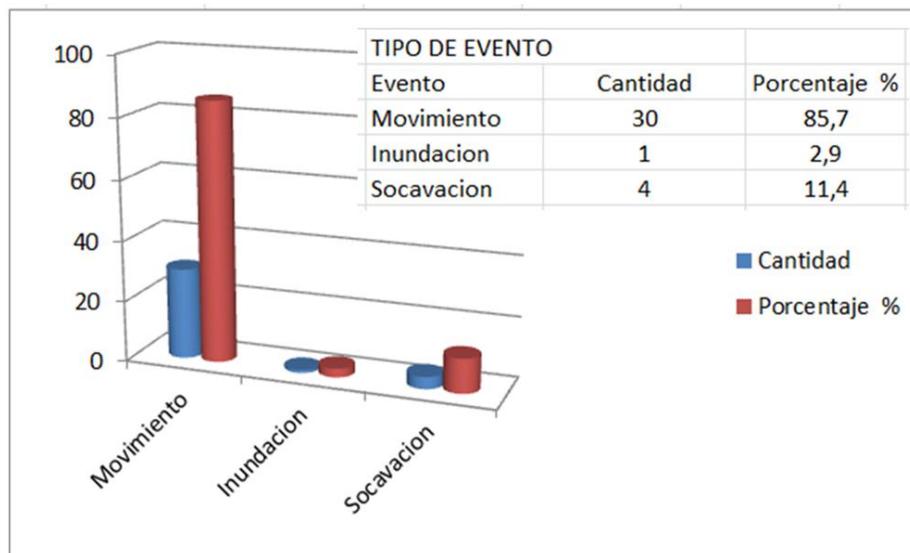


FIGURA 23. EVENTOS IDENTIFICADOS EN LAS VISITAS DE CAMPO

Un resumen de los puntos visitados distribuidos por vereda se muestra en la tabla 49

ZONA	VEREDA	FICHA NO				TOTAL EVALUACIONES/ VEREDA
Rural	Quirama	16	17			2
	Samaria	34				1
	Sonadora	15	31			2
	El Cerro	18				1
	Las Garzonas	2	3	4	29	4
	La Palma	5				1
	Alto Grande	6	28			2
	Cristo Rey	1				1
	Aldana	33				1
	Rivera	19				1
	Viboral	20	25			2
	Betania	13	14			2
	La Madera	7	30			2
	La Chapa	9	10	11	12	4
	La Florida	8				1
	La Esperanza	23	24			2
	El Retiro	21	35			2
	La Vega	22				1
	Urbana	Sector Buenos Aires	26			
Urbanización Villas de Asón		27				1
Sector Zacatín		32				1
Total sitios evaluados						35

TABLA 49 TOTAL DE VISITAS POR VEREDA

De las 18 veredas, las que tuvieron mayor cantidad de sitios evaluados fueron La Chapa y Las Garzonas con el 23% de las visitas, cuatro en cada una de ellas. En la Tabla 49 se muestra el total de las visitas, las veredas o sectores urbanos donde se localizan, el número de visitas por vereda o sector y el número de la Ficha donde se consignó la información de cada evento.

INFRAESTRUCTURA AFECTADA

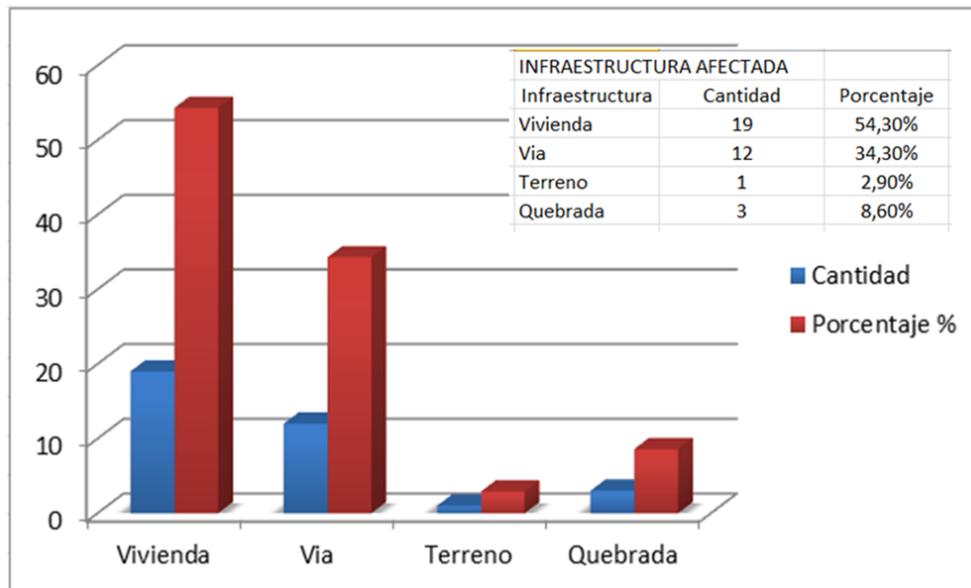


FIGURA 24. TIPO DE INFRAESTRUCTURA AFECTADA POR LOS EVENTOS VISITADOS.

Teniendo presente que en cada uno de los eventos generalmente puede identificarse más de un bien afectado, se determinó para cada sitio cual es el bien con mayor grado de afectación, encontrándose como los más afectados en orden los siguientes: viviendas, vías (puentes), cultivos, y terrenos (en potreros, márgenes de las quebradas u otros espacios). Ver Figura 24

Viviendas En el 54% de los casos se encontraron viviendas como los principales bienes afectados. Hay anotar que en las vereda Viboral donde hay un sector en riesgo den el que se encuentran varias viviendas y la escuela. En la vereda La Esperanza solo hay el reporte de una casa afectada por movimientos en masa, pero hay varias asentadas en una ladera donde las características los materiales que conforman el suelo la hacen muy susceptible a movimientos en masa además el área tiene alta pluviosidad

Vías Es el bien más afectado en el 40% de los casos, de estos el 9% corresponde a daños en puentes o estructuras para el paso del agua bajo las vías

Escuela Se encontró en la vereda Viboral la escuela con amenaza por movimiento en masa, las evidencias actuales son, algunas grietas pequeñas en el muro del frente de la estructura y grieta más notorias en la malla de aislamiento cuya estructura tiene grietas a lo largo (véase Ficha No 20)

Cultivos En solo el 3% de los casos se determinó un cultivo como el bien más afectado. Revisando los reportes sobre pérdidas de cultivos en el municipio entre de octubre del 2.011 y enero del 2.012 se encuentra que las mayores pérdidas en los cultivos tanto en área como en número de propietarios afectados se presenta en cultivos limpios de papa, fríjol y maíz –fríjol, y en cultivos confinados en invernaderos, la mayor parte de flores para exportación,

Terrenos Se encontró este bien como la principal pérdida en el 3% de los casos En esta categoría se incluyen potreros, franjas de retiro de quebradas y carreteras, perímetros de las viviendas y otros espacios naturales.

CAUSAS

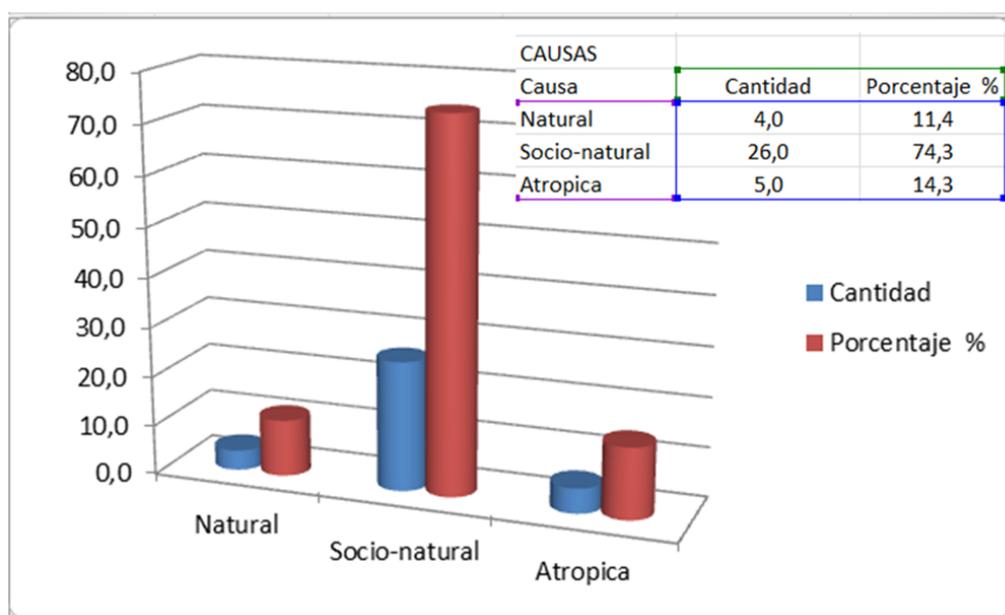


FIGURA 25. CAUSAS DE LOS EVENTOS VISITADOS

Los eventos visitados en general pueden tener múltiples causas, lo cual muestra la sinergia entre las mismas; para este análisis, en cada sitio, se buscó identificar la causa principal, agrupándose esta en natural, antrópica y socio natural; para el municipio, se encontró que las causas se agrupan como se muestra en la figura 25

CAUSAS PREDOMINANTES DE AFECTACION EN LAS VEREDAS

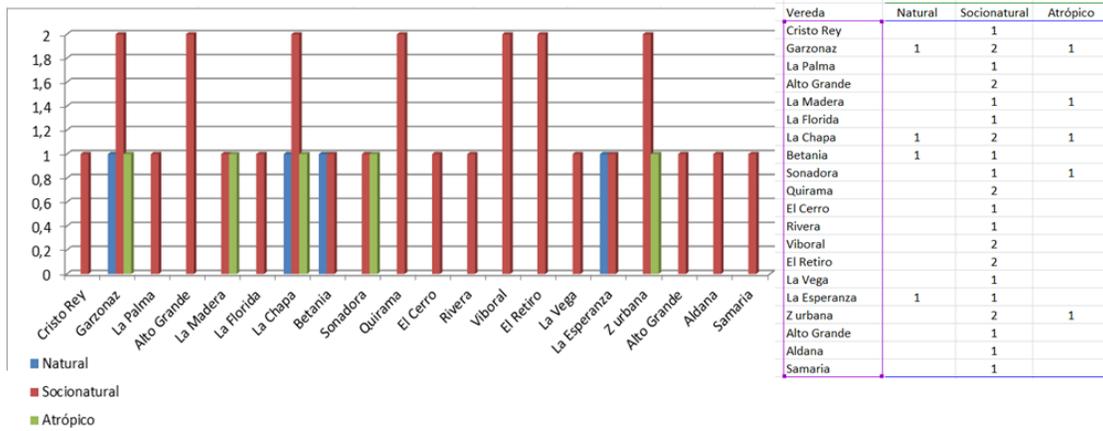


FIGURA 26 CAUSAS PRINCIPALES DE EVENTOS REGISTRADAS EN LAS VEREDAS

Las causas de los eventos en los sitios visitados, se pueden analizar con relación a las veredas del municipio, de esta manera se encuentra que las causas socio naturales se presentan de manera más continua en todas las veredas, pero principalmente en la zona urbana, El Retiro, Viboral, Quirama, La Chapa, Alto Grande y Garzonas; las causas naturales son las menos frecuentes y se presentan principalmente en las veredas Garzonas, La Chapa, Betania y La Esperanza, por el contrario las causas antrópicas se manifiestan en la zona urbana, Sonadora, La Chapa, La Madera y Garzonas.

El análisis detallado de las causas muestra lo siguiente:

- Tipo de materiales que conforman el suelo. Se determinó como la causa más frecuente, en el 40% de los casos fue la principal. Se incluye el tipo de materiales en la superficie.
- La carencia de obras drenaje fue la principal causa en el 9% de los casos, muchas de las vías no tienen obras de drenaje adecuadas bien sea desde su construcción o se han deteriorado o destruido por falta de mantenimiento.
- Uso de la tierra inadecuado: Se encontró como causa principal en el 9% de los casos, incluye casos de ubicación en las áreas de retiro de las corrientes de agua, está ligada en la mayoría de los casos como la principal causa secundaria.
- Exceso de Precipitación. Incidió en el 9% de los eventos como el origen de los eventos.

- Manejo de aguas Inadecuado. Ocasionó el 9% de los eventos, se refiere a escorrentías concentradas, saturación del terreno, vertimiento de aguas residuales en sitios inapropiados, y afloramiento de aguas subsuperficiales que dan lugar a movimientos en masa
- Trazado de la vía. Fue la principal causa en el 6% de los eventos. Se refiere a la construcción de vías en áreas frágiles por sus condiciones biofísicas, de geología, suelos, precipitación y vegetación, son susceptibles a movimientos en masa.
- Dinámica natural de las quebradas. En los casos de socavación fue la principal causa incide en el 9% de los eventos
- Prácticas de construcciones inadecuadas. En el 6% de los eventos se encontró como principal causa, las principales prácticas dentro de este concepto son:

Establecimiento de estructuras sobre llenos heterogéneos

Cortes de laderas dejando taludes verticales.

Manejo inadecuado del suelo. El volumen removido en la explanación para establecer la estructura y obras complementarias, se descarga sobre depresiones o taludes sin ningún manejo, por lo que aumenta el peso, la cantidad de agua y la inestabilidad del suelo subyacente, originando movimientos en masa que en muchas ocasiones afectan la misma obra que los originó o los bienes de los predios vecinos.

Análisis De Inversión en el Municipio

INVERSIÓN POR NÚCLEO ZONAL EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL

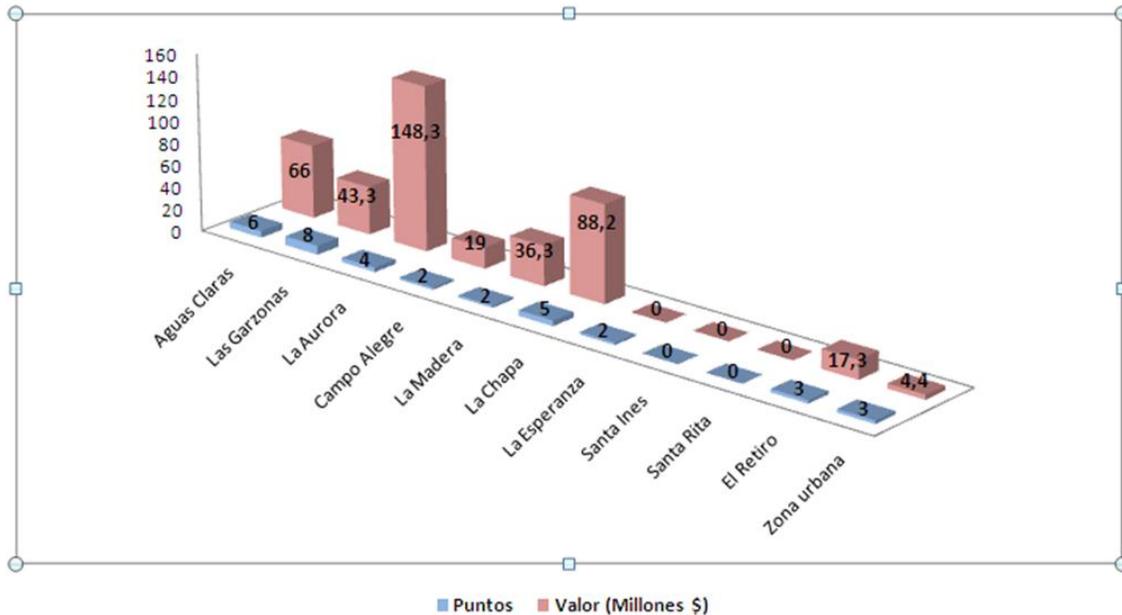


FIGURA 27 DETALLE DEL COSTO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL MANEJO DE SITIOS AFECTADOS

La inversión necesaria para atender la problemática ocurrida por los eventos naturales en el municipio se muestra en la figura 27; la inversión total se estima en cerca de 423.000.000 de pesos; esta inversión se distribuye en los núcleos zonales, así: un 35% el núcleo la Aurora, un 21% en la Chapa, le sigue Aguas claras con un 16% y por último Las Garzonas con un 10%; estos cuatro núcleos zonales requieren cerca del 81.7% de la inversión total; el restante 18.2% de la inversión se distribuye en los otros 7 núcleos zonales. De estos últimos se destacan dos núcleos zonales Santa Inés y Santa Rita, en los cuales no se identificó afectación y por lo tanto no requieren inversión con este fin; de los otros cinco, La Madera es el que más requiere con un 9%, le siguen El Retiro y Campo Alegre que requieren un 4% y por último la zona Urbana que requiere un 1%, siendo la que, presentado sitios afectados, requiere menos inversión.

Priorización de sitios visitados en el municipio.

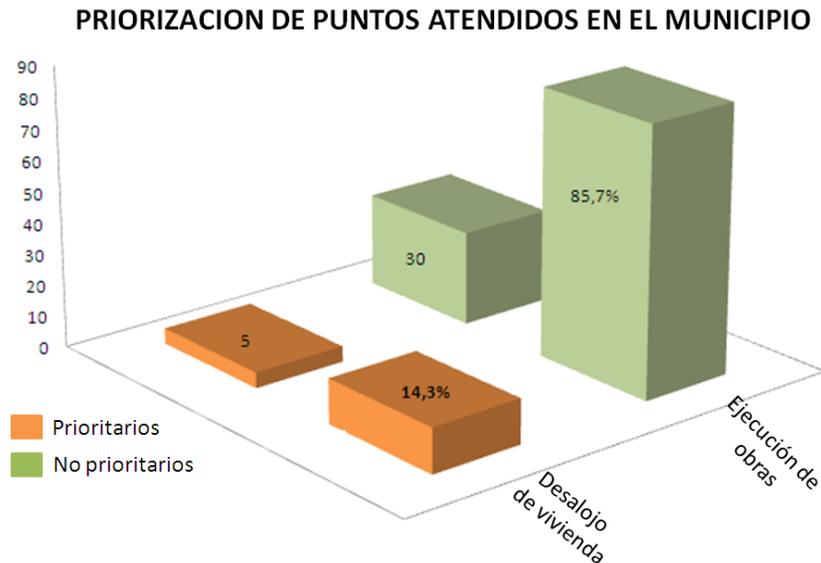


FIGURA 28 PRIORIZACIÓN DE SITIOS CON MAYOR RIESGO EN EL MUNICIPIO

Estos sitios se priorizaron y para ellos se elaboró un informe rápido que fue comunicado a la autoridad municipal y también son destacados en este documento, por cuanto la atención de los mismos se considera prioritaria y en la mayoría de ellos se hace necesario el desalojo de las viviendas identificadas en el análisis.

En total se identifican cinco en los que debe actuarse de forma prioritaria, estos cinco puntos son el 14.3% del total de los puntos evaluados, el resto 85.7% que son 30 puntos no requieren actuación rápida y pueden ser atendidos en su problemática con las ejecución de obras que se recomiendan en el estudio realizado, están pueden verse en el anexo 1, donde se encuentran además los diseños de las mismas y los costos de su ejecución.

Las veredas en las que se localizan los sitios que presentan sitios con mayor riesgo para la población del lugar y en las que debe tomarse acciones rápidas que consisten en desalojar las viviendas son La Esperanza que presenta dos puntos, las veredas Viboral y El Retiro y la zona urbana que presenta cada una un punto; puede decirse que un 8.6% de las veredas, incluyendo la zona urbana, tienen puntos que requieren atención prioritaria y el resto un 91.4% no, lo que significa que los asuntos reconocidos en 53 veredas no se consideran prioritarios.

NUCLEO ZONAL	VEREDA	FICHAS				NUMERO DE FICHAS/ VEREDA
AGUAS CLARAS	Santa Ana					0
	El Salado					0
	Quirama	16	17			2
	Samaria	34				1
	Aguas Claras					0
	Sonadora	15	31			2
	El Cerro	18				1
	Guamito					0
	La Milagrosa					0
	SUBTOTAL					6
LAS GARZONAS	Las Garzonas	2	3	4	29	4
	La Palma	5				1
	Alto Grande	6	28			2
	Cristo Rey	1				1
	SUBTOTAL					8
LA AURORA	Aldana	33				1
	Rivera	19				1
	La Aurora					0
	Viboral	20	25			2
	SUBTOTAL					4
CAMPO ALEGRE	Camargo					0
	Betania	13	14			2
	Campo Alegre					0
	SUBTOTAL					2
LA MADERA	La Madera	7	30			2
	Vallejuelito					0
	Las Acacias					0
	Mazorcal					0
	La Linda					0
	SUBTOTAL					2
LA CHAPA	La Chapa	9	10	11	12	4
	Boqueron					0
	Guarino					0
	La Florida	8				1
	San Lorenzo					0
	Belen					0
	Chaberras					0
	San Jose					0
	SUBTOTAL					5
LA ESPERANZA	La Esperanza	23	24			2
	San Vicente					0
	El Cipres					0
	Los Corales					0
	SUBTOTAL					2

SANTA INES	Morros					0	
	Dos quebradas					0	
	Santa Ines					0	
	El Brasil					0	
	La Aguada					0	
	La Represa					0	
	Palizada					0	SUBTOTAL 0
SANTA RITA	La Honda					0	
	Santa Rita					0	
	Santo Domingo					0	SUBTOTAL 0
EL RETIRO	Agua Bonita					0	
	El Roblal					0	
	El Retiro	21	35			2	
	El Cocuyo					0	
	La Cascada					0	
	La Cristalina					0	
	La Vega	22				1	
	El Estio					0	
	El Porvenir					0	SUBTOTAL 3
ZONA URBANA	Sector Buenos Aires	26				1	
	Villas de Asón	27				1	
	Sector Zacatín	32				1	SUBTOTAL 3

TABLA 50 PUNTOS ATENDIDOS POR NÚCLEO ZONAL

4 SITUACIÓN ACTUAL DE AMENAZAS POR EVENTOS NATURALES EN LA ZONA URBANA

El casco urbano del municipio del Carmen reposa, en parte sobre un depósito de vertiente del tipo flujo de lodo, bien consolidado y meteorizado, también sobre horizontes meteorizados de roca ígnea plutónica, y otra parte, se localiza en los tres niveles de terraza que ha formado la quebrada Cimarronas.

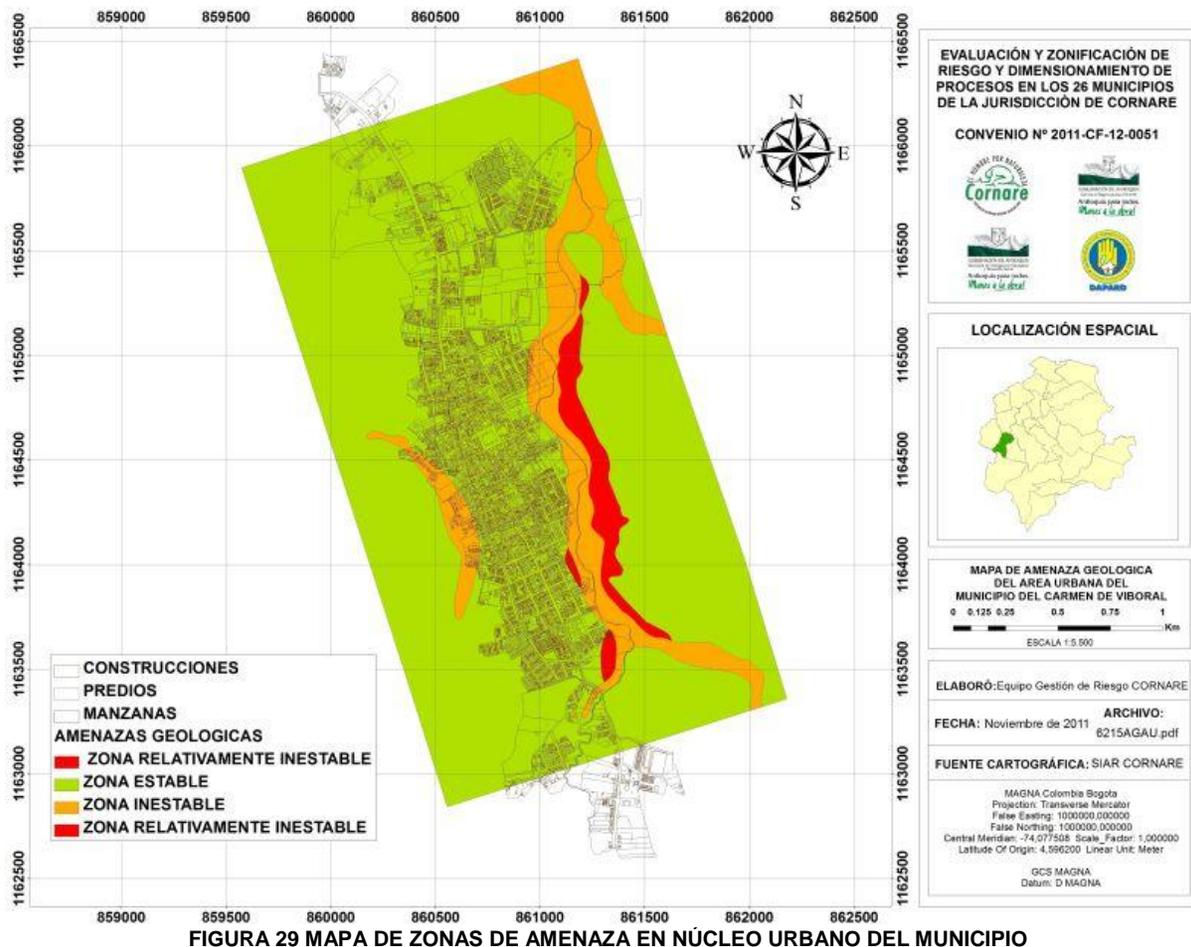


FIGURA 29 MAPA DE ZONAS DE AMENAZA EN NÚCLEO URBANO DEL MUNICIPIO

Esta situación define dos áreas, la primera corresponde a los coluviones que derivan por descomposición depósitos de limos, arcillosos de color pardo amarillento y un limo arenoso de color amarillo-rojizo muy micáceo, ambos con una consistencia alta.

En esta unidad los procesos que causan problemas generando amenaza para la población, sus bienes y la infraestructura, se relacionan principalmente con actividades de urbanismo: modificación de relieve, conformación de taludes, manejo de aguas en superficie, etc.

En el marco del estudio de zonas de riesgo del municipio de El Carmen, se visitaron en la zona urbana los siguientes puntos:

Afectación de viviendas y el terreno por deslizamiento en el sector Zacatín

Sector Zacatín



FIGURA 30 FOTOS 1 Y 2: AFECTACIÓN DE VIVIENDAS Y DEL TERRENO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR ZACATÍN

Se presenta en el sitio inestabilidad del terreno manifiesta en 4 movimientos en masa, los movimientos se clasifican de tipo rotacional y ocurren en una colina de 25 m de altura aproximadamente con pendientes entre 7 y 25%. El material predominante en la zona afectada es saprolito del Batolito Antioqueño, en estado avanzado de meteorización. La franja de terreno afectada por la inestabilidad es la parte posterior de un cordón de viviendas asentada en un costado de la colina.

Causas

Saturación del terreno por la infiltración de agua en la superficie y por las lluvias fuertes. Facilitan la infiltración las obras que actualmente se adelantan en la parte alta del talud pudieron contribuir a la ocurrencia del fenómeno, debido al retiro de la cobertura vegetal durante la temporada invernal.

Acciones

- Reducir la altura de la colina para darle más estabilidad al talud
- Construir obra de contención adecuada para estabilizar el talud, la obra se debe diseñar a con base en un estudio geotécnico. Complementar la obra con siembra de vegetación que garantice el amarre.
- Proteger con plástico la superficie inestable y expuesta mientras se realicen obras para estabilizar el talud.
- No habitar las viviendas mientras se implementan las obras para estabilizar el talud.
- Capacitar a las personas sobre el manejo de situaciones de riesgo por movimientos en masa en el sector.

- Restringir las licencias de construcción en este sector, tanto en la parte alta como baja del talud, para evitar la densificación de construcciones y la ocupación de terrenos inestables y con inadecuados sistemas constructivos.

Villas de Asón Calle 13 con Cra 33

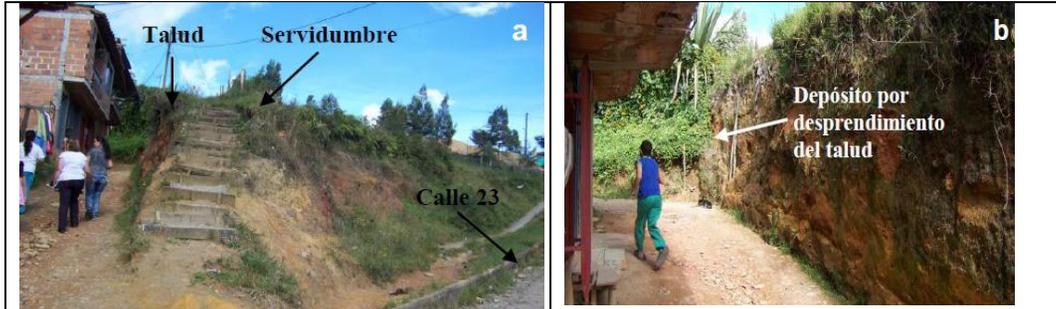


FIGURA 31 FOTOS 3 Y 4: INESTABILIDAD DEL TERRENO Y VIVIENDA EN RIESGO POR TALUD INESTABLE EN EL BARRIO VILLAS DE ASÓN

Se observa un barranco, el cual existe una servidumbre de acceso a las viviendas de la parte alta. La comunidad se siente afectada por la presencia de dicho barranco, ya que a causa de éste, no han podido construir andenes para las casas que están en frente del talud. El talud entre 3 m y 4 m de altura y aproximadamente 26 m de longitud; en la parte alta, donde se encuentra la servidumbre tiene de 2 a 2,5 m de ancho. No se observa inestabilidad en el talud al frente de las viviendas, aunque en la parte donde finaliza la vía, se encuentra un depósito antiguo de material desprendido del talud. En la parte alta el barranco se presenta cubierto por vegetación, aunque en los taludes que dan tanto a la calle 23 como al barrio Villas de Asón, se encuentra desprotegido, lo cual favorece la erosión.

Causas

- El problema presente, es de orden social más que geológico, ya que no representa un riesgo por un fenómeno natural sino que la comunidad busca por medio de la eliminación del barranco una mejora de las condiciones sociales, pues facilitará la construcción de andenes y de la vía.

Acciones

- Colocar señalización en la zona alta del talud, previniendo accidentes con las personas que utilizan la servidumbre.
- Buscar una conciliación entre los habitantes del barrio Villas de Asón, las personas que moran en la parte alta del barranco y la Administración municipal que analice la obra más adecuada a realizar en el talud.
- Establecer en los taludes que dan a la calle 23 y al barrio villas de Asón una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea con el fin proteger el talud descubierto y disminuir la erosión, buscando que tenga carácter decorativo y vinculando a la comunidad en su establecimiento de

forma que también se comprometa en su mantenimiento. Entre las plantas propuestas como arbustos se tienen, San Joaquines de diferentes colores, Francesina, Sauco, Bambú y entre la herbácea, Limoncillo, Vetiver y otras que sean aportadas por la comunidad

Buenos Aires (Calle 25 # 33-43)

Se observan dos coronas que afectan el terreno las cuales se localizan detrás de las viviendas asentadas sobre la Calle 25A, estas coronas están a una altura de casi 2 m sobre el nivel de las viviendas (que es el mismo de la calle 25A). En el borde del talud, detrás de las viviendas, ha ocurrido desmorone del terreno y el material caído ha ocupado patios de las construcciones; también se aprecian cercos inclinados en arbustos con inclinación leve en dirección hacia las viviendas. El desmorone del material ha conformado un talud vertical, con evidencias de inestabilidad.

El terreno, detrás del lugar donde se aprecian las manifestaciones de inestabilidad, es utilizado como potrero.



FIGURA 32 FOTOS 5 Y 6: DAÑO EN TERRENO POR AGUAS EN SUPERFICIE Y AMENAZA PARA VIVIENDAS EN LA PARTE BAJA, BARRIO BUENOS AIRES

Causas

Materiales que conforman el terreno, saprolito limo arenoso.

Modificación del relieve con cortes para construcción de obras urbanas (viviendas y vía).
Generando un talud vertical poco estable.

Usos del suelo para cultivo de pasto y crianza de ganado.

Saturación del terreno por agua abundante de la época invernal.

La construcción, en el lote más alto, de una estructura pesada, con dos pisos y a 1 m de distancia del talud.

Acciones

Revestir la zanja presente en la zona superior de la vivienda afectada, dejando sus aguas en la vía.

Sellar las corona observadas en la parte superior.

Construcción de un muro de contención en concreto en los primeros metros de la afectación, evitando deslizamiento.

- Revisar con planeación municipal la construcción de viviendas en zonas permitidas, de acuerdo a su POT y estabilidad de terrenos. Evitar la construcción de estructuras a poca distancia del talud, igualmente establecer la distancia mínima y las obras complementarias si se construye cualquier estructura así sea a la distancia permitida, teniendo en cuenta que estas ejercen una carga adicional sobre el suelo y por tanto sobre el talud vecino.

Reporta también Avendaño (1994), en su estudio sobre Identificación de zonas de riesgo por fenómenos naturales en el municipio del Carmen de Viboral, que la ocurrencia de cortes de taludes realizados en proximidad a algunas viviendas de la carrera 33 entre calles 24 a 26.

La segunda área son los terrenos que conforman los depósitos aluviales de la quebrada Cimarronas, los cuales, no solo son afectados por las transformaciones de la dinámica urbana, sino que también sufren el efecto del comportamiento hidráulico e hidrológico de las corrientes que cruzan por ellos.

En esta área los procesos naturales más frecuentes son:

- Desbordamiento e inundación en la quebrada Cimarronas, sector Los Ángeles, posiblemente por desvió de la corriente.
- Socavamiento de cauce antiguo de la quebrada Cimarronas, en el sector de la Urbanización El Edén.

Estos procesos son reportados ya por Avendaño (1994, Pagina 40) y aun en la actualidad son posibles de evidenciar.

Partiendo del estudio de Avendaño (1994, Pagina 47 a 49), y la observación realizada en el municipio se propone para la zona urbana, las siguientes zonas:

Zonas Inestables (ZI) se consideran aquí, las áreas ya identificadas en el estudio de Avendaño M Carlos (1994) el que propone como zonas inestables “[Los] terrenos con pendiente fuerte que pueden ser afectados por inestabilidad y también llanuras de inundación contiguas a la corriente...”

En la actualidad se propone incluir como zona inestable, además de las áreas propuestas, aquellas en las que, debido modificación por actividades urbanísticas, se han conformado taludes con pendiente fuerte. Esta condición es un factor que genera inestabilidad del terreno,

que puede afectar no solo la infraestructura urbana asentada sobre el terreno, sino también la que se asienta en áreas de influencia cercana al sitio inestable

También se propone continuar considerando como zonas inestables las llanuras aluviales marginales a las corrientes; en algunos sectores, estos terrenos debido al desarrollo urbano, han sido poblados con asentamientos humanos, incrementando los factores de la amenaza y generando condición de riesgo para la población y la infraestructura asentada.

Las zonas inestables ya reconocidas por Avendaño (1994), conservan la condición asignada puesto que la ocurrencia de los procesos que el autor plantea “socavación de la quebrada” en sitios específicos, aun se visualiza en la mayoría de los lugares; se debe considerar, además, que las zonas inestables relacionadas con dinámica hidráulica de las corrientes por las actividades de desarrollo que intervienen los cauces, han aumentado.

Zonas Relativamente Inestables (ZRI), se considera que estas zonas han sido objeto de intervención urbana y por esta razón se hace necesario, reconocer en la actualidad el estado que presentan. Se debe tener en cuenta que las condiciones que dan lugar a la amenaza en estos sitios, por estar asociadas a las características físicas de los materiales de las cuales se deriva su comportamiento mecánico relacionado con la estabilidad del terreno, son propiedades intrínsecas a los materiales y el uso que se dé al terreno solo puede evitar la ocurrencia de eventos desastrosos que causen efectos destructivos.

Zonas Estables (ZE), estas zonas en la actualidad, por la ubicación, han sido objeto de urbanismo denso, esta situación hace necesario evaluar con detalle la condición actual dada la transformación que ha sufrido.

En general se considera necesario actualizar, a partir de un estudio detallado, la identificación de zonas de amenazas en la cabecera municipal y a partir de éste, teniendo en cuenta el aumento de la población y el consecuente desarrollo urbano, considerar los niveles de exposición de la población a las amenazas de la zona urbana para reconocer también los las zonas de riesgo de la cabecera municipal del municipio.

5 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO INTEGRADO AL GEOPORTAL CORPORATIVO

Es una herramienta para la administración y consulta de la información asociada a la gestión integral del riesgo a través del GEOPORTAL corporativo, que permite interactuar no solo a los funcionarios de la Corporación, sino también a la comunidad Regional, del reporte de eventos, la visualización de los mapas de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, Inundación y avenidas torrenciales y los eventos y elementos vulnerables en la jurisdicción. También es una herramienta estratégica para el seguimiento del riesgo y la adecuada toma de decisiones por parte de los municipios, organizaciones y comunidad en general.

El Módulo de gestión de Riesgos quedó integrado al GEOPORTAL Corporativo de CORNARE (MapGIS), a través del mapa de Riesgos y los módulos de consulta y administración incorporados en el menú principal. De esta forma, la Corporación podrá administrar y consultar los eventos y zonas que representen un riesgo para la comunidad, bajo un entorno amigable, de fácil uso e interacción con el usuario. a continuación se describen los diferentes módulos que componen la herramienta.

- Reportar Evento: Funcionalidad que permite la consulta, actualización, creación y eliminación de la información relacionada a reportar un evento (ver Figura 33).

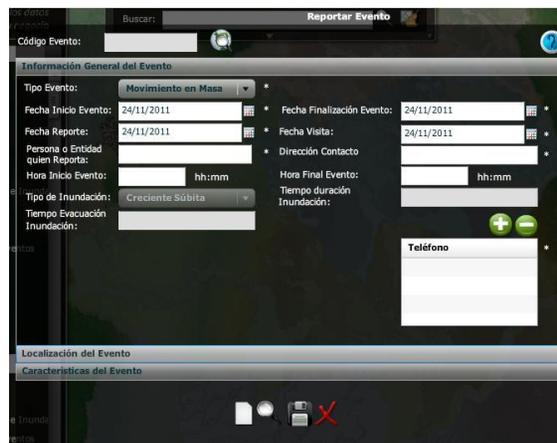


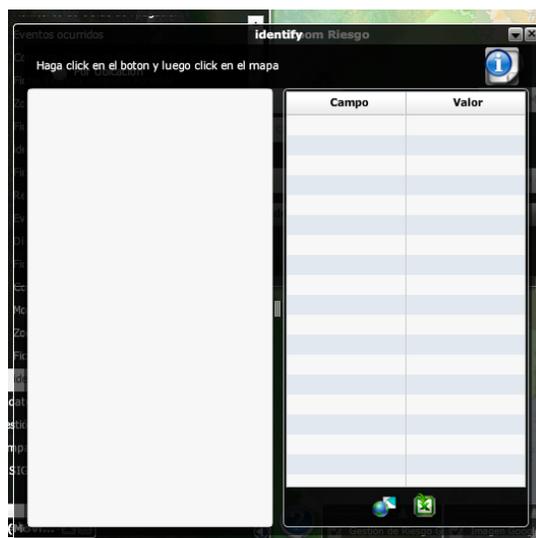
FIGURA 33. FORMULARIO DE REPORTAR EVENTO

- Dimensionamiento: Funcionalidad que permite la consulta, actualización, creación y eliminación de la información del dimensionamiento de un evento por parte del equipo técnico (ver Figura 34).



FIGURA 36. FORMULARIO DE ZOOM RIESGO

- Identificó: Funcionalidad que permite la visualización de la información de las capas involucradas al momento del usuario realizar clic sobre cualquier parte en el mapa (Ver Figura 37).



Campo	Valor

FIGURA 37. FORMULARIO DE IDENTIFICÓ

- Consultar Obras de Mitigación: Funcionalidad que permite la consulta, actualización, creación y eliminación de la información relacionada al avance de las obras dimensionadas y las que se encuentran en ejecución (ver Figura 38)

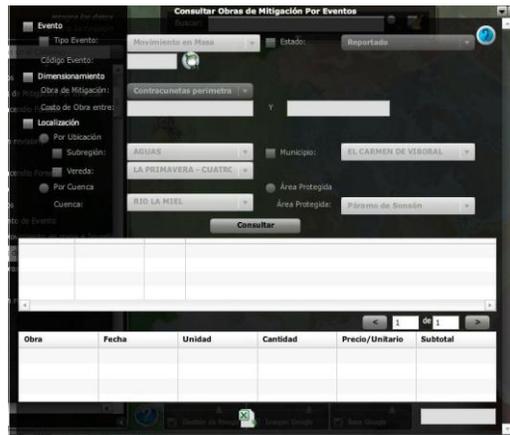


FIGURA 38. FORMULARIO DE CONSULTAR OBRAS DE MITIGACIÓN

- Consultar Eventos Reportados: Funcionalidad que permite la búsqueda de un evento acorde a una serie de filtros pre-establecidos (ver Figura 39)

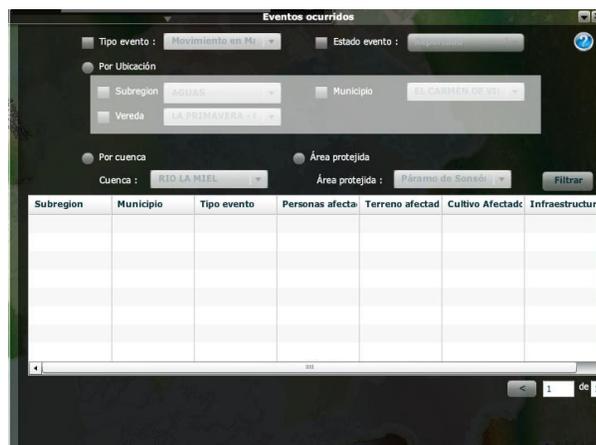


FIGURA 39. FORMULARIO DE CONSULTAR EVENTOS REPORTADOS

- Detalle Evento Ocurrido Funcionalidad que permite la visualización de otra información relevante del evento (ver Figura 40)



ver	pk_codigoevent	fechainicioevent	fechareporte	Veredas	Estado_Evento	NOM_MPIO	pfk_tipoafectaci	numpersmuert	numpersherida
164	164	2011-11-15 00:00	2011-11-15 00:00	ARANGO , LA CLA	Movimiento en Ma	CONCEPCION	26	7	8
164	164	2011-11-15 00:00	2011-11-15 00:00	ARANGO , LA CLA	Movimiento en Ma	CONCEPCION	26	9	1

Total Registros: 2

FIGURA 40. FORMULARIO DETALLE EVENTO OCURRIDO

- Reporte Ficha Técnica: Funcionalidad que permite la generación de el reporte de Ficha técnica, el cual puede ser generado en formato Excel o pdf.(ver Figura 41 y 42).

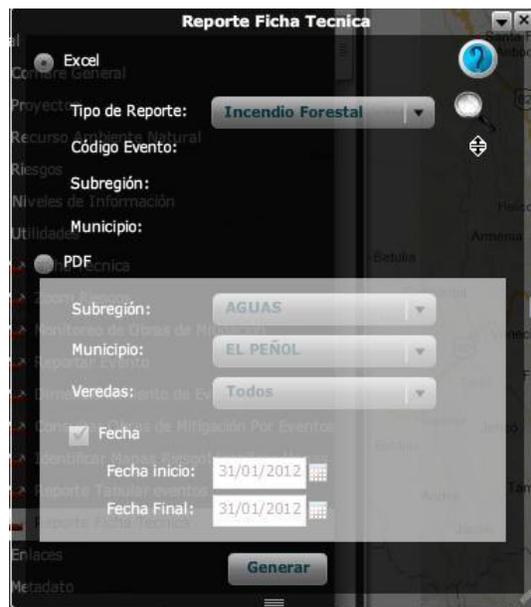


FIGURA 41. FORMULARIO REPORTE FICHA TÉCNICA

Muertas: 0 Heridas: 0 Desaparecidas: 0
 No Personas con Total Personas
 Perdida Económica: 2 Afectadas: 62

8. TERRENO

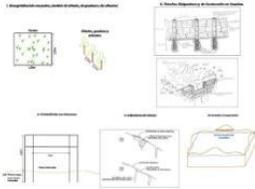
Existen Arboles Aislados: 540 Existen Objetos Inclinaados: 540 Tipo Erosión: concentrada-

Descripción del Daño y Afectación:

9. FOTO DEL EVENTO



10. ESQUEMA EVENTO



11. CONCLUSIONES

FIGURA 42. REPORTE DE FICHA TÉCNICA EN FORMATO PDF

6 CONCLUSIONES

Para la cabecera Municipal se concluye que las zonas identificadas con niveles de amenaza en los estudios previos realizados, conservan en su mayoría la clasificación asignada, algunas zonas por las actividades para la ocupación urbana al parecer se han incrementado.

La expansión urbana en la cabecera municipal que ha generado transformaciones, en ocasiones significativas en el terreno, en muchos casos de manera poco ordenada y poco técnica, es un factor que modifica, casi siempre para incrementar los niveles de amenaza del municipio.

El desarrollo urbano actual que ha extendido de forma significativa las áreas urbanas en el territorio, ha producido no solo la ocupación de gran mayoría de los espacios disponible, en ocasiones sin considera las limitaciones o urbanísticas, dando lugar a asentamientos humanos en zonas poco apropiadas para ellos y generando factores de perturbación al frágil equilibrio estable de algunos sitios.

La construcción de asentamientos causada por la expansión urbana, en zonas con algún nivel de amenaza, es un factor que expone la población creando niveles de riesgo que deben ser identificados para garantizar la seguridad de los habitantes de la zona urbana.

En la zona rural, derivado del trabajo de campo para atender los sitios afectados por eventos naturales, se puede plantear:

Los daños identificados en el territorio del municipio, tiene como causa principal, los movimientos de masa, los cuales son un 85% de los casos visitados, el otro 15% son inundaciones y procesos de socavación, siendo mayor el primero que el segundo.

El evento más frecuente ocurrido en los puntos analizados fueron los movimientos en masa, asociados en su mayoría a intervenciones del hombre sobre el terreno para adecuarlo a las diferentes actividades relacionadas con la siembra y crianza de ganado, la extracción de material de cantera, el desarrollo de asentamientos humanos, sumado el inadecuado manejo de las aguas residuales, de las de producción, lluvias y las de riego, aceleraron procesos de transformación natural, los cuales a su vez se vieron afectados por el incremento de las precipitaciones en un período extenso, que contribuyeron al incremento de la humedad del suelo y al arrastre del mismo.

Las causas que predominan en el origen de estos eventos que afectan el territorio y la población son principalmente las que combina la acción humana con la actividad humana, estas se presentan en un 75% de los casos, esto podría significar que la acción humana en muchos casos y tal vez por desconocimiento, activa problemas del entorno para generar un problema mayor.

En los sitios visitados, los problemas identificados en un 54% afectan viviendas de la población y un 34% afecta infraestructura vial que es importante para contribuir a la calidad de vida de la población, el restante 12% corresponde a sitios donde se presenta afectación de terreno y fuentes de agua. Esta observación, indica que la problemática observada tiene, en gran parte, un 88%, relación espacial con la infraestructura, bien sea por que esta es un factor de causa para el evento, o porque la infraestructura se asienta en zona no apropiada por la con amenaza. Para los sitios visitados se recomiendan obras para el control, manejo y recuperación de la problemática observada, se embargo es necesario también desarrollar estrategias educativas que capaciten a la población para prevenir la ocurrencia de eventos futuros similares o diferentes.

Para la ejecución de obras en el municipio, se requiere una inversión cercana a los 423.000.000 de pesos, esta inversión se orienta principalmente a atender la problemática identificada en cuatro núcleos zonales, en lo que se realizaran obras con costo cercano al 81.7%, el restante 18.2% se invertirá en los restantes núcleos zonales.

Las obras recomendadas en los sitios afectados por eventos de desastre, deben ejecutarse siguiendo las recomendaciones y diseños propuestos; la funcionalidad de estas obras dependerá de su ejecución, de los materiales empleados y de seguir las recomendaciones puntuales de cada uno de los sitios analizados. Las obras requieren mantenimiento preventivo con el fin de alargar su vida útil, garantizando su adecuado funcionamiento

El núcleo zonal más afectado por la ocurrencia eventos desastrosos es Las Garzonas, con 8 sitios visitados, le sigue Aguas Claras con 6 y luego La Chapa con 5.

Así mismo las veredas con más puntos atendidos son Las Garzonas y la Chapa con 4 sitios visitados.

7 RECOMENDACIONES

Realizar las obras estructurales para la mitigación prevención o corrección, incluidas dentro de un programa que comprenda acciones de orden social y cultural, haciendo de la prevención del riesgo una opción para promover el desarrollo de las comunidades.

Para cada uno de los puntos visitados (incluidos en el análisis) se establecieron recomendaciones puntuales, algunas temporales otras permanentes, estas últimas, su vida útil depende del buen manejo y adecuado mantenimiento que se les ejecute.

En general, es recomendable, establecer lotes donde se reproduzca el material vegetal necesario para las obras de revegetalización, el cual se puede adquirir inicialmente en el comercio, pero es conveniente tener bancos de reproducción donde se le dé un uso y manejo, por ejemplo como fuente de alimentación del ganado, así se contará con material vegetal propio a futuro.

Promover tecnologías y metodologías alternativas para la construcción de viviendas e instalaciones agropecuarias, especialmente en las zonas rurales, que empleen materiales de menor peso para el suelo que la mampostería, usando algunos de los recursos disponibles localmente que tienen menor costo, tales como: guadua, suelo, fibras naturales, caña brava, algunas de estas técnicas son el muro tendinoso y la construcción en guadua o la combinación de estas

Se debe tener siempre presente, que a corto, mediano y largo plazo es indispensable realizar monitoreo periódico e incrementarlo en épocas de lluvia a las manifestaciones existentes y a las nuevas que se generen, si las anteriores no son mitigables con simples práctica, se hace necesario dar aviso a la Administración Municipal; en el caso de viviendas cercanas a dichas manifestaciones las mismas se deberán desalojar hasta tanto se emita un concepto técnico por parte de los profesionales encargados de atender este tipo de situaciones.

A continuación se citan algunas recomendaciones generales, relacionadas a las actuaciones que se deben llevar a cabo para evitar situaciones críticas, tales como las acontecidas en el año 2010 y 2011, como consecuencia de las fuertes precipitaciones, que aún prevalecen sobre el territorio nacional.

7.1 CORTO PLAZO (< UN AÑO).

Realizar los desalojos recomendados en los sitios con riesgo alto para la seguridad de los habitantes, los cuales fueron identificados y notificados a la administración municipal.

Ejecutar las obras de manejo y control propuestas para los sitios visitados, estas se relacionan con el control de los movimientos en masa, para lo que se recomienda la implementación de obras colmatadoras livianas, tales como los trinchos en madera o en guadua, complementando con la revegetalización de los suelos expuestos, permitiendo con esto la recuperación del terreno, evitando la infiltración del agua, y el incremento en su deterioro. Para el control de cárcavas se hace sugiere implementar trinchos disipadores, los cuales disminuyen la energía de las aguas superficiales de escorrentía, permitiendo con esto la recuperación del terreno, evitando el arrastre del mismo por procesos erosivos, que puedan incrementar las dimensiones del fenómeno y hacer de esto una problemática mayor, que requiera de recursos significativos para su tratamiento y control.

Actualizar, a partir de un estudio detallado, la identificación de zonas de amenazas en la cabecera municipal y a partir de éste, teniendo en cuenta el aumento de la población y el consecuente desarrollo urbano, considerar los niveles de exposición de la población a las amenazas de la zona urbana para reconocer también los las zonas de riesgo de la cabecera municipal del municipio

Adecuar la normativa del municipio, en relación con el desarrollo, ajustando la norma al zonificación aquí planteada.

Disminuir la situación de vulnerabilidad de la población, fortaleciendo la capacidad de los habitantes para afrontar las situaciones derivadas de la condición de riesgo presente en las diferentes áreas del territorio.

Realizar planes de ordenamiento y manejo (POMCAS) de las cuencas que presentan riesgo por avenida torrencial alto y muy alto

7.2 MEDIANO PLAZO (DE UN AÑO A TRES AÑOS)

Realizar acciones de mayor plazo para lograr la recuperación y el manejo de las zonas afectadas por eventos naturales; en los terrenos cuyo deterioro se aceleró por actividades pecuarias extensiva o concentrada, sin manejo adecuado de aguas (Residuales y superficiales) y con sobreexplotación agrícola, se debe permitir la recuperación del suelo, aislando las zonas afectadas (Cerramiento), en especial en los casos donde se realizó este tipo de prácticas en terrenos cuyas condiciones de pendiente no eran las más adecuadas para tal fin y donde la causa principal de los fenómenos presentados fueron las actividades pecuarias. Por lo anterior es necesario adquirir conocimiento más puntual sobre las obras complementarias necesarias para menguar el impacto por desarrollar este tipo de actividades, las cuales se deben hacer en terrenos con pendientes y características tales que permitan desarrollar la ganadería sin ningún inconveniente.

Para la recuperación de los suelos afectados por la transformación acelerada del mismo gracias a las actividades antrópicas, tales como la disposición de material de excedentes (Movimientos de tierra), aperturas de vías, construcción de edificaciones y demás actividades relacionadas con la construcción y el desarrollo social, económico entre otros, se hace necesario implementar obras de contención acordes a las condiciones mecánicas del suelo, las cuales fueron modificadas por las intervenciones antes citadas.

Para todo el territorio del Municipio de El Carmen de Viboral en las fuentes afectadas por la disposición inadecuada de los residuos sólidos desde la fuente y por la sedimentación de las mismas por los depósitos de los movimientos en masa que llegan hasta la fuente, es necesario implementar un proyecto donde se contemple la limpieza de aquellos afluentes con el fin de permitir su recuperación, actividad que se debe desarrollar de manera periódica.

Existen vías de veredas que presentan deterioro, el cual aún no es significativo, no obstante de manera preventiva y para evitar el incremento del mismo, se hace necesario realizar mantenimiento a las obras de drenaje existentes y construir donde se requieran, para esta situación se recomienda implementar un proyecto cuyo objeto sea el mantenimiento de las vías terciarias, de las obras de drenaje existente, y contemple la construcción de obras donde sean necesarias, evitando con esto el incremento del deterioro de las mismas, alargando su vida útil. El colapso de las vías de veredas ocasiona traumatismo en la movilidad de alimentos y de personas ocasionando pérdidas económicas e incomunicando a la zona urbana con el sector rural afectado.

Desarrollar planes de ocupación del territorio concordantes con las limitaciones identificadas en este estudio, las cuales establecen restricciones para la ocupación y el desarrollo. Para ello es necesario, reglamentar los usos del suelo teniendo en cuenta la localización de zonas de riesgo identificadas en el municipio.

Realizar el estudio detallado en mayor escala para las zonificación de riesgo en las diferentes áreas que este estudio identifica con niveles de riesgo alto y muy alto.

Formular planes y estrategias para la ocupación del territorio que incorporen las propuestas formuladas en los Planes de Desarrollo de las cuencas con riesgo alto y muy alto por avenida torrencial.

7.3 LARGO PLAZO (> TRES AÑOS).

Implementar estrategias de capacitación para la comunidad tanto de la zona rural como urbana, tratando temas tales como el adecuado manejo de las aguas lluvias, de aguas servidas y de consumo; incentivar el manejo adecuado de los residuos sólidos y el reciclaje en la fuente, las buenas técnicas de labranza. También preparar la población para el manejo y la reacción ante la ocurrencia de un evento de desastre, para disminuir el riesgo de la misma.



**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS
EROSIVOS EN LOS 26 MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.
CONVENIO CORNARE-GOVERNACIÓN DE ANTIOQUIA N° 2011-CF-12-0051 Y 217-2011
MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL**



Adecuar la normativa municipal, para incorporar planes y programas que ajusten los usos del suelo a las características y restricciones del territorio.

Incorporar a la normativa del municipio, los planes y estrategias para la ocupación y el desarrollo de las cuencas con riesgo alto y muy alto por avenida torrencial.

8 BIBLIOGRAFÍA

AVENDAÑO, M. CARLOS. Identificación de zonas de riesgo por fenómenos naturales en el municipio del Carmen de Viboral. Medellín. 1994. Pág. 69.

ALBAÑEZ, JUAN JOSÉ; 2006. Tipos de Procesos Erosivos. La Erosión del Suelo. Publicación, España Marzo de 2011.

ESPINAL, L.; 1992. Geográfica ecológica de Antioquia: Zonas de vida. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 146 p.

MARLAH II / GTZ; 2002. Guía para la gestión local de riesgo por deslizamientos. Sistema de Monitoreo de Deslizamientos San Salvador, noviembre de 2002. p 37.

BRABB E.E., Innovative approaches to landslide hazard mapping. Proceed. IV Int. Symp. Landslides, Toronto, v. 1, 307-324, 1984

CARDONA A, OMAR D. Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo.: En: Los desastres no son naturales. Maskrey Andrew (Editor). Bogotá: Ediciones Tercer Mundo, 1993 p. 56

GONZÁLEZ J LEÓN Y OTROS. Determinación de niveles de potencialidad torrencial de la cuenca del río Mocotíes, Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes - Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, (2008). Mérida, Venezuela

Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Cubiertas Inclinas. Recuperado el 09 de Diciembre de 2011 de <http://www.construmatica.com>.

Ciencia y Tecnología. Un Universo Invisible Bajo Nuestros Pies - Blog. Recuperado el 11 de Noviembre de 2011 de <http://www.madrimasd.org>.

Revista Construdata. Informe Especial. Cubiertas II. Recuperado el 14 de Septiembre de 2011 de <http://www.construdata.com>.

SUAREZ, JAIME. Control de Erosión y Estabilidad de Taludes. Recuperado el 03 de Febrero de 2012 de <http://www.erosion.com.co>.

USAID. Guía Ambiental de USAID, Buró de Latinoamérica y el Caribe. Capítulo 3: Carreteras Rurales. Recuperado el 30 de Junio de 2011 de <http://www.usaid.gov>

ANEXOS